



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
E MEIO AMBIENTE (PRODEMA)
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (MDMA)

NATHALIE BARBOSA REIS MONTEIRO

AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS DE BRITA

TERESINA

2017

NATHALIE BARBOSA REIS MONTEIRO

AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS DE BRITA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí – PRODEMA como parte dos requisitos necessários para a obtenção de título de mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva

TERESINA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

M775a Monteiro, Nathalie Barbosa Reis.

Avaliação ambiental em indústrias de brita / Nathalie
Barbosa Reis Monteiro. – 2018.

184 f.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio
Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2018.

“Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elaine Aparecida da Silva”.

1. Impactos ambientais. 2. Indústrias de brita. 3. Mineração.
I. Título.

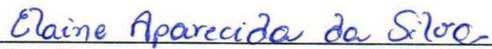
CDD 574.5

NATHALIE BARBOSA REIS MONTEIRO

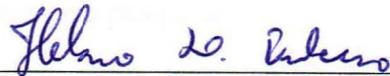
AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS DE BRITA

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN), como requisito a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

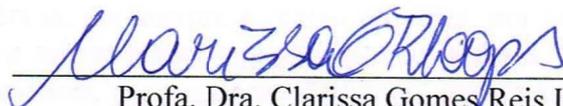
Aprovada em: 15 / 02 / 2018



Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva
(Orientadora)



Prof. Dr. Helano Diógenes Pinheiro
(Membro Externo – UESPI)



Profa. Dra. Clarissa Gomes Reis Lopes
(Membro interno – PRODEMA)

Agradecimentos

A Deus, Criador do universo e de toda a riqueza mineral, por mostrar Sua glória por meio da ciência.

Ao meu pai, rocha de nossa família, pelo exemplo de fé, sabedoria e amor.

À minha mãe, por compartilhar comigo o amor pela música, laços invisíveis que nos unem além do amor de mãe e filha.

Ao meu filho Daniel, por entender minha ausência, por orar por mim e comigo, por ser o melhor filho que toda mãe desejaria ter e por me permitir sentir o amor que vai além de qualquer entendimento.

À minha irmã, Thais, meu maior exemplo, minha fonte de inspiração, por ser a minha melhor amiga e a razão desse mestrado ter acontecido

Ao meu irmão André e minha cunhada Lílian pelo apoio e carinho, mesmo que à distância.

Aos meus sobrinhos Anne, Bia e Theo, riquezas de nossas vidas, por manterem viva a alegria da infância e juventude em nossos corações.

À minha comunidade Igreja Presbiteriana do Jóquei, em nome dos meus pastores Rev. Leonardo e Rev. Tiago, pelo apoio e sustento em orações.

Aos meus amigos e colegas de turma, pelo conhecimento, amizade e desafios compartilhados, e por estarem ao meu lado nessa caminhada.

Aos queridos José Maria, Cris, Oswaldo e André, pela ajuda essencial durante esses dois anos, principalmente, na finalização desse trabalho.

Aos amigos e familiares, de longe e de perto, que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos gestores das indústrias de brita que, gentilmente, abriram as portas das empresas e possibilitaram a realização dessa pesquisa.

Ao professor Dr. José Machado Moita Neto, pelas primeiras orientações e por direcionar meus primeiros passos nessa jornada.

À minha orientadora, professora Dra. Elaine, pelo apoio, incentivo, companheirismo, amizade, confiança, paciência, por sempre acreditar em mim, por “segurar na minha mão” e, ao mesmo tempo, insistir na minha autonomia para que eu pudesse “andar com minhas próprias pernas” pelo mundo da ciência, por nunca me deixar só, por ter sido muito mais do que orientadora e, acima de tudo, pelo privilégio de tê-la como amiga. Palavras nunca serão suficientes para expressar minha gratidão.

A todos, meu muito obrigada!

*“No princípio, criou Deus os céus e a terra...
... Viu Deus tudo quanto fizera, e eis que era
muito bom.”*

(Gênesis 1: 1 e 31)

RESUMO

A mineração de brita é uma das atividades mais importantes para a economia de qualquer país, pois gera os insumos que abastecem as indústrias da construção civil. O setor produz as matérias-primas utilizadas na construção de moradias, estradas, pontes, obras de saneamento básico, além da fabricação de cimento e concreto. No entanto, é, também, uma atividade potencialmente impactante para o meio ambiente. Nesse estudo foram analisadas três indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil – PI, a fim de conhecer e avaliar os impactos ambientais e sociais causados pelas mesmas. Inicialmente, realizou-se a caracterização do segmento através da literatura científica e de documentos técnicos de órgãos ligados ao setor de mineração. No Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), foram recuperados 354 artigos científicos relacionados à mineração de brita, dos quais, 75% foram selecionados para análise. Conforme observado, a preocupação com os impactos ambientais causados pela exploração mineral de brita tem avançado lentamente. Apenas 23% dos estudos analisados, abordam essa problemática de forma direta. A maioria dos trabalhos científicos está voltada à produção e utilização dos recursos minerais e seu melhor aproveitamento na indústria da construção civil. A produção brasileira de brita é equivalente à dos maiores produtores europeus, no entanto, em relação à produção científica, detém apenas 3% do total de artigos recuperados. Também, foram analisados os processos de licenciamento ambiental das três indústrias, a fim de verificar a sua efetividade em relação ao órgão ambiental licenciador, às indústrias e à sociedade. Desse modo, foram realizadas visitas *in loco* às indústrias, à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR) e ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), para a verificação dos estudos ambientais. Foi constatado que os relatórios ambientais possuem falhas na elaboração, como, a falta de uma equipe multidisciplinar e a presença de dados divergentes da realidade observada. Além disso, o custo com a reposição ambiental não é contabilizado no valor final do produto e as medidas mitigadoras propostas não começaram a ser implementadas em nenhuma das indústrias. Houve atraso, da SEMAR, na emissão das licenças dentro do prazo estabelecido pela lei e não há fiscalizações periódicas, tanto pelo órgão ambiental, quanto pelo DNPM. Destaca-se, ainda, que não foram requeridas audiências públicas e não há participação da comunidade nos projetos de educação ambiental, fatores que comprometem a efetividade do processo de licenciamento ambiental. Para avaliar ambientalmente a brita, e conhecer os impactos ambientais da produção desse mineral, foi utilizado o método Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Nesse estudo, foi feito o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da brita, a fim de contribuir com o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil), uma vez que não há banco de dados para o diabásio. Através da análise do ICV foi possível identificar que os maiores impactos estão relacionados a emissões atmosféricas, na fase de beneficiamento do produto, em função do uso de energia elétrica. Além disso, foi elaborada uma matriz de avaliação de impactos ambientais, baseada em Vásquez (2012), com o propósito de conhecer e mensurar os impactos causados pela atividade. Dessa análise, foi possível perceber que as etapas mais impactantes são a remoção da cobertura vegetal e as explosões de rocha, e os meios (físico/biótico/humano) mais afetados são: a qualidade do ar, o impacto visual e a saúde humana.

Palavras-chave: Indústrias de brita. Impactos ambientais. Mineração.

ABSTRACT

Crushed stone mining is one of the most important activities for the economy of any country since it generates the inputs that supply the construction industry. The sector produces the raw materials used in the construction of housing, roads, bridges, public lighting poles, basic sanitation works, as well as the manufacture of cement and concrete. However, it is also a potentially impactful activity for the environment. In this study, three crushed stone industries, located in Monsenhor Gil – PI region, were analyzed to know and evaluate the environmental and social impacts caused by them. Initially, the characterization of the sector was carried out through the scientific literature and technical documents of agencies related to the mining sector. There were recovered, in the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) Portal, 370 scientific articles related to the crushed stone mining sector, of which 75% were selected for analysis. As noted, concern about the environmental impacts caused by the mineral exploration of crushed stone has advanced slowly. Only 23% of the studies approach this problem directly. The vast majority of the scientific paper is focused on the production and use of mineral resources and their best use in the construction industry. The Brazilian production of crushed stone is equivalent to the most significant European producers, however, regarding scientific papers, there is only 3% of recovered papers. Also, the environmental licensing processes of the three industries were analyzed to verify their effectiveness about the environmental licensing agency, industries and the society. In this way, on-site visits were made to the industries, to the State Secretariat for the Environment and Water Resources (SEMAR), and to National Department of Mineral Production (DNPM) where it could be verified the environmental studies. It was observed that reports have failures, like the lack of multidisciplinary team and data divergent of reality. Besides that, the cost with environmental reposition is not accounted in the products price, and the mitigating measures are not implemented in any of those industries. SEMAR has been late in the emission of license, and there is no periodic inspection both by the environmental agency and DNPM. In addition, the community did not require public hearings, and they do not participate in the environmental education projects, what compromise the effectiveness of the licensing process. To evaluate environmentally the crushed stone, and know the environmental impacts of the production of this mineral, it was used the Life Cycle Assessment (LCA) method. In this study, it was made the Life Cycle Inventory (LCI) of crushed stone to contribute to the National Base of Life Cycle Inventories (SICV Brasil) because there is no database for diabase. Throw the LCI analysis it was possible to identify that the most significant impacts are regarding atmospheric emission, in benefiting stage, related to the use of electrical power. Besides that, it was elaborated an environmental impacts matrix, based in Vásquez (2012), with the purpose of knowing and measure the impacts caused by activity. This analysis shows that the more impacting stages are removing of vegetal covering and rock explosions, and the most affected middle (physic/biotic/human) are air quality, visual impact, and human health.

Keywords: Crushed stone industries. Environmental impacts. Mining.

Lista de figuras

Referencial teórico

Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo produtivo da brita.....25

Artigo 1 – Estudo bibliométrico do setor de mineração de brita

Figura 1 – Quantidade de grupos por palavra-chave.....65

Figura 2 – Grupos de pesquisa por região do Brasil.....67

Artigo 2 – Efetividade do licenciamento ambiental em indústrias de brita brasileiras

Figura 1 – Fluxograma do processo de licenciamento ambiental.....96

Figura 2 – Fluxograma do processo de licenciamento mineral.....100

Artigo 3 – Impactos ambientais causados pelas indústrias de brita da região de Monsenhor Gil – PI

Figura 1 – Fases de uma ACV.....113

Figura 2 – Procedimentos para ICV.....115

Figura 3 – Mapa da região de Monsenhor Gil, Piauí.....117

Figura 4 – Etapas de produção de brita.....117

Figura 5 – Fluxograma do processo de britagem da indústria B.....122

Figura 6 – Fluxograma do processo de britagem do britador 1 da indústria C.....126

Figura 7 – Fluxograma do processo de britagem do britador 2 da indústria C.....128

Lista de tabelas

Referencial teórico

Tabela 1 – População e consumo de agregados em (t) por Região no ano de 2014.....	23
Tabela 2 – Número de processos minerários por unidade territorial.....	34

Artigo 1 - estudo bibliométrico do setor de mineração de brita

Tabela 1 – Quantidade de artigos recuperados por palavra-chave.....	53
Tabela 2 – Abordagem dos artigos que contém a expressão “ <i>crushed stone</i> ”.....	53
Tabela 3 – Abordagem dos artigos que contém a expressão <i>mining AND aggregates</i>	55
Tabela 4 – Abordagem dos artigos que contém a expressão <i>mining AND quarry</i>	56
Tabela 5 – Abordagem dos artigos que contém a expressão <i>mining AND “environmental impacts”</i>	57
Tabela 6 – Quantidade de grupos de pesquisa por área do conhecimento para cada palavra-chave.....	66

Artigo 2 – Efetividade do licenciamento ambiental em indústrias de brita brasileiras

Tabela 1 – Tipo de brita e granulometria.....	87
---	----

Artigo 3 – Impactos ambientais causados pelas indústrias de brita da região de Monsenhor Gil – PI

Tabela 1 – Máquinas, equipamentos e frota – indústria B.....	119
Tabela 2 – Dimensões da brita – Indústria B.....	120
Tabela 3 – Máquinas, equipamentos e frota – indústria C.....	123
Tabela 4 – Dimensões da brita – Indústria C.....	124
Tabela 5 – Resultados do ICV – processo de detonação de rocha (extração).....	130
Tabela 6 – Resultados do ICV – transporte para a britagem.....	131
Tabela 7 – Resultados do ICV – processo de britagem.....	132
Tabela 8 – Resultados do ICV – Carregamento dos caminhões.....	133
Tabela 9 – Resultados do ICV – transporte aos centros consumidores.....	134
Tabela 10 – Resultados do ICV – lubrificação das máquinas e caminhões.....	135
Tabela 11 – Relação entre a atividade e os impactos ambientais da produção de brita.....	138

Lista de quadros

Referencial teórico

Quadro 1 – Métodos de avaliação de impactos ambientais.....45

Artigo 1 - estudo bibliométrico do setor de mineração de brita

Quadro 1 – Entraves do setor no âmbito econômico, político e ambiental.....61

Quadro 2 – Organizações que representam o setor mineral nos países do BRICS.....62

Quadro 3 – Organizações que representam o setor mineral nos países do MERCOSUL.....64

Artigo 2 – Efetividade do licenciamento ambiental em indústrias de brita brasileiras

Quadro 1 – Profissionais que devem participar de estudos ambientais, em mineradoras de brita, e a área correspondente.....84

Quadro 2 – Cumprimento dos requisitos pelas indústrias, pelo órgão ambiental e pela sociedade.....102

Artigo 3 – Impactos ambientais causados pelas indústrias de brita da região de Monsenhor Gil – PI

Quadro 1 – Fatores ambientais.....136

Lista de abreviaturas e siglas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AGESPISA	Água e Esgoto do Piauí S/A
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
ANEPAC	Associação Nacional de Entidades dos Produtores de Agregados para a Construção Civil
ANFO	Ammonion Nitrate and Fuel Oil
ANM	Agência Nacional de Mineração
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CECA	Comissão Estadual de Controle Ambiental
CEFEM	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CEPISA	Centrais Elétrica do Piauí S/A
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CM	Chamber of Mines of South Africa
CMA	China Mining Association
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano do Piauí
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CREA-PI	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Piauí
CRB-PI	Conselho Regional de Biologia do Piauí
CRQ-PI	Conselho Regional de Química do Piauí
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DNPV	Decoupled Net Present Value
EFTA	European Free Trade Association
EIA	Estudo de Impactos Ambientais
EPA	United States Environmental Protection Agency
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
GR	Guia de Recolhimento

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	Indian Bureau of Mines
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IFPB	Instituto Federal da Paraíba
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	The Institute of Quarrying Australia
IUCN	International Union for Conservation of Nature
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Medidas Provisórias
NEPA	National Environmental Policy of Act
OEMA	Órgão Estadual do Meio Ambiente
OMMA	Órgão Municipal do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAE	Plano de Aproveitamento Econômico
PCA	Plano de Controle Ambiental
PNACC	Plano Nacional de Agregados Minerais para a Construção Civil
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PVC	Policloreto de Vinila
RAL	Relatório Anual de Lavra
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RIMA	Relatório de Impactos sobre o Meio Ambiente
SEMAR	Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

SICV Brasil	Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida
SINDUSCON	Sindicato das Indústrias da Construção Civil
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
TFRM	Taxa de Controle, Monitoramento e Supervisão de Exploração e Mineração de Recursos Minerais
UEPG	Union Européenne des Produsteurs de Granulates
UESPI	Universidade Estadual do Piauí
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USGS	United States Geological Survey

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Caracterização do setor de britamento de pedras	19
2.1.1 Reservas de brita.....	19
2.1.2 Produção de agregados no Brasil e em outros países	19
2.1.3 Produção alternativa de brita.....	21
2.1.4 Consumo de agregados no Brasil	23
2.1.5 Formação de preços da brita.....	24
2.1.6 Cadeia produtiva da brita	25
2.1.7 Entraves no setor de agregados	26
2.2 Licenciamento ambiental.....	30
2.2.1 Licenciamento e Licença Ambiental	31
2.2.2 Licenciamento Ambiental na Mineração	33
2.2.3 Licenciamento Ambiental no Piauí	35
2.2.4 Licenciamento Ambiental em outros países.....	36
2.3 Avaliação de impactos ambientais na mineração	39
2.3.1 Métodos de avaliação de impactos ambientais.....	43
3 METODOLOGIA.....	47
4 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DO SETOR DE MINERAÇÃO DE BRITA.....	49
4.1 Introdução.....	49
4.2 Metodologia.....	51
4.3 Resultados e Discussão	53
4.3.1 Análise bibliométrica	53
4.3.2 Recorte temático	64
4.3.3 Grupos de pesquisa no Brasil	65
4.4 Conclusão	68
REFERÊNCIAS	70
5 EFETIVIDADE DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS DE BRITA BRASILEIRAS	79
5.1 Introdução.....	79
5.2 Metodologia.....	81
5.3 Resultados e Discussão	82
5.3.1 Caracterização geral das indústrias.....	82
5.3.2 Estudos Ambientais	83
5.3.3 Quantidade de funcionários.....	85
5.3.4 Processo produtivo.....	87
5.3.5 Consumo de energia e água.....	88
5.3.6 Diagnóstico ambiental	89
5.3.7 Diagnóstico socioeconômico.....	91
5.3.8 Métodos de avaliação dos impactos ambientais	92
5.3.9 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).....	93
5.3.10 Licenciamento ambiental	96
5.3.11 Licenciamento mineral.....	99

5.3.12 Atualizações no Código de Mineração	103
5.4 Conclusão	103
REFERÊNCIAS	105
6 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS DE BRITA DA REGIÃO DE MONSENHOR GIL - PI.....	111
6.1 Introdução.....	111
6.2 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	112
6.3 Metodologia.....	114
6.4 Resultados e discussão	116
6.4.1 Definição do objetivo e escopo	116
6.4.1.1 Objetivo	116
6.4.1.2 Escopo	116
6.4.2 Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV).....	129
6.4.3 Matriz de avaliação de impactos ambientais.....	136
6.4.4 Medidas de mitigação de impactos ambientais	140
6.5 Conclusão	141
REFERÊNCIAS	141
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	145
REFERÊNCIAS	146
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS INDÚSTRIAS	155
APÊNDICE B – CÁLCULOS PARA A OBTENÇÃO DO ICV	157
APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS: INDÚSTRIA A	162
APÊNDICE D – REGISTROS FOTOGRÁFICOS: INDÚSTRIA B	164
APÊNDICE E – REGISTROS FOTOGRÁFICOS: INDÚSTRIA C	167

1 INTRODUÇÃO

A exploração mineral é uma atividade que faz parte da economia de diversos países. As indústrias de brita estão incluídas nesse segmento por serem caracterizadas pela extração de rochas para o uso, como agregados, na construção civil. O setor é importante, pois fornece as matérias-primas diretamente utilizadas na melhoria da infraestrutura das cidades, através da construção de habitações, pavimentação de estradas, além de obras de saneamento básico, que promovem a melhoria da qualidade de vida da população.

O segmento da mineração de brita vem apresentando um crescimento contínuo, em decorrência de iniciativas do setor privado e governamentais. Obras referentes ao Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), e grandes eventos como a Copa do Mundo, em 2014, e as Olimpíadas, em 2016, geraram uma alta demanda por agregados, nos últimos anos (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM, 2015). Estima-se que a produção de agregados teve um faturamento, em 2015, de R\$ 15 bilhões (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ENTIDADES DOS PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL – ANEPAC, 2017), o que confirma a importância do setor para a economia nacional.

A atividade mineral gera empregos diretos e indiretos em quantidades representativas, incrementa a arrecadação de impostos, além de movimentar o comércio local, garantindo dinamização econômica para a região em que as indústrias estão inseridas. No entanto, por se tratar de uma atividade extrativista mineral, causa diversos impactos ambientais negativos, tais como: exaustão das minas, desmatamento, modificação da paisagem, afugento da fauna, poluição do ar e sonora, entre outros (CALAES et al., 2008; UBAQUE; VACA; RODRÍGUES, 2014).

O presente estudo tem por objetivo analisar os impactos ambientais causados por três indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil – PI. O município de Monsenhor Gil – PI estende-se por 568,731 km², vizinho aos municípios de Lagoa do Piauí, Miguel Leão e Barro Duro. Situa-se na microrregião de Teresina, mesorregião do Centro Norte Piauiense. A população estimada, em 2010, era de 10.333 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2010). A região é rica em jazidas de diabásio, o que serviu como atrativo para a instalação de indústrias de brita.

Até 2013, existiam apenas duas mineradoras nessa região. Atualmente, são cinco indústrias instaladas em pleno funcionamento. Portanto, torna-se necessário, um estudo aprofundado sobre os potenciais impactos que a região terá, ao longo do tempo, com a exploração dessas jazidas. Das cinco indústrias, três foram analisadas e não terão os nomes

divulgados, sendo mencionadas como A, B e C. A indústria A foi instalada em 2014, a indústria B, em 2013 e a indústria C em 1998.

O primeiro artigo foi publicado pelo periódico internacional *Mineral Processing And Extractive Metallurgy Review*¹. Nesse artigo, é feita a caracterização do setor de britamento de pedras com base na literatura científica e em sites de associações e departamentos, nacionais e internacionais, que representam o setor. No estudo, constam dados sobre como tem sido a evolução da atividade, no Brasil e no mundo, e quais assuntos têm sido mais abordados pela comunidade científica. Foi constatado que a preocupação com os impactos ambientais desse tipo de mineração tem evoluído lentamente, uma vez que, apenas 23% dos artigos científicos analisados abordam esse tema, diretamente. O Brasil tem uma produção equivalente aos maiores produtores Europeus e o estado brasileiro com maior produção e consumo é São Paulo, no entanto a contribuição científica brasileira, nesse assunto, é de apenas 3% dos trabalhos recuperados.

O segundo artigo aborda a efetividade do processo de licenciamento das três indústrias de brita estudadas. A análise foi feita com base nos estudos ambientais, desenvolvidos para o requerimento das licenças ambientais, e em visitas às indústrias e ao órgão ambiental. Foi constatado que os relatórios ambientais possuem falhas na elaboração, que comprometeram a eficácia do processo. O órgão ambiental não efetua fiscalizações periódicas às indústrias e descumprimento o prazo estabelecido na lei para a emissão das licenças. Também, não houve pedido de audiências públicas e não há adesão da comunidade aos projetos de educação ambiental, o que compromete a efetividade do processo de licenciamento.

No terceiro artigo são discutidos os impactos ambientais causados pelas indústrias de mineração de brita, através da análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de duas, das três indústrias estudadas. Também foi elaborada uma matriz baseada em Vásquez (2012), a fim de conhecer e mensurar os impactos da atividade. Através da análise do ICV foi possível perceber que o maior impacto está relacionado às emissões atmosféricas, provenientes da utilização de energia elétrica, na fase de beneficiamento do produto. A matriz de impactos identificou que as etapas mais impactantes são a remoção da cobertura vegetal e as explosões de rocha, e os meios mais afetados são: a qualidade do ar, o impacto visual e a saúde humana.

Com esse estudo, pretende-se fornecer subsídios para gerir as atividades de mineração de brita, tornando-as o menos impactante possível para o meio ambiente. A

¹ A versão *on line* artigo intitulado "*Bibliometric study of the crushed stone mining sector*" foi disponibilizada em 06 de fevereiro de 2018, no link <http://www.tandfonline.com/eprint/c4yDpAEHb5FdTQIwBKJv/full>.

implementação das medidas mitigadoras, principalmente em relação à recuperação das áreas degradadas, pode reduzir consideravelmente as consequências negativas. Porém, é necessário que durante todo o processo de exploração de uma jazida, até o fechamento da mina, as ações sejam realizadas de forma sustentável, visando a conservação do meio ambiente para as gerações futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização do setor de britamento de pedras

A mineração de brita é uma atividade que está presente em todas as partes do mundo. O setor é responsável por fornecer os insumos básicos para a indústria da construção civil, através das matérias-primas utilizadas na infraestrutura das cidades, em obras de habitações, saneamento básico, construção de rodovias, entre outras.

2.1.1 Reservas de brita

A extração de brita pode ser feita a partir de diversas rochas, de acordo com as características geológicas locais, como: rochas granitoides (granito e gnisso), basálticas (basalto e diabásio), calcárias (calcário e dolomito) e uma pequena parte de quartzito e cascalho (ENGIDASEW; BARBIERI, 2014; DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM, 2016).

As reservas minerais de agregados para construção civil, como a brita, são abundantes no Brasil, porém o seu baixo valor unitário faz com que seja necessário que as indústrias sejam instaladas o mais perto possível do mercado consumidor (AGUIRRE; HENNIES, 2010). Sendo assim, para La Serna e Rezende (2009), as jazidas localizadas a mais de 100 km dos centros consumidores são inviáveis economicamente.

Com exceção do Acre, todos os estados brasileiros possuem reservas exploráveis de brita. No estado de São Paulo, por exemplo, 73% das reservas são de rochas granitoides (granito, gnisso e outras), 23% são de rochas basálticas (basalto e diabásio), 3% de rochas calcárias (calcário e dolomito) e 1% são de quartzito (DNPM, 2016).

2.1.2 Produção de agregados no Brasil e em outros países

O setor vem crescendo de forma exponencial, uma vez que, nos últimos anos, o governo tem feito grandes investimentos em infraestrutura, saneamento básico, construção de estradas, rodovias, pontes e programas habitacionais (VALVERDE; TSUCHIYA, 2009). Esse cenário gerou um aumento significativo no consumo de agregados, em especial, a pedra britada (FONSECA JUNIOR; FERREIRA, 2012).

Alguns acontecimentos, de abrangência internacional, também, contribuíram para esse aumento, tais como a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016. Houve a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura, de forma a atender as exigências que esses eventos requerem. Nesse sentido, a utilização de agregados se torna imprescindível, uma vez que são os insumos básicos utilizados em tais obras.

Conforme dados do IBRAM (2015), a previsão é de que a demanda por agregados continue em alta até 2022. Uma das dificuldades em relação aos dados estatísticos de produção de agregados consiste no fato de existir um alto índice de informalidade no setor (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI, 2015). O órgão responsável pela coleta de dados, o DNPM, considera que não há uma estrutura precisa e confiável para coleta e análise dos dados apurados (DNPM, 2016).

Segundo a ANEPAC (2017), a produção de agregados, em 2015, foi de 519 milhões de toneladas. Conforme o DNPM (2016), o estado de São Paulo é o maior produtor e consumidor de brita, abrangendo 26,7% da produção e consumo. Seguido pelos estados de Minas Gerais (10,7%), Rio de Janeiro (8,1%) e Paraná (6,5%).

De acordo com os Relatórios Anuais de Lavra (RALs) entregues ao DNPM, com exceção do Acre, que importa brita de outros estados para o seu consumo, todos os estados brasileiros são produtores de brita. Porém, os dados não são precisos devido à grande quantidade de empresas atuando clandestinamente no setor. As estimativas são feitas tendo em vista os subprodutos que usam a brita como insumo, tais como: cimento e asfalto (DNPM, 2016).

Fazendo um comparativo com a realidade de outros países, segundo o *United States Geological Survey* (USGS) (2017), os Estados Unidos são os maiores produtores de agregados do mundo. Em 2016, foram produzidos 1,48 bilhões de toneladas de brita, em cinquenta estados americanos, gerando uma movimentação financeira de 16,2 bilhões de dólares. A produção é feita por 1.430 empresas, que operam 3.700 pedreiras e 82 minas.

Estima-se que, dos 1,54 bilhões de toneladas de brita consumida nos Estados Unidos em 2016, 76% foram para o setor de materiais de construção, principalmente, para construção e manutenção de estradas; 11% para a fabricação de cimento; 7% para a fabricação de cal; 4% para outros usos em produtos químicos, especiais e diversos; e 2% para uso agrícola (USGS, 2017).

A produção europeia de agregados, conforme dados da *Union Européenne des Produsteurs de Granulates* (UEPG) (2015), foi de 2,66 bilhões de toneladas em 2015. Fazem parte desses dados 39 países, sendo 28 da União Europeia (EU) e outros países da *European Free Trade Association* (EFTA). A produção na Europa teve um aumento de apenas 0,5% em relação ao ano de 2014. O setor movimenta, anualmente, um valor de, aproximadamente, 15 milhões de euros, o que demonstra sua importância estratégica como o material de construção mais consumido na Europa. A brita provém de um total de 26.000 pedreiras e minas, operadas por 15.000 empresas (UEPG, 2017).

Os países com maior produção de agregados, na Europa, em 2015, foram: Alemanha, com 545 milhões de toneladas; Rússia, com 509 milhões de toneladas e Turquia, com 500 milhões de toneladas. Por outro lado, os menores produtores, em 2015, foram em Malta e Montenegro, com 2 milhões de toneladas, cada (UEPG, 2017).

Na Austrália, a produção é de 23 milhões de toneladas de agregados, por ano, dos quais 17 milhões são de brita e 6 milhões são areia e cascalho, segundo dados do *The Institute of Quarrying Australia* (IQA) (2012). Nota-se que a produção brasileira de agregados apresenta uma quantidade próxima dos países europeus, embora seja menor que a dos Estados Unidos, e muito maior do que a Austrália.

2.1.3 Produção alternativa de brita

Os agregados para construção civil, como a brita, são os minerais mais consumidos no mundo (ROSSI, 2013; ANEPAC, 2017). A sua abundância na natureza faz com que sejam materiais de baixo custo e, por isso, de difícil substituição. As iniciativas para o uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), em lugar aos agregados naturais, têm sido amplamente incentivadas, visando a diminuição da exploração das jazidas e a conservação do meio ambiente (SHI-CONG; CHI-SUN, 2009; BRASILEIRO; MATOS, 2015).

A areia natural vem sendo gradativamente substituída pela areia manufaturada (DNPM, 2016), fabricada a partir de finos de brita. Além das vantagens em termos ambientais, como a prevenção do esgotamento das reservas naturais, a areia de brita é economicamente mais viável, pois pode ser fabricada dentro das próprias pedreiras sem a necessidade de custos adicionais para tal. Outra vantagem é no sentido de que a areia de brita tem demonstrado ser mais resistente e eficaz na fabricação de cimento, o que tem se tornado um atrativo comercial importante (RAO; DESAI; MOHAN, 2011).

Ensaio laboratoriais desenvolvidos na Turquia, comparando quatro tipos diferentes de areia, demonstraram que a areia de pedra britada apresenta uma resistência mais elevada do que as outras três areias testadas, podendo ser devido à diferença na forma das partículas, quantidade de finos e classificação (CABALAR; DULUNDU; TUNCAY, 2013). Embora em alguns lugares a areia natural represente menor custo de produção, os custos ambientais colocam a exploração em desvantagem econômica. Sendo assim, a tendência é de que seja gradativamente substituída pela areia manufaturada, visando, tanto a proteção contra impactos ambientais, quanto as vantagens econômicas de mercado.

Segundo o DNPM (2016), os Resíduos de Construção e Demolição (RCDs) são os que apresentam maior potencial de utilização, em substituição aos agregados naturais, visto que

há um investimento maior dos municípios em tecnologias para captação, reaproveitamento e reciclagem desse tipo de resíduo. Tais produtos são constituídos de restos de concreto, telhas, metais, madeira, gesso, pedras etc. O crescimento do uso desse tipo de agregado reciclado se dá pelo fato do menor consumo de energia e gasto com transporte, uma vez que os mesmos podem ser produzidos dentro da própria obra (LA SERNA; REZENDE, 2009).

Além desses, outros materiais também vêm sendo utilizados como substitutos para os agregados naturais. São eles: escórias siderúrgicas (de alto-forno e de aciaria), argilas expandidas, resíduos de rochas ornamentais (LA SERNA; REZENDE, 2009; DNPM, 2016), entre outros. Dependendo do modo como são processados, os RCDs podem gerar agregados de qualidade compatível com os naturais. É importante ressaltar que a qualidade dos RCDs depende de vários fatores, tais como: tamanho, tipo e modo de beneficiamento (SILVA, A., 2015).

A Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA, estabelece as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão de RCDs. O objetivo dessa Resolução é a redução, reutilização ou reciclagem dos resíduos, tendo em vista a conservação ambiental. Os resíduos da construção civil devem ser classificados, de acordo com o tipo em três categorias, para o seu melhor aproveitamento. Os RCDs não podem ser depositados em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. Portanto, os municípios devem providenciar um local adequado para o descarte dos resíduos que não poderão ser reaproveitados de nenhuma forma (BRASIL, 2002).

Ortiz, Tauta e León (2013) observam que a origem do agregado influencia na qualidade do asfalto, com destaque para a granulometria e densidade. Portanto, a substituição deve ser feita levando em conta esses fatores, para que a qualidade não fique comprometida. Estudos laboratoriais demonstram que os RCDs possuem propriedades que geram agregados de alta qualidade. Foram realizados ensaios de resistência à compressão, resistência à tração e resistência à flexão, bem como alguns ensaios não destrutivos, como a velocidade do pulso e os testes de martelo. A correlação entre os resultados obtidos nos diferentes testes foi analisada confirmando a qualidade dos agregados formados por resíduos de fontes diversas (KABIR; AL-SHAYEB; KHAN, 2016).

Os rejeitos de mineração também podem ser aproveitados para outros usos. Foi feito um experimento em que uma série de clínqueres foi produzida com finos de pedreira, descartados como rejeitos no pátio da mina. Outra série foi feita com basalto vesicular, uma variedade de basalto poroso e de baixa resistência, que não pode ser aproveitado como agregado. O estudo demonstrou que a composição dos materiais basálticos é plenamente

compatível com a produção de clínquer, não sendo necessária a adição de fundentes ou outros corretivos químicos (ANDRADE et. al., 2010).

No entanto, é preciso cautela quanto ao uso de rejeitos de outros tipos de mineração, para uso como agregados. A utilização de metais pesados, como o cobre, tem sido investigada sendo possível sua utilização desde que de forma controlada, pois a resistência à compressão diminui consideravelmente com o aumento da quantidade desse metal. A utilização de minérios de cobre em concreto, deve ser moderada, dentro de 10% do teor da mistura (KUNDU et al., 2016).

Observa-se, portanto, que existem alternativas tanto para o uso dos resíduos da construção como agregados reciclado, quanto para os rejeitos de agregados que não podem ser aproveitados diretamente nas obras da construção civil, devido à qualidade inferior. Essas alternativas possibilitam o aproveitamento total dos recursos, contribuindo para a diminuição da exploração das jazidas e, conseqüentemente, reduzindo a degradação ambiental.

2.1.4 Consumo de agregados no Brasil

Na Tabela 1 está indicada a relação entre a população e o consumo de agregados por tonelada em cada região do Brasil, em 2014, de acordo com os dados da ANEPAC.

Tabela 1 – População e consumo de agregados em (t) por Região no ano de 2014

Região	População (milhões de pessoas)	Consumo de Agregados (t)
Norte	17,1	52,7
Nordeste	56,3	154,3
Centro Oeste	15,1	67,5
Sudeste	85,3	347
Sul	29,1	119,5

Fonte: ANEPAC (2017).

Segundo descrito na Tabela 1, a região Sudeste apresenta o maior consumo de agregados, sendo também a região mais populosa do Brasil. Embora a região Norte apresente o menor índice de consumo, não é a região menos populosa. Na região Nordeste o consumo por habitante é de 2,74 t, enquanto que, na região Sul, com aproximadamente metade da população, são consumidas 4,10 t, por pessoa, indicando que o consumo independe da população da região.

Percebe-se, portanto, que a relação entre o índice populacional não está diretamente ligada à quantidade de agregados consumidos. De acordo com dados do IBRAM (2015), o consumo de agregados per capita, no Brasil, em 2014, foi de 3,7 t/habitante. Embora venha crescendo em relação aos anos anteriores, ainda está longe do consumo dos Estados Unidos, que gira em torno de 6 a 7 t/habitante. Esse crescimento é muito importante, pois indica que o

Brasil vem investindo cada vez mais em obras de infraestrutura, saneamento básico e habitações.

De acordo com o DNPM (2016), o segmento que mais consome agregados, no Brasil, é o de concreteiras, abrangendo 32% de toda a brita fabricada. As construtoras consomem 24%, indústrias de pré-fabricados detém 14% do consumo de brita, 10% do consumo é para as lojas e revendedores, 9% para indústrias pavimentadoras e usinas de asfalto, 7% para órgãos públicos e 4% são destinados a outros consumidores.

O setor de indústrias de agregados envolve muitas empresas, gerando, assim, uma grande quantidade de empregos diretos e indiretos. Os dados de 2013 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE informam que existem 8.451 empresas no ramo de extração de pedras, areia e argila, das quais 1.250 estão localizadas na região Nordeste, sendo que 80 delas ficam no estado do Piauí (IBGE, 2013).

O setor gera, aproximadamente, 75.000 empregos diretos e 250.000 empregos indiretos no Brasil (ANEPAC, 2017). Os dados do IBGE e da ANEPAC demonstram a importância do setor no que tange à geração de empregos. É um impacto social relevante, pois proporciona aumento da renda e, conseqüentemente, dinamização econômica para a região onde as indústrias estão inseridas, através da movimentação do comércio local.

2.1.5 Formação de preços da brita

A composição dos preços dos agregados varia muito de acordo com a região. Por se tratar de um mercado estritamente regional devido à inviabilidade do transporte em longas distâncias, a formação do preço se faz em função, principalmente, da demanda em um determinado período e a capacidade do produtor de atendê-la (LA SERNA; REZENDE, 2009; ABDI, 2015). Nos grandes centros, onde a demanda é mais constante e a concorrência é maior, o preço tende a ser mais estável. Nas regiões mais interioranas, onde há sazonalidade em relação à demanda, os preços tendem a ter menos estabilidade, conforme afirmam La Serna e Rezende (2009).

O transporte costuma representar 1/3 a 2/3 do preço final (LA SERNA; REZENDE, 2009; AGUIRRE; HENNIES, 2010). É um custo bastante significativo em se tratando de um produto com baixo valor agregado. Os custos de manutenção de equipamentos e máquinas, além dos impostos e tributos, também, compõe uma parcela importante no preço final, porém não tão significativa como o transporte.

Os preços da areia e da pedra britada, em alguns estados, podem ser muito diferentes, como por exemplo, em Roraima, onde a brita chega a custar quase oito vezes mais

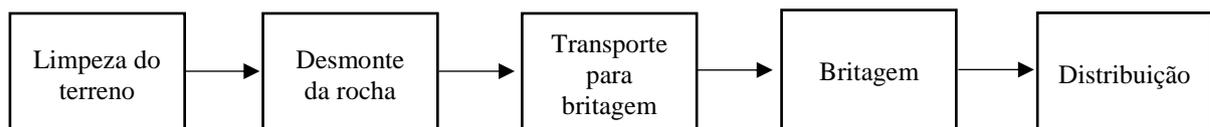
que a areia. Em outros estados, como São Paulo e Espírito Santo, os preços da areia e da brita são bem próximos. No Rio Grande do Sul e em São Paulo, ao contrário da grande maioria dos estados, o preço da areia é maior do que da brita (DNPM, 2016).

2.1.6 Cadeia produtiva da brita

Existem 237.919 empresas atuando no setor da construção civil, no Brasil. Desse total, 39.924 estão na região Nordeste, sendo que 2.378 se encontram no Piauí (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC, 2015). O setor da construção civil engloba empresas de vários segmentos, tais como: fornecedores de matéria-prima, máquinas e equipamentos, prestadores de serviços, construtoras, pavimentadoras, entre outras (ANEPAC, 2017). Portanto, há geração de empregos diretos e indiretos em quantidades muito representativas para a economia nacional.

Segundo dados da ANEPAC (2017), o setor envolve, aproximadamente, 3.100 empresas, sendo 600 de produção de brita e 2.500 de extração de areia. O processo produtivo da brita inicia-se com a limpeza do terreno para o desmonte da rocha, passando pela britagem até se obter brita em granulometrias diversas, de acordo com as exigências do mercado, para entrega ao consumidor final (CALAES et al., 2008). O fluxograma da Figura 1 demonstra, simplificada, o processo produtivo da brita:

Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo produtivo da brita



Fonte: Autores

A extração de brita é o primeiro elo da cadeia produtiva de agregados para a construção civil. Os insumos beneficiados serão utilizados, muitas vezes, pela própria mineradora na fabricação de concreto ou serão comercializados para as construtoras, pavimentadoras, concreteiras e empresas revendedoras (ABDI, 2015). A qualidade do concreto depende, muitas vezes, do agregado utilizado na sua fabricação. Nem sempre os agregados são homogêneos, pois são obtidos a partir de diferentes pedreiras. Portanto, as misturas de produtos devem ser avaliadas com cautela para não comprometer a qualidade do concreto (ATAC et al., 2016).

A destinação da brita na cadeia produtiva de agregados se dá da seguinte maneira: 85% são para a fabricação de cimento nos segmentos de concreteiras, pré-fabricados, construtoras e revendedores, com a finalidade de uso nas edificações residenciais, comerciais, industriais e institucionais. Os 15% restantes são destinados à produção de asfalto para o segmento de pavimentadoras com a finalidade de uso nas obras de infraestrutura (ANEPAC, 2017).

O cimento é um dos principais produtos finais na cadeia produtiva de agregados. Por ser um produto de difícil substituição, a sua produção e consumo são importantes indicadores de investimento de um país, pois está presente em todos os tipos de construções. O maior fabricante e consumidor de cimento do mundo é a China, que em 2010 foi responsável por 55% do consumo mundial de cimento, seguida pela Índia, Estados Unidos e Turquia. Em 2010, o Brasil ocupava a 6ª posição entre os maiores produtores de cimento do mundo (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO – SNIC, 2013).

As vendas acumuladas de cimento entre os meses de dezembro/2015 a novembro/2016 foram de 57,5 milhões de toneladas (CBIC, 2016). Em 2013, o consumo aparente de cimento, no Brasil, teve um aumento de 2,4% em relação ao ano anterior, atingindo a marca de 71 milhões de toneladas. O consumo *per capita* mundial, em 2010, foi de 488 kg/hab/ano, e o brasileiro, em 2013, chegou à 353 kg/hab/ano.

O consumo de cimento, no Brasil, está bem abaixo da média mundial, embora venha crescendo a cada ano. Os incentivos trazidos pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foram os maiores responsáveis pelo aumento da produção e consumo de cimento e, conseqüentemente, de agregados para a construção civil (SNIC, 2013). Além da fabricação de cimento e concreto, a brita pode ser empregada diretamente nas obras e construções. Um exemplo comum, onde o uso da brita é facilmente visualizado, é no pátio de estacionamentos.

2.1 7 Entraves no setor de agregados

Dentre os problemas que afetam o setor de agregados para a construção civil, destaca-se a deficiência de políticas específicas. Vários órgãos são responsáveis pela regulamentação deste segmento. O DNPM é o principal deles, porém a falta de políticas específicas para o setor gera desencontro entre as atribuições desses órgãos (ABDI, 2015). Em 2004, foi criado o Plano Nacional de Agregados Minerais para a Construção Civil – PNACC, porém o plano nunca saiu do papel. Houve uma expectativa de que fossem alocados recursos para execução do PNACC, porém ainda não há resultados efetivos (FADUL, 2016).

Há também um excesso de empresas operando clandestinamente, não só no Brasil, como no mundo. Um estudo feito, através de sensoriamento remoto, na Turquia, identificou 721 minas operando ilegalmente, numa determinada região do país (KEKOVALI; KALAFAT, 2014). A dificuldade e burocracia na obtenção das licenças incentiva o aumento de situações de irregularidade. A fiscalização ineficiente também contribui com essa realidade.

Segundo a ABDI (2015), o alto índice de informalidade no setor dificulta a análise dos dados referentes à produção e consumo de agregados. Problemas ligados à dificuldade de obtenção de financiamentos, levam à falta de capital para investimentos, principalmente, para o pequeno empresário. Nas pequenas empresas, muitas vezes os cargos são ocupados pela própria família, o que leva à deficiência de mão de obra especializada, gerando custos desnecessários e diminuindo a competitividade no mercado (ALMEIDA, 2009; ABDI, 2015).

Um estudo realizado nos EUA sobre os métodos de avaliação de investimento em mineradoras constatou que esses fatores não eram levados em conta nos métodos tradicionais. Espinoza e Rojo (2017) propõem um novo método para a avaliação de investimentos no setor de mineração, chamado *Decoupled Net Present Value* (DNPV), numa tradução livre, Valor Presente Líquido Desacoplado. O método tem por objetivo, avaliar oportunidades de investimento em mineração, desacoplando o valor temporal do dinheiro do risco associado ao projeto, fornecendo um método de avaliação consistente.

Os riscos de mercado, como, por exemplo, preços das *commodities* e câmbio, podem ser sistematicamente combinados com riscos não mercantis, tais como, mudanças climáticas ou terremotos (ESPINOZA; ROJO, 2017). Assim, é possível uma avaliação mais segura dos riscos e oportunidades viáveis para a implementação de projetos que tenham como finalidade a exploração mineral, já que a atividade depende de condições naturais que fogem ao controle humano.

Ainda nos EUA, foi desenvolvido, por Robinson Junior e Larkins (2007) um sistema de identificação de áreas, com o objetivo de prever a probabilidade espacial do desenvolvimento de pedreiras de agregados de brita, através de técnicas de regressão logística e de ponderação de pesos. Os modelos, baseados em geologia, rede de transporte e variáveis de densidade populacional, foram definidos usando dados e características de implantação susceptíveis de gerar retorno comercial em um ambiente fiscal favorável, proximidade a corredores de transporte e mercados de construção, e dentro de um contexto geopolítico com baixa densidade populacional, configurações menos propensas a se opor a instalação e desenvolvimento de uma nova pedreira.

Na região de Tadmra-Azilal, no Marrocos, foi feito um mapeamento semelhante, a fim de delinear as áreas com recursos minerais. Muitos fatores ambientais, sociais e econômicos, incluindo a litologia de rochas, o uso da terra, a distância às cidades e às estradas, a elevação e a inclinação do terreno, são consideradas (BARAKAT; OUARGAF; TOUHAMI, 2016). Esse tipo de análise e classificação fornece informações importantes para a tomada de decisão sobre um plano eficaz de gestão da terra e dos recursos, bem como para as autoridades regionais no processo de concessão de licenças para operar uma pedreira.

Para investir no setor é necessário levar em consideração fatores, como, por exemplo: o tempo de exploração da mina, tendo em vista que uma jazida pode ser explorada por muitos anos até que os recursos sejam exauridos; além de fatores climáticos, que influenciam diretamente na exploração mineral, entre outros. Os modelos propostos por Robinson Junior e Larkins (2007) e por Barakat, Ouargaf e Touhami (2016) podem ser aplicados em outras partes do mundo, tendo em vista a necessidade de uma avaliação criteriosa sobre a viabilidade de implantação de um empreendimento de extração mineral, não apenas pelas condições geológicas favoráveis, mas também pelas condições econômicas e sociais da região.

O recolhimento de impostos e taxas, normalmente, representam um alto custo para a mineração. Na Austrália, havia uma taxa sobre o lucro da mineração, criada em 2012 para financiar programas sociais, que foi retirada pelo governo, a fim de manter o emprego e a competitividade mundial da indústria de mineração. Devido à queda do valor das *commodities* minerais, o governo reverteu essa tendência e busca anular a lei que criou essa taxa, mantendo ao mesmo tempo seu apoio financeiro aos programas sociais (TAKANO; FLORES; LIMA, 2016).

No Brasil, ao contrário da Austrália, os estados de Minas Gerais, Pará, Amapá e Mato Grosso do Sul, criaram a Taxa de Controle, Monitoramento e Supervisão de Exploração e Mineração de Recursos Minerais (TFRM). As taxas desses estados têm sido discutidas no âmbito político, econômico, administrativo e legal. Segundo Takano, Flores e Lima (2016), a arrecadação da TFRM, além de violar o princípio da igualdade, penaliza a mineração, desobedece ao preceito do artigo 152 da Constituição Federal de 1988² e, ainda, contribui para a redução da competitividade da mineração brasileira (BRASIL, 1988).

A incorporação insuficiente de tecnologia e deficiência na informação geológica são outros problemas que os pequenos empresários costumam enfrentar. Essa situação ocasiona

² Art. 152. É vedado aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios estabelecer diferença tributária entre bens e serviços, de qualquer natureza, em razão de sua procedência ou destino (BRASIL, 1988).

um menor aproveitamento da jazida e, conseqüentemente, menor condição de competitividade no mercado (ABDI, 2015). O levantamento das condições geológicas da região onde pretende-se instalar um empreendimento de mineração é imprescindível para a atividade e determinante para a viabilização desse tipo de projeto.

Outro problema enfrentado pelo setor é a recuperação das áreas degradadas, após a exaustão das minas (JOSA; JORBA; VALLEJO, 2012). Em Israel, foram analisadas várias pedreiras abandonadas, localizadas em áreas de conservação. A sugestão proposta pelo estudo é a reabilitação dos espaços abertos, através de projetos de desenvolvimento, com a finalidade de uso agrícola (MILGROM, 2008). No Brasil, esse problema é recorrente, uma vez que muitas empresas não se preocupam com a restauração das áreas degradadas (MECHI; SANCHES, 2010).

As dificuldades enfrentadas pelo setor são semelhantes em diversas partes do mundo. A intensidade com que os problemas acontecem pode variar de acordo com a região, com o nível de desenvolvimento econômico, entre outros fatores que influenciam no tipo de problemas enfrentados pela atividade. Porém, é fato que o setor enfrenta entraves de diversos tipos e em diferentes proporções.

A crise que se instaurou no Brasil, em 2015, trouxe conseqüências para o segmento. Houve uma significativa retração na economia o que levou à queda nos investimentos no setor de agregados. O estado do Piauí sofreu largamente os efeitos da crise. Os empresários não fizeram grandes investimentos no setor, tendo em vista o pessimismo em relação aos primeiros meses de 2016. O índice de intenção de investimentos foi de 25,9 pontos em fevereiro de 2016. O indicador varia de 0 a 100 pontos e quanto mais baixo o valor, menor é a propensão para investimento. (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DO PIAUÍ - SINDUSCON-PI, 2017).

A utilização da capacidade de produção em janeiro de 2016 foi de 56% e está 10 pontos percentuais abaixo da média em relação a janeiro de 2012. No entanto, o setor tem demonstrado recuperação nos primeiros meses de 2017. Outro indicador que mede o desempenho é o índice de expectativas, que em janeiro de 2016 configurava em 37,7 pontos. Em janeiro de 2017, esse valor passou a 47,4 pontos (SINDUSCON-PI, 2017). É um indicativo de que o setor vem se recuperando dos efeitos da crise, o que deve ser visto com muito otimismo, já que a construção civil movimentou outros diversos setores da economia.

2.2 Licenciamento ambiental

Para que a mineração possa ser desenvolvida, o governo dispõe de ferramentas, como o licenciamento ambiental, que tem por objetivo efetuar o controle das atividades potencialmente poluidoras. Segundo a Resolução 237/1997 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), as indústrias mineradoras não podem operar sem que possuam a licença mineral, emitida pelo DNPM e as licenças ambientais, emitidas pelo órgão municipal, estadual ou federal competente (BRASIL, 1997).

O licenciamento ambiental é um dos principais instrumentos de controle ambiental, uma vez que estabelece ações preventivas para a instalação de empreendimentos potencialmente poluidores (RODRIGUES, 2010; ZHOURI; OLIVIERA, 2012). As licenças ambientais podem ser concedidas pelos órgãos de meio ambiente, tanto no âmbito federal, como estadual ou municipal. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) é o órgão federal responsável por licenciar empreendimentos cuja competência foge do âmbito estadual ou municipal (BRASIL, 1997). O licenciamento ambiental é efetuado nas fases de concepção/planejamento, instalação e operação em que são avaliados alguns critérios para a emissão das licenças ambientais.

Existem dificuldades enfrentadas no desenvolvimento do projeto de licenciamento ambiental como a burocracia do processo (PAIVA; OLIVEIRA; BONONI, 2015) em termos de autonomia de ação dos servidores responsáveis pelo processo (SANTIAGO, 2016), que, muitas vezes, podem comprometer a eficácia do licenciamento. No entanto, existem metodologias que auxiliam a avaliação da eficácia dos estudos de impactos ambientais, tais como, os métodos de avaliação de impactos ambientais (ALMEIDA et al., 2012), que amparam a tomada de decisão quanto à viabilidade do empreendimento.

Um dos principais requisitos do processo é o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). A Lei 9985, de 18 de julho de 2000, traz em seu art. 2º a obrigatoriedade de recuperação de áreas degradadas e a restauração de um ecossistema ou de uma população silvestre, o mais próximo possível da sua condição original (BRASIL, 2000).

A obrigatoriedade da apresentação do PRAD pelas indústrias mineradoras tem a finalidade de garantir que as áreas exploradas serão devolvidas à comunidade regional em condições apropriadas para serem reutilizadas no futuro (LIMA; FLORES; COSTA, 2006). As ações compensatórias, devem ser feitas, concomitantemente à exploração mineral a fim de obter a máxima restituição do ambiente degradado (GONÇALVES; LIRA, 2012).

2.2.1 Licenciamento e Licença Ambiental

Segundo o art 4º da Resolução 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), compete, primeiramente, ao IBAMA o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional (BRASIL, 1997). No entanto, a Lei 6.938/81 prevê que todos os municípios, estados e o Distrito Federal tem competência para licenciar, desde que a proteção ambiental não se torne menor do que a prevista pelas normas federais.

A interferência do IBAMA deve ocorrer no caso do Órgão Estadual do Meio Ambiente (OEMA), ou o Órgão Municipal do Meio Ambiente (OMMA), não estar tecnicamente apto ou se o mesmo permanecer inerte ou omissor. A Resolução 237/1997 do CONAMA, atribui aos municípios o poder e o dever de licenciar empreendimentos cujo impacto seja local. Portanto, a competência para licenciar é atribuída tanto aos municípios, quanto aos estados e à União, em virtude da localização do empreendimento (BRASIL, 1997).

O conceito de licenciamento ambiental e licença ambiental são distintos, sendo, o primeiro, o conjunto de procedimentos que engloba, dentre outros, o pedido de autorização para funcionamento de determinado empreendimento, e a segunda, o objetivo almejado pelo empreendedor, isto é, o ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente concede o pedido feito (BRASIL, 1997; GONÇALVES; LIRA, 2012).

Para que a licença ambiental possa ser concedida, é necessário, primeiramente, que seja feito o Estudo de Impactos Ambientais e o Relatório de Impactos sobre o Meio Ambiente (EIA/RIMA), o qual é apresentado como subsídio para análise da licença requerida e deve abranger os seguintes itens: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco (BRASIL, 1997).

A confecção do EIA/RIMA não é obrigatória para todos os empreendimentos minerários. A Lei 1.356, de 03 de outubro de 1988, em seu § 7º, afirma que, em alguns casos, à critério da Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA), a apresentação do EIA/RIMA pode ser substituída pelo Plano de Controle Ambiental (PCA), em função da natureza, porte, localização e peculiaridades do empreendimento, e deverá conter os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais avaliados na fase da licença prévia (BRASIL, 1988b).

O processo de licenciamento ambiental é composto de três etapas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) (BRASIL, 1997). Os prazos estabelecidos pelo órgão ambiental competente, para a concessão das licenças, poderão ser

diferenciados para cada modalidade de licença (LP, LI e LO), em função das peculiaridades da atividade ou empreendimento, bem como para a formulação de exigências complementares.

Porém, deve-se observar o prazo máximo de 6 (seis) meses a contar do ato de protocolar o requerimento até seu deferimento ou indeferimento, ressalvados os casos em que houver EIA/RIMA e/ou audiência pública, quando o prazo será de até doze meses (BRASIL, 1997).

A LP é concedida na fase preliminar, de planejamento, estabelecendo a viabilidade ambiental e os requisitos básicos para as próximas fases de implementação do empreendimento. A concessão da LP implica a aprovação da localização e concepção, bem como a sua viabilidade. O prazo de validade da LP deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de elaboração do projeto relativo ao empreendimento, não podendo ser superior a cinco anos (BRASIL, 1997).

A LI autoriza a implantação da atividade de acordo com as especificações previamente aprovadas, tendo em vista os projetos executivos de controle ambiental. A partir da concessão dessa licença, o empreendimento fica autorizado a ser instalado. O prazo de validade da LI deverá ser, no mínimo, o estabelecido pelo cronograma de instalação do empreendimento ou atividade, não podendo ser superior a seis anos (BRASIL, 1997).

A LO autoriza a operação do empreendimento, tendo verificado o cumprimento do que consta das licenças anteriores, ou seja, a LO sucede a LP e a LI, onde são exigidas as medidas de controle ambiental determinadas para a operação do empreendimento. O prazo de validade da LO deverá considerar os planos de controle ambiental e deverá ser de, no mínimo, quatro anos e, no máximo, dez anos. (BRASIL, 1997).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) destaca que, dentro da legislação em que se aplica a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) e durante o licenciamento ambiental, os impactos na saúde devem ser considerados. No entanto, observa-se que esses impactos nem sempre são incluídos no escopo dos processos de licenciamento. No Brasil, ainda não há legislação específica que normatize a participação do setor saúde nos processos de licenciamento ambiental, exceto aquelas relacionadas às áreas endêmicas de malária e em projetos de assentamentos e reforma agrária (SILVEIRA; ARAÚJO NETO, 2014).

O atual sistema de AIA, no Brasil, precisa de mudanças. Embora desempenhe um papel chave na mitigação de impactos e no aprimoramento do projeto, cada vez mais são necessárias soluções para superar as barreiras políticas, a fim de que o processo seja mais eficaz (FONSECA; SÁNCHEZ; RIBEIRO, 2017). É importante que as políticas que regulamentam os processos de licenciamento sejam renovadas e atualizadas, para que não fiquem defasadas. No entanto, é necessário que a atenção se volte para a aplicabilidade dessas políticas de forma

eficiente, para que a eficácia do processo possa ser, de fato, garantida, através de ações que visem a sustentabilidade ambiental. Novas políticas não irão gerar bons resultados se não forem eficientemente aplicadas.

2.2.2 Licenciamento Ambiental na Mineração

A mineração é uma atividade impactante por se tratar da extração de recursos naturais não renováveis, causar desmatamento, modificação da paisagem, afugento da fauna (CALAES et. al., 2008), entre outros impactos ambientais. Porém, é uma atividade essencial para sociedade industrial moderna, pois fornece matéria-prima para vários setores da economia.

No Brasil, assim como em muitos países, os depósitos minerais são bens públicos, e só podem ser explorados com a concessão do Estado (BRASIL, 2001). Embora seja o instrumento de normalização para a implementação de projetos causadores de degradação ao meio ambiente, o licenciamento ambiental depende de uma série de programas administrativos e de projetos administrados pelo Estado (ZHOURI; OLIVIERA, 2012).

No caso da mineração de brita, após a concessão das licenças ambientais, é necessária a obtenção da licença mineral, emitida pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). A comunicação entre o órgão ambiental e o DNPM se dá, uma vez que, a licença mineral só pode ser concedida após a emissão da LO. O primeiro passo para obtenção da licença mineral é a elaboração de um plano de pesquisa, no qual é feito o levantamento de estudos geológicos e de engenharia e a avaliação da viabilidade técnica e econômica do empreendimento, através do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) (BRASIL, 2001).

A licença mineral, concedida pelo DNPM, tem as seguintes fases: 1) Concessão, na qual é feita a pesquisa para o início da exploração mineral; 2) Licenciamento, quando é concedido o Requerimento e Registro de Licença, isto é, a autorização dada pelo prefeito do município onde a indústria será instalada; e 3) Permissão, na qual é emitida a Permissão de Lavra Garimpeira para o início da *exploração* mineral (BRASIL, 1997; SILVA, A., 2015).

Além da concessão de lavras para exploração de brita, também, é atribuição do DNPM promover o planejamento da exploração mineral e do aproveitamento adequado dos recursos, bem como assegurar, controlar e fiscalizar a atividade de acordo com a legislação específica de cada segmento. Existem 9.872 processos minerários, em todo o território brasileiro, licenciados pelo DNPM, cuja exploração dos recursos naturais destina-se à produção de brita (DNPM, 2016).

Na Tabela 2 pode ser visualizada a quantidade de processos minerários, licenciados pelo DNPM, cujo produto extraído é destinado, exclusivamente, para a fabricação de brita, em cada unidade territorial, no Brasil.

Tabela 2 – Número de processos minerários por unidade territorial

Estado	Número de processos
Rio Grande do Sul	1511
São Paulo	1487
Minas Gerais	1211
Bahia	742
Paraná	717
Santa Catarina	711
Rio de Janeiro	653
Mato Grosso	392
Pernambuco	330
Goiânia	328
Ceará	200
Maranhão	190
Espírito Santo	175
Tocantins	171
Piauí	148
Rio Grande do Norte	148
Paraíba	139
Rondônia	133
Mato Grosso do Sul	132
Pará	110
Alagoas	105
Amazonas	66
Sergipe	61
Roraima	36
Amapá	23
Distrito Federal	9
Acre	0

Fonte: Adaptado de DNPM (2016).

A região Sul possui o maior número de processos minerários licenciados pelo DNPM e possui seus três estados entre os seis primeiros, em quantidade de licenciamentos. Na região Sudeste, destaca-se o estado de São Paulo, que ocupa a segunda posição em relação aos demais estados brasileiros. Os estados do Norte e Nordeste ocupam as últimas posições, sendo essas as regiões com menor desenvolvimento socioeconômico.

A quantidade de processos minerários não indica a quantidade de produção. O estado brasileiro que tem a maior produção de brita é São Paulo, e o Rio Grande do Sul não está, nem mesmo, entre os quatro maiores produtores (DNPM, 2016). Portanto, pode-se perceber que há um considerável número de pedreiras licenciadas que, provavelmente, não estão operando.

Após a concessão da LO pelo órgão ambiental competente, autorizando o funcionamento do empreendimento, e durante o período de operação das atividades, são elaborados os Relatórios Anuais e Lavra (RAL) e feitas fiscalizações pelo DNPM visando o melhor aproveitamento da jazida. Quando a jazida está totalmente explorada e seus recursos exauridos, é feito um plano de fechamento da mina e colocada em ação as medidas estabelecidas pelo PRAD (BRASIL, 2001).

A Lei 9985, de 18 de julho de 2000, traz em seu art. 2º a obrigatoriedade de recuperação de áreas degradadas e a restauração de um ecossistema ou de uma população silvestre, o mais próximo possível da sua condição original (BRASIL, 2000). Segundo Lima, Flores e Costa (2006), a obrigatoriedade da apresentação do PRAD pelas indústrias potencialmente poluidoras consiste no fato de que as áreas degradadas pela mineração devem ser devolvidas à comunidade regional em condições apropriadas para serem reutilizadas no futuro.

Para isso, é possível que o plano aprovado inicialmente passe por revisões ou alterações, desde que tenha a aceitação do órgão ambiental competente, com o intuito de incorporar novas tecnologias ou outras ações alternativas que se mostrem mais adequadas ao processo de reabilitação (LIMA; FLORES; COSTA, 2006). Gonçalves e Lira (2012) afirmam que as ações compensatórias, visando a recuperação ambiental, devem ser feitas, na medida do possível, concomitantemente à exploração mineral a fim de obter a máxima restituição do ambiente degradado.

2.2.3 Licenciamento Ambiental no Piauí

A Lei nº 4.115, de 22 de junho de 1987, estabeleceu a criação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento Urbano que tinha por finalidade a formulação e execução das Políticas de Preservação e Conservação do Meio Ambiente, Desenvolvimento Científico e Tecnológico e Política de Desenvolvimento Urbano, em todo o território piauiense (PIAUI, 2014).

Em 1995, foi criada a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR), órgão integrante da Administração Pública Direta, no Estado do Piauí,

através da Lei nº 4.797. A SEMAR passou a ser um órgão apenas ambiental cujas atribuições competem, entre outras, a concessão de licenças, autorizações e fixação de limitações administrativas relativas ao meio ambiente (PIAUÍ, 2014).

A SEMAR possui as seguintes competências: planejamento, coordenação, supervisão, fiscalização e controle das ações relativas ao meio ambiente e recursos hídricos; formulação e execução da política estadual do meio ambiente e de gestão dos recursos hídricos, em articulação com o governo federal, com os municípios, organismos internacionais e organizações não governamentais, nacionais; preservação, conservação e uso racional dos recursos naturais renováveis; pesquisas, experimentações e fomento; informações técnicas e científicas nas áreas de meio ambiente e recursos hídricos; educação ambiental, em articulação com a Secretaria da Educação (PIAUÍ, 2014).

As três indústrias analisadas foram licenciadas pela SEMAR, duas possuem LO vigente, e uma está em fase de renovação, na data da coleta das informações. Todas seguiram rigorosamente as etapas do processo de licenciamento, iniciando pela confecção do EIA/RIMA ou PCA e PRAD, passando pelo procedimento de obtenção da LP, da LI e da LO, conforme consta nos relatórios arquivados pela SEMAR, até, finalmente, adquirir a licença mineral, emitida pelo DNPM.

No entanto, mesmo tendo seguido todos os trâmites legais, os relatórios ambientais apresentaram falhas que comprometeram a eficácia do processo, por conterem diversas informações que não condizem com a realidade das indústrias. Além disso, os órgãos ambientais não efetuam fiscalizações periódicas, demonstrando a ineficiência em verificar o cumprimento das medidas mitigadoras propostas nos estudos ambientais.

2.2.4 Licenciamento Ambiental em outros países

As leis que regulam os processos de licenciamento ambiental, ao redor do mundo, são semelhantes em relação ao principal objetivo, que é a conservação do meio ambiente. Porém, possuem diferenças na maneira de aplicação, em relação aos órgãos responsáveis pela concessão de licenças, tempo de execução do processo, entre outras. Portanto, é importante conhecer como o processo de licenciamento acontece em outros países a fim identificar os pontos de convergência e divergência com o brasileiro e, assim, adaptar as melhorias que podem ser aplicadas à realidade do Brasil.

Em 1969, nos Estados Unidos, foram estabelecidas as primeiras diretrizes sobre AIA, através da criação da *National Environmental Policy of Act* (NEPA). As etapas para a realização de um relatório, a fim de obtenção de licenças ambientais, são semelhantes em todo

o mundo, sendo a triagem, o escopo, a preparação do relatório, revisão e aprovação ou rejeição de projetos, as principais partes de um processo de licenciamento (BOND; FICHER; FOTHERGILL, 2016).

Desde a criação da NEPA, a AIA tem recebido força legal e institucional em outras partes do mundo, de modo que é praticada em mais de 100 países, incluindo economias em desenvolvimento e em transição. Embora tenha sido adaptado a diferentes contextos e circunstâncias, suas intenções básicas e elementos fundamentais são análogos (JAY, 2007).

Nos Estados Unidos, existe uma agência governamental, denominada *United States Environmental Protection Agency* (EPA), responsável pela aplicação das leis federais relativas à proteção ambiental. Os estados americanos têm autonomia para a concessão de licenças ambientais, assim como no Brasil, no entanto, a EPA garante o cumprimento das leis ambientais através da aplicação dos regulamentos estabelecidos pela própria Agência (EPA, 2017).

O licenciamento ambiental, na Tailândia, assim como na maioria dos países, fundamenta-se em critérios de triagem, baseados no tipo de projeto, tamanho, capacidade, localização e circunstâncias ambientais próximas. Um diferencial é o tempo de execução do processo. Uma vez que os relatórios de AIA são submetidos para consideração, o tempo para aprovação pode ser de 56 dias (SAENGSUPAVANICH, 2012). No Brasil, esse tempo varia de seis a doze meses (BRASIL, 1997).

O tempo de execução de um processo de licenciamento é um fator de grande relevância, considerando dois contextos: por um lado, um tempo muito curto pode significar uma análise superficial, em que alguns aspectos referentes aos impactos ambientais do projeto podem ser desconsiderados. Por outro lado, um tempo muito longo prejudica economicamente, não só o empreendimento, como a região diretamente afetada, uma vez que uma indústria, que pode garantir geração de empregos, fica impossibilitada de funcionar, sem as devidas licenças ambientais.

Um estudo feito na Dinamarca, sobre a efetividade da AIA, mostrou que o processo de licenciamento ambiental dinamarquês difere do Reino Unido e da Holanda, principalmente, quanto à influência da AIA nas decisões e sua contribuição para a sensibilização ambiental da autoridade competente. Constatou, também, que os profissionais dinamarqueses avaliam a eficácia da AIA mais do que os holandeses e britânicos e que, embora a eficácia seja considerada semelhante pelos atores, as causas em termos de mecanismos de governança e influências contextuais diferem entre os países (LYHNE et al., 2017).

No Paraguai e no Uruguai, existe uma lei denominada *Ley de Evaluación de Impacto Ambiental*. No Paraguai o órgão responsável pela concessão de licenças, bem como a

fiscalização ambiental, é o *Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones* (MOPC) (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA-MME, 2017). No Uruguai o licenciamento é feito pela *Dirección Nacional do Medio Ambiente* (MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINERÍA-MIEM, 2017). A Argentina, no entanto, não dispõe de uma legislação ambiental de âmbito nacional, sendo assim, cada província tem competência para legislar sobre as questões de meio ambiente, o que leva a uma legislação heterogênea, diferente dos demais países vizinhos (ROCHA; CANTO; PEREIRA, 2005).

No Peru, o processo de licenciamento, normalmente envolve conflitos e negociações entre empresas mineradoras, comunidades locais e governo. A participação popular, em zonas de extração, tem sido fundamental na aprovação ou rejeição do EIA e, portanto, na decisão do destino dos projetos de mineração. O envolvimento, através das audiências públicas, é tão significativo, que levou o governo central e os atores internacionais a reverem os projetos, resultando na suspensão ou cancelamento, em alguns casos (JASKOSKI, 2014).

Na Colômbia, melhorias no processo têm sido motivadas pelo Plano de Desenvolvimento Nacional, cujos objetivos são: unificação dos critérios para licenciamento, atualização dos termos de referência para os estudos de impactos ambientais, ajuste dos procedimentos e manuais para a avaliação dos estudos ambientais e aumento na fiscalização durante o procedimento. Essas ações têm melhorado a eficiência do licenciamento, nesse país, no que diz respeito ao envolvimento do governo em criar políticas de proteção ao meio ambiente (SAMPER, 2015).

Um estudo comparativo sobre as políticas de licenciamento ambiental na Argentina, no Brasil, no Chile, na Colômbia, no México, no Peru e na Venezuela mostrou que esses países possuem leis e regulamentos nacionais ou estaduais de avaliação de impacto ambiental que cobrem os habitats presentes em seus territórios. Embora a maioria dos países admita o uso de compensações, apenas Brasil, Colômbia, México e Peru exigem sua implementação (VILLARROYA; BARROS; KIESECKER, 2014). Oliveira e Espíndola (2015), sugerem que é preciso haver uma maior harmonização entre os países do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), no que diz respeito às legislações ambientais, por serem países fronteiriços, que possuem biomas em comum.

Observa-se que, o objetivo do licenciamento ambiental ao redor do mundo é garantir a conservação do meio ambiente, através de medidas mitigadoras e de controle da exploração dos recursos naturais. Porém, pode diferenciar quanto ao tempo de execução, o órgão licenciador, além dos procedimentos para a obtenção das licenças ambientais, que,

dependendo da forma como são aplicados, podem comprometer a eficácia do processo de licenciamento.

2.3 Avaliação de impactos ambientais na mineração

A importância do setor mineral, especialmente, o de britamento de pedras, consiste no fato de que as indústrias de brita fornecem os insumos necessários para a infraestrutura básica das cidades, como a construção de residências, saneamento básico, além da contenção do déficit habitacional e dinamização da economia. Portanto, é uma atividade indispensável para a economia nacional.

A produção de agregados abastece os mais diversos setores da construção civil, e teve um faturamento estimado, em 2015, de R\$ 15 bilhões (ANEPAC, 2017). Para atender essa demanda, o setor promove benefícios sociais, como, por exemplo, a geração de empregos diretos e indiretos. No entanto, é uma atividade impactante para o meio ambiente por se tratar da extração de recursos naturais não renováveis, e causar diversos impactos ambientais.

Dentre os impactos causados pela atividade, destacam-se: esgotamento dos recursos naturais da mina; desmatamento da área a ser explorada; modificação e destruição da vegetação nativa; poluição sonora, pela alta produção de ruídos; poluição do ar, pela emissão de material particulado; afugento da fauna; contaminação do solo; entre outros (BACCI, LANDIM; ESTON, 2006; MURESAN; GLIGOR, 2015). Além desses, há a alteração da morfologia da região, mudanças intensas na natureza e qualidade primária do solo, além da contaminação dos recursos hídricos (TABATABAEI; MOHAMMADI, 2013).

Parsons (2011) constata que as mudanças causadas pela mineração são, geralmente, malvistas pela sociedade, enquanto que as mudanças causadas pela agricultura são aceitáveis. Muitas vezes os impactos ambientais da agricultura são maiores e causam mais danos do que os da atividade minerária, porém são admissíveis, por se tratarem da produção de alimentos. No entanto, os impactos negativos da mineração podem ser mitigados através de ações sustentáveis de reposição ambiental que diminuam a agressão ao meio ambiente.

No caso das indústrias de brita, os impactos iniciam-se no processo de limpeza do terreno, quando toda a vegetação na região da mina precisa ser removida. A supressão da vegetação, das matas ciliares e da fauna no entorno das indústrias é imprescindível à atividade. A mudança na paisagem é um dos primeiros efeitos visíveis da mineração (MURESAN; GLIGOR, 2015). A reconstituição paisagística, muitas vezes, se torna difícil, principalmente, quando não há um planejamento adequado das ações no início da exploração da jazida.

Durante o processo de britagem, o acúmulo de poeira de brita nas folhas das árvores próximas às áreas das pedreiras pode alterar a quantidade de clorofila dos tecidos foliares, interferindo na atividade fotossintética e síntese de proteínas, causando significativa mudança nas características da vegetação e suscetibilidade às lesões causadas por microrganismos e insetos (HEID; HILL, 2010; SAHA; PADHY, 2011; MURESAN; GLIGOR, 2015).

Além desses, existem os impactos relacionados à saúde dos funcionários. Sobre estes, destacam-se os problemas respiratórios devido à emissão de gases e poeira de brita (RODRIGUES et al., 2005; LIRA et al., 2012) e os problemas auditivos causados pela alta intensidade dos ruídos (CAMPOS, 2012). Também, são relevantes os conflitos com as populações vizinhas às indústrias (CALAES et al., 2008). O desprendimento de material particulado (CALAES et al., 2007; PENG et al., 2016) e a emissão de ruídos durante o processo de britagem são inevitáveis, porém podem ser controlados.

A instalação de aspersores de água é uma forma de diminuir a incidência de poeira, amenizando o desconforto tanto para os funcionários que trabalham no local, quanto para as comunidades vizinhas (RODRIGUES et al., 2005). A poeira de brita pode causar doenças pulmonares (LIRA et al., 2012), que podem ser evitadas com uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como as máscaras faciais. Os protetores auriculares garantem a proteção quanto à exposição aos ruídos. Os potenciais acidentes de trabalho podem ser evitados com o uso correto dos EPIs e treinamento periódico dos funcionários (BACCI; LANDIM; ESTON, 2006).

A escolha adequada dos equipamentos de britagem e a forma correta de manuseio dos mesmos também é um fator importante nas mineradoras de brita. Arriba et al. (2013) afirmam que o rendimento da pedreira pode ser aumentado escolhendo a direção de corte apropriada para os blocos primários, reduzindo os custos de extração e o impacto ambiental resultante. Essas melhorias implicam benefícios econômicos e ambientais porque mais blocos serão extraídos de uma única exploração e o volume descartável diminuirá. Portanto, o treinamento adequado dos operadores das máquinas, bem como o equipamento correto para cada tipo de mineração, melhora o desempenho ambiental e comercial do empreendimento.

Uma das formas do setor desenvolver a atividade mineral com responsabilidade ambiental é elaborando adequadamente os estudos ambientais necessários para adquirir as licenças ambientais (PAIVA; OLIVEIRA; BONONI, 2015). Tais estudos devem conter todas as medidas necessárias, tanto para garantir a exploração com o mínimo de agressão ao meio ambiente, quanto para estabelecer a restauração da paisagem degradada após o esgotamento dos recursos.

Um levantamento realizado por Mechi e Sanches (2010), no estado de São Paulo, constatou que a recuperação das áreas degradadas pela atividade mineral não vinha sendo realizada de maneira satisfatória, pois as indústrias não estavam implementando as ações mitigatórias previstas nos relatórios de estudos ambientais das mesmas. Esse fato demonstra que a elaboração de um bom estudo ambiental não é condição suficiente para garantir que as medidas mitigadoras sejam cumpridas, pelas indústrias.

Um outro levantamento feito no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, por sua vez, demonstrou que o processo de licenciamento prévio de empreendimentos minerais possibilita uma melhora significativa no desempenho ambiental desse tipo de indústria, apesar de algumas medidas mitigadoras ficarem listadas apenas como proposta, deixando de ser efetivamente implementadas (PRADO FILHO; SOUZA, 2004).

Na região Nordeste, um dos impactos mais relevantes, no setor da mineração, é em relação às minas e indústrias abandonadas. As principais causas estão relacionadas à falta de capital para investimento, falta de mercado consumidor e esgotamento dos recursos. A consequência mais frequente é a grande quantidade de resíduos tóxicos expostos no meio ambiente. No Piauí, um dos grandes problemas enfrentados é a ocorrência de minas clandestinas, decorrentes da deficiência na fiscalização. O resultado principal da extração ilegal também está relacionado ao acúmulo de rejeitos, que causa vários impactos socioambientais (SOUZA et.al., 2014).

Por esse motivo, torna-se de grande relevância a fiscalização pelos órgãos competentes quanto à implementação das medidas de recuperação estabelecidas nos relatórios ambientais. Desde que haja uma avaliação criteriosa dos potenciais danos, é possível que os mesmos sejam minimizados através de ações mitigadoras e de compensação ambiental. Baumbach, Prado Filho e Fonseca (2013) fizeram uma análise relativa aos desafios ambientais e os níveis de atendimento à ISO 14001:2004, em três pedreiras de pequeno porte, localizadas em Minas Gerais. O estudo mostrou níveis relativamente baixos de atendimento aos requisitos de sistemas de gestão ambiental proativos.

Foi constatado, a partir dos dados da pesquisa de Baumbach, Prado Filho e Fonseca (2013), que duas, das três empresas analisadas, lidam com desafios ambientais de maneira, predominantemente, reativa, enquanto a outra apresenta uma abordagem ambiental mais proativa. As empresas estudadas desconhecem a magnitude dos impactos que provocam no meio ambiente e, possivelmente, devido a esse fato, acabam desenvolvendo sistemas ambientais simplistas. Portanto, é imperativa a necessidade de se aprimorarem sistemas de

gestão ambiental em pequenas mineradoras. O raciocínio é o mesmo, também, para as grandes empresas que, eventualmente, não possuam sistema de gestão de impactos ambientais.

A proximidade com os centros urbanos, gerada pela necessidade da redução dos custos com transporte, causa incômodos para a população que vive no entorno, principalmente, no que diz respeito à explosão da rocha, devido à vibração do terreno (HE et al., 2012; ARMAGHANI et al., 2015). O frequente uso de explosivos para esse fim, também, pode causar erosão dos solos, rebaixamento do lençol freático, assoreamento dos corpos de águas, poluição dos recursos hídricos, entre outros (HERAS, 2009; MECI; SANCHES, 2010; BRUNIER et al, 2014).

Embora a atividade cause desconforto para a comunidade, existem ações mitigatórias, tais como, o uso de alarme sonoro no momento da explosão, mudança das frentes de lavra na direção contrária à comunidade (BACCI; LANDIM; ESTON, 2006), espaçamento adequado entre os furos para inserção dos explosivos (VASOVIC et al., 2014), entre outras, que garantem a minimização dos conflitos e melhoria da convivência com a população.

Um estudo sobre a percepção do conflito socioambiental em El Pangui, Equador, demonstrou que existem vários problemas associados às operações de mineração em grande escala do Projeto Mirador, naquela região. Apesar de não ser o único motivo para os conflitos, a mineração é o fator mais significativo, uma vez que a população teme o possível impacto social e ambiental, à longo prazo. Na pesquisa foi constatado que, para analisar os conflitos socioambientais, é essencial estar atento à percepção das pessoas, porque os problemas ambientais podem levar a diferentes formas de conflito de acordo com o contexto econômico e sociocultural do local em análise (VÁZQUEZ; ESPINOSA; EGUIGUREN, 2016).

Em 2009, o governo da Malásia reformulou sua Política Nacional Mineral, criada em 1993, com o intuito, não só de se adequar às novas realidades do mercado, mas, principalmente, tendo em vista a mitigação dos impactos ambientais causados pela atividade. O estudo feito por Goh e Effendi (2017), aponta que é importante que o governo avalie e revise continuamente a Política Nacional Mineral a fim de que as medidas de sustentabilidade propostas, como a recuperação das áreas degradadas, tenham êxito em sua aplicação. Tal atitude deve ser implementada em qualquer lugar do mundo, para que ações sustentáveis sejam a prioridade em indústrias de extrativismo mineral.

O setor promove a geração de empregos, principalmente, para quem vive no entorno, além de incrementar a arrecadação de impostos, trazendo dinamização econômica para a região. Dessa forma, é preciso considerar os benefícios socioeconômicos da atividade e os malefícios ambientais, para avaliar a viabilidade da implantação de empreendimentos que

tenham como finalidade a extração mineral. De fato, a melhoria da qualidade de vida deve estar vinculada à conservação ambiental.

Segundo Voulvoulis et al (2013), a sustentabilidade na atividade mineral requer uma abordagem mais integrada e interdisciplinar que considere as inter-relações entre recursos, pessoas e meio ambiente. A compreensão dos processos mais amplos que governam os recursos naturais ainda é limitada porque as disciplinas científicas usam diferentes conceitos e linguagens para descrever e explicar sistemas ecológicos complexos. O foco em componentes individuais, em vez de sistemas mais amplos, impede o desenvolvimento de soluções mais efetivas e integradas para o gerenciamento de problemas ambientais, e mesmo econômicos e sociais, associados à mineração.

É possível a construção de indicadores de sustentabilidade nos processos minerários. Para se chegar a valores ideais de desenvolvimento sustentável no setor, é necessário que haja esforços no sentido da utilização mínima dos recursos naturais e da energia, pouca alteração no meio ambiente, uso ótimo da água, vento e sol, além da máxima satisfação social. Entende-se por satisfação social, o relacionamento das indústrias com a sociedade, em geral, e com as comunidades vizinhas, em particular (VILLAS BÔAS, 2011).

Conforme De Paula, Silva e Gorayeb (2014), o planejamento ambiental consiste em ações organizadas da sociedade na natureza de forma que as transformações efetuadas observem determinados limites ambientais. No caso das indústrias de brita, a adoção de um planejamento ambiental sustentável para o setor é imprescindível, uma vez que se trata de um recurso mineral que, em algum momento, irá se extinguir (CALAES et. al., 2008).

2.3.1 Métodos de avaliação de impactos ambientais

Existem diversos métodos de AIA que auxiliam na identificação, coleta e organização dos dados sobre os impactos ambientais de um determinado empreendimento, permitindo sua visualização e facilitando a interpretação pelas partes interessadas (ROCHA; CANTO; PEREIRA, 2005). Cardenas e Halman (2016) afirmam que a incerteza quanto à escolha do método é quase inevitável em AIAs. Tais avaliações envolvem situações em que há muitas opções possíveis de impactos a serem considerados.

Um dos instrumentos de AIA é a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), que objetiva a integração entre as considerações ambientais e os riscos e oportunidades estratégicas para auxiliar na tomada de decisões. A AAE envolve múltiplas áreas de saber e deve ser orientada pela transdisciplinaridade, a fim de permitir melhor abordagem do contexto em estudo e integrar concepções e perspectivas de agentes com diferentes formações, saberes,

experiências e visões de mundo, aumentando a efetividade da ferramenta (SILVA; SELIG, 2015).

Um estudo de caso, feito na Dinamarca, nas etapas de planejamento da extração de agregados para a construção civil, constatou que existe um paradoxo entre a AAE e a AIA convencional. Os resultados mostraram que a AAE é pode auxiliar o desenvolvimento da tomada de decisões no início do processo de planejamento, mas precisa estar vinculada à políticas, planos e programas para que seja realmente eficaz no que diz respeito à avaliação de impactos e estratégias para a mitigação e controle dos mesmos (BIDSTRUP; HANSEN, 2014). Portanto, a AAE é eficaz para auxiliar a tomada de decisão, em relação ao planejamento ambiental, pois considera os riscos e oportunidades relativos ao projeto.

Lobos e Partidario (2014), em seu estudo sobre a teoria e prática da AAE, concluem que os relatórios de avaliação de impactos ambientais devem ser elaborados de tal maneira que as ações sustentáveis possam ser, efetivamente, colocadas em prática. Para isso, a escolha do método de AIA se torna essencial, uma vez que, auxiliará na tomada de decisões ambientalmente corretas durante a instalação e funcionamento de um determinado empreendimento.

Wang, Yang e Xu (2006) destacam que os problemas da escolha do método de AIA são, muitas vezes, caracterizados por um grande número de fatores ambientais identificados que são de natureza qualitativa e só podem ser avaliados com base em julgamentos humanos. A dificuldade em relação às avaliações subjetivas deriva do fato de que, tais julgamentos, inevitavelmente, envolvem vários tipos de incertezas, como a imprecisão.

É necessário levar em conta a magnitude dos impactos, as possíveis interações entre eles, além da facilidade da verificação das suposições feitas. A incerteza também está presente quando não há acordo quanto aos critérios a serem usados para avaliar a importância, quando a eficácia das medidas de gestão de impactos é incerta, ou quando é difícil detectar as mudanças iniciais no ambiente (CARDENAS; HALMAN, 2016). Portanto, é necessário conhecer os métodos existentes para que se possa tomar a melhor decisão, que contemple os objetivos a serem avaliados. Dentre os métodos de AIA existentes, pode-se citar:

Quadro 1 – Métodos de avaliação de impactos ambientais

Método	Abordagem	Vantagens	Desvantagens	Fonte
Ad Hoc	Reuniões de especialistas de diversas áreas, que analisam os possíveis impactos ambientais causados pelo empreendimento a ser implantado.	Simples, de fácil entendimento e baixo custo.	Os resultados são subjetivos pois refletem as opiniões dos avaliadores.	CARVALHO; LIMA, 2010
Checklist	Baseado na listagem dos impactos, relacionando-os às características ambientais afetadas	Visualização de todos os fatores.	Não identifica os impactos diretos e indiretos e as características temporais.	SILVA, T., 2015
Matrizes de interação	Gráfico que relaciona os impactos da atividade com o fator ambiental afetado, através de uma listagem bidimensional.	Utilização de dados quantitativos e qualitativos.	Não fica clara a base matemática utilizada nos cálculos das escalas de pontuação.	CREMONEZ et al., 2014
Redes de interação	Diagramas, gráficos ou fluxogramas, que mostram os impactos resultantes de cada ação do empreendimento.	Visualização dos impactos secundários.	Impossibilidade de detectar a importância relativa dos impactos.	FARINACCIO; TESSLER, 2010
Superposição de cartas	Elaboração de mapas temáticos, com aspectos ambientais diferentes.	Boa visualização dos dados.	Não leva em conta a dados socioeconômicos.	SILVA, T., 2015
Simulação	Modelos matemáticos, nos quais são feitas simulações, que incorporam variáveis qualitativas e quantitativas.	Consideração sobre a dinâmica dos sistemas.	Alto custo.	CARVALHO; LIMA, 2010

Fonte: Autores.

Neste trabalho, foi aplicado o método Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que é uma técnica utilizada para a avaliação dos impactos associados a um produto, processo ou serviço, ao longo do seu ciclo de vida. Os impactos são avaliados desde a aquisição da matéria-prima, passando pela produção, pelo uso e pela disposição final. São consideradas as categorias: uso de recursos, saúde humana e consequências ecológicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2009a).

A ACV é uma técnica regulamentada pelas normas NBR 14040 (ABNT, 2009a) e NBR 14044 (ABNT, 2009b) e é composta por quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e fase de interpretação. O método auxilia na tomada de decisões quanto a viabilidade ambiental de um produto, escolha do tipo de processos produtivos e matérias-primas menos impactantes ao meio ambiente (ABNT, 2009a).

Nesse estudo, não foi feita a aplicação do método, como um todo, pois não há base de dados para o mineral diabásio. A adaptação dos dados para outro tipo de mineral, poderia gerar um quadro de incertezas significativo, comprometendo a avaliação de impactos ambientais. Portanto, foi feita a análise do ICV da brita, com o objetivo de fornecer subsídios para a criação de um banco de dados para o mineral diabásio.

Também foi elaborada uma matriz de impactos ambientais, com base em Vásquez (2012), a fim de conhecer e mensurar os impactos da atividade. A matriz contém uma lista de controle baseada em dois parâmetros, nos quais os impactos devem ser classificados: meio natural e meio humano. O meio natural é subdividido em duas categorias: físico-químico e físico-biótico. Cada fator recebe uma pontuação, sendo 0 para impacto nulo, 1 para menor impacto e 2 para maior impacto.

Assim os impactos foram ponderados e foi possível identificar a fase mais impactante do processo e o meio mais afetado. Através dessa análise foram propostas medidas mitigadoras, encontradas na literatura científica, que indicam formas para o desenvolvimento da atividade com responsabilidade e sustentabilidade.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse estudo é a pesquisa de campo, nas indústrias selecionadas, a fim de conhecer os impactos ambientais causados pela atividade, através da observação direta do funcionamento do processo de britagem. A pesquisa documental foi efetuada a partir de documentos públicos e privados, artigos científicos, livros, entre outros, que contém dados relevantes sobre o tema objeto desse estudo. Foi utilizado o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a fim de fazer o estudo bibliométrico do setor, no qual foi possível conhecer como o tema de mineração de brita vem sendo tratado pela comunidade científica.

Foram realizadas visitas às indústrias, com a finalidade de conhecer o segmento e identificar os impactos ambientais causados pelo setor. Durante as visitas foram feitos registros fotográficos e aplicados questionários conforme o Apêndice A. Além disso, foram feitas visitas à SEMAR e ao DNPM para a averiguação dos estudos ambientais, elaborados por essas indústrias, para a obtenção de licença ambiental. Os dados dos estudos foram comparados com a realidade das indústrias, a fim de averiguar a efetividade do processo de licenciamento ambiental.

O levantamento de impactos ambientais causados pelas indústrias de produção de brita foi feito através da observação do funcionamento da indústria e da coleta de informações com os gerentes e administradores. Para análise dos impactos foi utilizado o método ACV, a fim de construir o ICV da brita, de forma a contribuir com o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil), uma vez que não há banco de dados para o mineral diabásio. Para a coleta dos dados primários, foram realizadas visitas *in loco* à três indústrias de brita e os dados secundários foram obtidos na literatura científica e em relatórios especializados do setor.

Também foi elaborada uma matriz, com base em Vásquez (2012), para a avaliação de impactos, que relaciona os impactos ambientais com cada fase da atividade de mineração de brita, tornando possível conhecer e mensurar os impactos da atividade e as fases do processo que geram as alterações mais significativas no ambiente.

4 ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DO SETOR DE MINERAÇÃO DE BRITA

A exploração mineral é uma atividade essencial para a indústria moderna e indispensável para o desenvolvimento econômico do país. No presente trabalho é analisado o setor de mineração de brita e sua evolução nos últimos anos. A pesquisa foi feita através de uma análise bibliométrica no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no período de 2007 a 2017, tendo sido recuperados 354 trabalhos científicos de periódicos nacionais (Brasil) e internacionais, e em sites de associações e departamentos, que representam o setor, tais como: Departamento Nacional de Produção Mineral, *United States Geological Survey*, entre outros. Dentre os artigos analisados, 27% tratam do emprego direto da brita na construção civil através de pavimentação de estradas, ferrovias, fabricação de concreto e cimento para utilização em obras de habitações, saneamento básico e infraestrutura. 23% dos trabalhos recuperados tratam diretamente dos impactos ambientais da atividade, o que demonstra a necessidade de ampliação dessa abordagem nos estudos científicos sobre o setor. Os demais estudos estão relacionados a outros assuntos, como: reciclagem de resíduos de construção e demolição, transporte de material, ensaios laboratoriais, entre outros. Também foram identificados entraves do setor no âmbito econômico, político e ambiental, como o baixo índice de investimentos, a burocracia nos processos de licenciamento e a deficiência na recuperação das áreas degradadas. O período com a maior concentração de publicações foi de 2013 a 2016. Os países com maior número de publicações são EUA e China, com 17% e 14% do total, respectivamente, e as publicações brasileiras representam 3% do total, apenas. O Brasil tem se destacado, com uma produção de agregados equivalente aos maiores produtores europeus, no entanto, em relação à produção científica, sobre a mineração de brita, possui pouca representatividade frente ao cenário mundial. Portanto, nota-se a necessidade de ampliar os estudos científicos provenientes desse país, a fim de alcançar uma posição compatível com a sua importância como grande produtor de agregados para a construção civil.

Palavras-chaves: exploração mineral, mineração de brita, impactos ambientais, pesquisa bibliométrica.

4.1 Introdução

A produção de agregados para a construção civil é um importante indicador socioeconômico de um país, pois o seu consumo está ligado, diretamente, à quantidade de investimento em obras de infraestrutura, saneamento básico e habitação (LA SERNA; REZENDE, 2009). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define agregados como “material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassas e concreto” (ABNT, 2011, p.2). Assim, a pedra britada, em suas variadas granulometrias, é considerada como agregado natural para a construção civil.

O setor de mineração é responsável pela produção de tais insumos, cujo consumo reflete no bem-estar e melhoria da qualidade de vida da população. Os agregados para construção civil, embora sejam os minerais mais consumidos no mundo (ROSSI, 2013; ANEPAC, 2016), são produtos de baixo valor devido à sua abundância na natureza (FONSECA

JUNIOR; FERREIRA, 2012). Desse modo, os mercados são estritamente regionais e localizados próximos aos centros urbanos (CALAES et al., 2007).

É um setor que não demanda alta incorporação de tecnologia, pois exige uma pesquisa geológica simples (ALMEIDA, 2009; LA SERNA; REZENDE, 2009). Contudo, a atividade causa impactos ambientais. Portanto, se faz necessário que haja um planejamento ambiental de modo a minimizar os danos causados pela exploração de recursos minerais, como a brita (DE PAULA; SILVA; GORAYEB, 2014).

A responsabilidade social das empresas mineradoras consiste na maximização dos benefícios da indústria para a sociedade ao mesmo tempo em que há minimização dos impactos por elas causados. Essa responsabilidade, muitas vezes, vai além do simples cumprimento dos requisitos legais para a realização da atividade. Ela compreende o desenvolvimento econômico, proteção ambiental e contribuição social (VILLAS BÔAS, 2011). A sustentabilidade da indústria mineira requer a vigilância de todos os envolvidos: governos, acionistas, comunidades e indústria (MUDD, 2010).

Voulvoulis et al. (2013) afirmam que a crescente demanda por matérias-primas provenientes da mineração, faz com que a necessidade de gerenciar os recursos ambientais de forma sustentável se torne cada vez mais importante. A mineração pode integrar a gestão mais ampla dos recursos sustentáveis, desde que a necessidade de atender a demanda sobre os recursos, acompanhada de preços adequados que incluam todos os custos ambientais, esteja incluída numa perspectiva de gestão eficaz da produção, consumo e geração de resíduos.

O presente trabalho tem como objetivo analisar as características do setor de mineração de brita, a fim de compreender a evolução deste seguimento, com base, tanto na literatura científica, quanto nos departamentos e associações, nacionais e internacionais, que representam o setor. Por ser um setor em crescimento (VALVERDE; TSUSCHIYA, 2009), e pela sua importância para a economia, no que tange à geração de insumos indispensáveis para a indústria da construção civil, a atividade precisa ser realizada de forma ambientalmente responsável.

Foi constatado, nessa pesquisa, que a preocupação ambiental tem evoluído, embora timidamente, à medida que o setor cresce. Dos estudos analisados, 23% tratam diretamente sobre os impactos ambientais da mineração de brita, incluindo os fatores que afetam a saúde dos funcionários e moradores das comunidades do entorno das pedreiras, bem como os aspectos sociais gerados pela atividade.

Essa constatação tem sido evidenciada nos estudos sobre os impactos ambientais causados pela atividade, não só no Brasil, mas em todo o mundo. A preocupação em encontrar

soluções para a substituição da brita natural, através da reciclagem de resíduos da construção civil, é um indicativo de que esforços têm sido feitos na busca de alternativas ambientalmente sustentáveis, uma vez que a indústria da construção depende dos insumos gerados pelo setor.

4.2 Metodologia

O estudo foi realizado através de uma análise bibliométrica no Portal de Periódicos da CAPES, que é uma biblioteca virtual onde estão disponibilizados trabalhos científicos nacionais e internacionais. O portal possui um acervo de mais de 38 mil títulos, indexados em 134 bases de dados, além de livros, enciclopédias, normas técnicas, estatísticas e conteúdo audiovisual (PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES/MEC, 2017).

Segundo Silva (2016), a pesquisa bibliométrica, quando feita em uma única base de dados, pode produzir resultados inconsistentes que devem ser corrigidos com o auxílio de outras bases. A escolha do Portal de Periódicos da CAPES resolve esse problema, uma vez que indexa várias bases de dados, concentrando os resultados em um só lugar. No entanto, algumas bases possuem filtros mais detalhados, que possibilitam a identificação e quantificação do material recuperado de forma mais clara e concisa, diferente dos filtros encontrados no Portal.

A busca foi feita utilizando as palavras-chave: “*crushed stone*” / *mining AND quarry* / *mining AND aggregates* / *mining AND “environmental impacts”*. A utilização das palavras em inglês possibilita uma maior amplitude de resultados, uma vez que a literatura científica é, em sua maioria, publicada nesse idioma. A expressão “*crushed stone*” foi utilizada isoladamente, enquanto que as outras combinações foram agregadas com o operador booleano *AND*, a fim de recuperar uma maior quantidade de estudos relacionados ao universo da mineração de brita.

O recurso utilizado foi a “busca avançada”, no período de 2007 a março de 2017, aplicando como filtro o campo “assunto”, que recupera artigos que contenham os termos pesquisados tanto no título, como nas palavras-chave e no corpo do texto, possibilitando o acesso a um número maior de trabalhos. Para a expressão “*crushed stone*” foram recuperados 138 artigos, dos quais apenas um não faz parte do escopo desse estudo, por se tratar de um trabalho da área de robótica, sobre a construção de um robô com capacidade de locomoção em terrenos de brita (SPENKO et al., 2008). Com a inserção das outras palavras utilizadas nessa busca (*mining*, *quarry*, *aggregates* e “*environmental impacts*”), agregada à essa expressão, foram recuperados os mesmos artigos.

Em todas as combinações com a palavra *mining* foram recuperados trabalhos que não estão relacionados ao assunto principal desse estudo, como por exemplo: mineração de

ouro, cobre, carvão, ferro, sal marinho, além de resultados como mineração de dados matemáticos, estatísticos, eleitorais e de internet. Dessa forma, 25% dos artigos foram descartados, por não fazerem parte do escopo desse estudo. Alguns trabalhos apareceram em duplicidade, pois um mesmo periódico pode estar indexado em mais de uma base de dados. Sendo assim, oito artigos recuperados, enquadram-se nessa situação. Após a seleção, o total, recuperado e analisado foi de 266 trabalhos.

A fim de facilitar a identificação da abordagem dos artigos, fez-se a classificação dos mesmos de acordo com o assunto principal do texto. Para cada palavra-chave, os artigos foram separados em temas como: impactos ambientais; resíduos de construção e demolição; ensaios laboratoriais; fabricação de concreto, cimento e asfalto; geologia; tipos de mineração; entre outros. Assim, foi identificada a quantidade de trabalhos, para cada assunto abordado.

Além dos artigos científicos nacionais e internacionais, foram coletadas informações sobre o setor de mineração de brita, no Brasil, nos sites do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados (ANEPAC). Os dados sobre produção e consumo de cimento foram encontrados no site do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e são relevantes por serem o cimento e o concreto os principais subprodutos que utilizam a brita na sua fabricação.

As informações sobre o setor em outros países foram encontradas nos sites das seguintes organizações: *United States Geological Survey* (USGS), *Union Européenne des Produsteurs de Granulats* (UEPG) e *The Institute of Quarrying Australia* (IQA). Também, foi feito um levantamento a fim de conhecer os endereços eletrônicos das associações especializadas em mineração dos países que formam o BRICS e o MERCOSUL, por se tratarem de importantes blocos econômicos dos quais o Brasil faz parte.

Foi feito um levantamento nos Diretórios de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), aplicando a busca nos campos “nome do grupo”, “nome da linha de pesquisa”, “palavra-chave da linha de pesquisa e selecionando a situação “certificado”. As palavras-chaves utilizadas foram: mineração, agregados e brita. A relevância do levantamento desses dados é conhecer a quantidade de grupos que pesquisam sobre esses assuntos, no Brasil, a fim de saber como o assunto vem sendo abordado pela comunidade científica.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Análise bibliométrica

O resultado da análise bibliométrica sobre o setor de mineração de brita demonstrou que existe uma grande diversidade de assuntos relacionados ao tema. Para cada palavra-chave inserida na busca, foram recuperados artigos científicos que abordam os mais diversos tópicos, totalizando 354 artigos. Na Tabela 1 estão os resultados da quantidade de estudos recuperados para cada palavra-chave utilizada na busca:

Tabela 1 – Quantidade de artigos recuperados por palavra-chave

Palavras-chaves	Total de artigos
<i>“crushed stone”</i>	138
<i>mining AND aggregates</i>	120
<i>mining AND “environmental impacts”</i>	57
<i>mining AND quarry</i>	39
Total	354

Fonte: Autores.

Nas Tabelas 2 a 5, os artigos estão classificados de acordo com a quantidade de trabalhos encontrados, por assuntos abordados.

Tabela 2 – Abordagem dos artigos que contém a expressão *“crushed stone”*

<i>“crushed stone”</i>	
Assuntos abordados	Quantidade
Ensaio laboratoriais	17
Fabricação de concreto/cimento/argamassa	21
Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	15
Fabricação de asfalto	12
Impactos ambientais	12
Ensaio granulométricos	10
Construção civil – habitações/infraestrutura/saneamento	10
Isolante térmico/acústico	8
Construção de ferrovias	7
Construção de aterro sanitário	6
Equipamentos/processo de britagem	5
Influência da água/permeabilidade	4
Construção de barragens	2
Artigo sobre robótica	1
Licenciamento ambiental	1
Outros tipos de mineração de (areia/sal)	2
Testes sísmicos	1

Fonte: Autores.

O ano com a maior quantidade de publicações, para a expressão *“crushed stone”* foi 2007, com 15% do total de artigos recuperados. A menor quantidade de publicações ocorreu

em 2015, com 5% dos trabalhos. O país que tem o maior número de trabalhos publicados é a China, com 21% dos artigos, e o principal assunto abordado nas mesmas é a reciclagem de RDCs, para utilização na fabricação de cimento. Sendo a China o maior fabricante de cimento do mundo (SNIC, 2013), é esperado que o tema seja de interesse dos pesquisadores desse país.

O cimento é um dos principais produtos finais na cadeia produtiva de agregados. Por ser um produto de difícil substituição, a sua produção e consumo são importantes indicadores de investimento de um país, pois está presente em todos os tipos de construções. A China, em 2010, foi responsável por 55% do consumo mundial de cimento, seguida pela Índia, Estados Unidos (EUA) e Turquia. Nesse mesmo ano, o Brasil ocupava a 6ª posição entre os maiores produtores de cimento do mundo (SNIC, 2013).

Ainda sobre a produção científica chinesa, trabalhos revelam que a brita também tem outros usos, como isolante térmico, por exemplo. Um estudo desenvolvido em Qinghai–Tibet (China) demonstrou que as camadas de pedras esmagadas colocadas nas encostas laterais de aterros têm um efeito condutor térmico pela convecção natural intensa de poros no inverno e um efeito de escudo térmico no verão (LI et al, 2008).

Outro uso possível para o pó de brita é para isolamento acústico. Testes demonstraram que o painel de cimento extrudido, confeccionado com o pó de pedra triturada, em substituição à sílica em pó, satisfaz os requisitos de resistência, bem como de isolamento acústico (SONG; LEE; KIM, 2014). Percebe-se, portanto, a diversidade de usos possíveis para a brita, o que torna o produto indispensável para a indústria da construção civil.

O segundo país com o maior número de publicações, que contém a expressão “*crushed stone*” são os EUA, com 16% do total, seguido por Japão, com 8% e Coréia do Sul e Turquia, com 5% dos trabalhos, cada um. As publicações, com essa expressão, são provenientes de 35 países: Canadá, Irã, Índia, Etiópia, Malásia, Rússia, Suécia, Tailândia, Polônia, Colômbia, Dinamarca, Inglaterra, África do Sul, Austrália, Alemanha, República Tcheca, Grécia, Iraque, Nigéria, Marrocos, México, Iêmen, Argélia, Itália, Tunísia, Suíça, Nova Zelândia, Finlândia, França e Brasil.

Dentre os outros abordados com essa palavra-chave estão os trabalhos que abordam os diferentes equipamentos de britagem disponíveis no mercado. A escolha adequada dos equipamentos e a forma correta de manuseio dos mesmos também é um fator importante nas mineradoras de brita. Arriba et al. (2013) afirmam que o rendimento da pedreira pode ser aumentado escolhendo a direção de corte apropriada para os blocos primários, reduzindo os custos de extração e o impacto ambiental resultante. Essas melhorias implicam benefícios econômicos e ambientais porque mais blocos serão extraídos de uma única exploração e o

volume descartável diminuirá, proporcionando melhora no desempenho ambiental e comercial do empreendimento.

Nos estudos sobre impactos ambientais são abordados temas como: os problemas da gestão sustentável dos recursos minerais, na Polônia (BAK, 2008); consumo de energia para a produção de agregados (GUIMARAES et al., 2007); vibração do terreno, durante as explosões da rocha (ARMAGHANI et al., 2015); mudança nas características do solo (MA et al, 208); implantação de novas pedreiras (BARAKAT; OUARGAF; TOUHAMI, 2016), entre outros.

Na Tabela 3, está descrita a quantidade de trabalhos recuperados com as expressões *mining AND aggregates*, de acordo com o assunto principal abordado nos textos:

Tabela 3 – Abordagem dos artigos que contém a expressão *mining AND aggregates*

<i>Mining AND aggregates</i>	
Assuntos abordados	Quantidade
Minação de areia/ouro/carvão/ferro/cobre/xisto betuminoso/cristais de gelo	21
Fabricação de asfalto	19
Minação de dados matemáticos/estatísticos/internet/campanha eleitoral	13
Reciclagem de RCD	11
Ensaio laboratoriais	9
Fabricação de concreto/cimento	12
Impactos ambientais	9
Química marinha/agregados marinhos	7
Minação de dados sobre precipitação, chuvas, previsão do tempo	4
Equipamentos/processo de britagem	4
Estudos sobre saúde (doenças não provocadas por mineração)	2
Impactos sociais	2
Licenciamento ambiental	2
Transporte de agregados	2
Energia (eletricidade agregada)	1
Gestão e sustentabilidade	1

Fonte: Autores.

Para as expressões *minig AND aggregates*, a maior quantidade de publicações concentra-se nos anos de 2015 e 2016, com 18% e 20%, do total de artigos, respectivamente. O país que mais se destacou foi EUA, com 16% do total de publicações, seguido pela China, com 11% de trabalhos.

Foram recuperados, com essas palavras-chave, trabalhos relacionados à mineração de dados estatísticos, matemáticos, de internet, incluindo uma pesquisa eleitoral presidencial, dos EUA, em 2004 (SCHARL; WEICHSELBRAUN, 2008), que não fazem parte do escopo desse estudo. As publicações são provenientes de 38 países, sendo dezoito europeus, doze asiáticos, cinco americanos, incluindo o Brasil, dois africanos, um da Oceania.

Há vários estudos sobre a utilização de RCD em substituição aos agregados naturais. Um recente estudo desenvolvido na China demonstrou que as escórias de aço, utilizadas no lugar dos agregados para a fabricação de concreto, são mais resistentes e duráveis. A pesquisa provou que as escórias de aço utilizadas como agregado graúdo melhoram as qualidades físicas, mecânicas e de resistência do concreto (XI; XIANG; LI, 2016).

O resíduo de carvão é outro material que tem sido utilizado em substituição aos agregados naturais, para a fabricação de blocos de pavimentação. Ensaios laboratoriais mostram que os rejeitos de carvão podem ser utilizados numa proporção de até 50% na produção de blocos de concreto, gerando assim, uma produção mais limpa para o carvão mineral e reduzindo a exploração das jazidas de areia e brita (SANTOS, 2015).

Outros estudos laboratoriais, também, demonstram que os RCDs possuem propriedades que geram agregados de alta qualidade. Foram realizados ensaios de resistência à compressão, resistência à tração e resistência à flexão, bem como alguns ensaios não destrutivos, como a velocidade do pulso e os testes de martelo. A correlação entre os resultados obtidos nos diferentes testes foi analisada confirmando a qualidade dos agregados formados por resíduos de fontes diversas (KABIR; AL-SHAYEB; KHAN, 2016).

Dentre os impactos ambientais abordados com essa expressão, há alguns relacionados às mudanças nas propriedades do solo, como a contaminação causada por resíduos de mineração (STRAWN et al., 2012), erosão de áreas próximas a encostas de rios (HERAS, 2009; BRUNIER et al, 2014), indução de abalos sísmicos em áreas de extração mineral (HOLUB, 2007), entre outros.

Na Tabela 4, constam os artigos recuperados com as expressões *minig AND quarry*, separados, quantitativamente, por assunto:

Tabela 4 – Abordagem dos artigos que contém a expressão *mining AND quarry*

<i>Mining AND quarry</i>	
Assuntos abordados	Quantidade
Impactos ambientais	19
Geologia/análise química	12
Mineração de rochas ornamentais	4
Escavações/paleontologia	2
Mineração de dados matemáticos	1
Processo de britagem	1

Fonte: Autores.

A combinação das expressões *minig and quarry* recuperou a maior quantidade de artigos sobre impactos ambientais do setor, em proporção ao número total, sendo 48% de todos

os trabalhos encontrados. São abordados diversos tipos de impactos, como, por exemplo, a mudança na paisagem e planejamento urbano. A reconstituição paisagística, muitas vezes, se torna difícil, principalmente, quando não há um planejamento adequado das ações no início da exploração da jazida (MURESAN; GLIGOR, 2015).

A recuperação de áreas degradadas, em regiões de minas abandonadas (JOSA; JORBA; VALLEJO, 2012; UBAQUE; VACA; RODRÍGUEZ, 2014) é um impacto significativo do setor, assim como os impactos sobre a fauna (MILISA; ZIVKOVIC; HABDIJA, 2010), explosões da rocha (OZER et al., 2008; HE et al., 2012; VASOVIC et al., 2014), alterações na composição do solo (LUNA et al., 2016), entre outros.

Os impactos na saúde, causados por exposição à poeira de brita, fazem parte da rotina nas pedreiras. O desprendimento de material particulado (PENG et al., 2016) é inevitável, porém pode ser controlado. A instalação de aspersores de água é uma forma de diminuir a incidência de poeira, amenizando o desconforto tanto para os funcionários que trabalham no local, quanto para as comunidades vizinhas (CALAES et al., 2007). A poeira de brita pode causar doenças pulmonares (LIRA et al., 2012), que podem ser evitadas com uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como as máscaras faciais.

A maior quantidade de publicações ocorreu entre os anos 2010 a 2013, com 53% do total de trabalhos recuperados. Em 2009, apenas um artigo foi publicado. Os países com maior número de publicações foram Espanha e EUA, com 12% e 10% do total, respectivamente. Além desses, os países que possuem trabalhos relacionados à essa expressão são: Turquia, China, República Tcheca, Irã, Itália, Inglaterra, África do Sul, Austrália, França, Croácia, Romênia, Sérvia, Israel, Escócia, Nova Guiné e Eslováquia.

Na Tabela 5, estão relacionadas as quantidades de trabalhos recuperados para as expressões *minig AND “environmental impacts”*, de acordo com os assuntos abordados:

Tabela 5 – Abordagem dos artigos que contém a expressão *minig AND “environmental impacts”*

<i>Minig AND “environmental impacts”</i>	
Assuntos abordados	Quantidade
Mineração de carvão/cobre/fósforo/urânio/areia/calcário/granito	34
Impactos ambientais	13
Impactos sociais	7
Construção de hidrelétrica	1

Fonte: Autores.

Para a combinação das expressões *minig AND “environmental impacts”*, o ano com a maior quantidade de publicações foi 2011, com 15% dos resultados encontrados. No ano de 2010, ocorreu o menor número de publicações, com três trabalhos, apenas. Os países que

mais publicaram foram Brasil e EUA, com a mesma quantidade de trabalhos, sendo 14% do total, cada um. A Austrália, vem em segundo lugar, com 12% dos resultados, seguida pela Alemanha, com 8% do total. Outras publicações são originadas dos seguintes países: Índia, China, Turquia, Inglaterra, Chile, Canadá, Gana, Israel, Áustria, Nicarágua, Portugal, Grécia, Suíça, Espanha, República Tcheca, Irã, Quênia, Cuba, Equador, Bolívia e Noruega.

Para essa expressão, todos os artigos trazem em seu contexto impactos ambientais e/ou sociais de mineração. Dentre os assuntos abordados destacam-se: um estudo de caso feito em minas abandonadas, em Israel, sobre reabilitação de áreas degradadas, no qual foram analisadas várias pedreiras abandonadas, localizadas em áreas de conservação. A sugestão proposta pelo estudo é a reabilitação dos espaços abertos, através de projetos de desenvolvimento, com a finalidade de uso agrícola (MILGROM, 2008). No Brasil, esse problema é recorrente, uma vez que muitas empresas não se preocupam com a restauração das áreas degradadas (MECHI; SANCHES, 2010).

Na Turquia, foi feito um estudo para identificar as minas localizadas em áreas de abalos sísmicos e sua relação com as explosões da rocha. Através de técnicas de sensoriamento remoto, constatou-se que existem 721 minas operando ilegalmente, numa determinada região do país (KEKOVALI; KALAFAT, 2014). Um levantamento feito nos EUA, por sua vez, demonstrou as mudanças na vegetação, numa região de mineração de carvão (LI et al., 2015).

Dentre os impactos sociais da atividade destacam-se os conflitos com as populações vizinhas às pedreiras. A proximidade com os centros urbanos, gerada pela necessidade da redução dos custos com transporte, causa incômodos para a população que vive no entorno, principalmente, no que diz respeito à explosão da rocha. No entanto, existem ações mitigatórias, tais como, o uso de alarme sonoro no momento da explosão, mudança das frentes de lavra na direção contrária à comunidade, espaçamento adequado entre os furos para inserção dos explosivos, entre outras, que garantem a minimização dos conflitos e melhoria da convivência com a população (VASOVIC et al., 2014).

Um estudo sobre a percepção do conflito socioambiental em El Panguí, Equador, demonstrou que existem vários problemas associados às operações de mineração em grande escala do Projeto Mirador, naquela região. Apesar de não ser o único motivo para os conflitos, a mineração é o fator mais significativo, uma vez que a população teme o possível impacto socioambiental, à longo prazo. Na pesquisa foi constatado que é essencial estar atento à percepção das pessoas, porque os problemas ambientais podem levar a diferentes formas de conflito de acordo com o contexto econômico e sociocultural do local em análise (VÁZQUEZ; ESPINOSA; EGUIGUREN, 2016).

Dos 266 estudos recuperados, 28% tratam do emprego direto da brita na construção civil através de fabricação de asfalto para construção de estradas (AKACEM et al., 2016; HABAL; SINGH, 2016), construção de ferrovias (LIU et al., 2016); fabricação de concreto (FONTEBOA et al., 2011) e cimento (GALETAKIS; SOULTANA, 2016) para utilização em obras de habitações, saneamento e infraestrutura.

Assuntos como a viabilidade do transporte das minas para o consumidor final também são abordados. Na gestão sobre a distribuição espacial das reservas, o transporte deve ser considerado com atenção, pois a distância dos centros consumidores inviabiliza a comercialização da brita (AGUIRRE; HENNIÉS, 2010; BLACHOWSKI, 2014).

Os trabalhos sobre ensaios laboratoriais abordam vários tipos de testes, como: resistência da brita em asfalto, de acordo com a incidência do tráfego (HOWARD; WARREN, 2009); durabilidade, demonstrando a capacidade de degradação ao longo do tempo (ZHANG et al., 2013); temperatura, evidenciando que a brita é um eficiente isolante térmico para regiões frias (LAI; GUO; DONG, 2009), além de estudos geológicos (ENGIDASEW; BARBIERI, 2014).

Outro importante tema presente nos estudos é a sustentabilidade ambiental na atividade (MUDD, 2009; VATALIS, 2010; ONN; WOODLEY, 2014). Segundo Voulvoulis et al (2013), essa discussão requer uma abordagem mais integrada e interdisciplinar que considere as inter-relações entre recursos, pessoas e meio ambiente. A compreensão dos processos mais amplos que governam os recursos naturais ainda é limitada porque as disciplinas científicas usam diferentes conceitos e linguagens para descrever e explicar sistemas ecológicos complexos. O foco em componentes individuais, ao invés de sistemas mais amplos, impede o desenvolvimento de soluções mais efetivas e integradas para o gerenciamento de problemas ambientais, e mesmo econômicos e sociais, associados à mineração.

Além desses, são abordados também testes de reflexão solar, para diferentes tamanhos de pedra (QIN et al., 2016); análises de permeabilidade, indicando a granulometria ideal para diferentes tipos de pavimento (COLLINS; HUNT; HATHAWAY, 2008) e sua correlação com diferentes teores de retenção de água (BOHLOLI; HOVEN, 2007; JAMEI et al., 2011; OZCELIK; OZGUVEN, 2014); entre outros.

Dos trabalhos recuperados, 10% estão relacionados à reciclagem de agregados para uso como substituto para a brita natural. Estudos comparativos sobre a fabricação de concreto com a utilização de areia, brita e agregado reciclado tem confirmado a evidência de que os RCDs são eficientes na substituição dos agregados naturais (SHI-CONG; CHI-SUN, 2009; BRASILEIRO; MATOS, 2015), e que podem ser obtidos de vários tipos de materiais, como a

argila (CABALAR; ABDULNAFAA; KARABASH, 2016) e entulhos de construção (CAKIR, 2014), por exemplo.

A preocupação com a reciclagem tem sido crescente, tendo em vista a necessidade de conservação e diminuição da exploração das jazidas naturais, minimizando a degradação ao meio ambiente. No entanto, Ortiz; Tauta e León (2013) observam que a origem do agregado influencia na qualidade do asfalto, com destaque para a granulometria e densidade. Portanto, a substituição deve ser feita levando em conta esses fatores, para que a qualidade não fique comprometida.

Um total de 23% dos trabalhos, são exclusivamente sobre os impactos ambientais e sociais do setor. Embora em todos os artigos científicos que abordam a extração de brita e o seu emprego na construção civil, de alguma forma, exista a consideração sobre os impactos causados pela atividade, a quantidade de artigos que tratam especificamente do assunto é pequena, em relação ao total encontrado. Conforme afirmam Milisa, Zivkovic e Habdija (2010), os estudos sobre os efeitos de pedreiras têm sido realizados principalmente nos campos da geologia, geoquímica e gestão da paisagem, enquanto estudos sobre os efeitos ecológicos de pedreiras são poucos.

Nota-se, portanto, a necessidade da ampliação das pesquisas sobre esse assunto, uma vez que a exaustão de fontes naturais é um dos impactos mais importantes, que aumenta à medida que as minas e jazidas são exploradas (CALAES et al. 2008). Além desse, existem os impactos relacionados a mudanças na paisagem (HEID; HILL, 2010; SAHA; PADHY, 2011; MURESAN; GLIGOR, 2015), na morfologia e qualidade do solo (TABATABAEI; MOHAMMADI, 2013); vibração do terreno (OZER et al., 2008); desmatamento (UBAQUE; VACA; RODRÍGUES, 2014), afugento da fauna (MILISA; ZIVKOVIC; HABDIJA, 2010), poluição do ar (PENG et al., 2016) e sonora (CAMPOS, 2012), entre outros, que devem ser estudados, a fim de se criar estratégias de mitigação dos mesmos.

O setor enfrenta alguns entraves, nos âmbitos econômico, político e ambiental, que, também, são discutidos nos artigos. No Quadro 1, está representado o assunto abordado, com a respectiva fonte.

Quadro 1 – Entraves do setor no âmbito econômico, político e ambiental

	Entraves	Fonte
Econômico	Baixo índice de investimentos	Espinoza; Rojo (2017)
	Riscos de mercado	Magno (2015)
	Alto custo dos impostos e taxas	Takano; Flores; Lima (2016)
	Dificuldade de competitividade	Baumbach; Prado Filho; Fonseca (2013)
	Baixa incorporação de tecnologias, limitando o potencial produtivo	Arriba et al. (2013)
	Crises financeiras	Sinduscon-Pi (2017)
	Utilização insuficiente da capacidade produtiva	Calaes et al. (2008)
	Alto índice de informalidade	Almeida (2009)
Político	Deficiência de políticas específicas para o setor	Saengsupavanich (2012)
	Desencontro das atribuições dos órgãos ambientais	Jay et al., (2007)
	Burocracia no processo de licenciamento	Paiva; Oliveira; Bononi (2015)
Ambiental	Alto índice de clandestinidade	Kekovali; Kalafat (2014)
	Falta de fiscalizações pelos órgãos ambientais	Mechi; Sanches (2010)
	Deficiência na análise geológica	Robinson Junior; Larkins (2007)
	Aproveitamento insuficiente das jazidas	Barakat; Ouargaf; Touhami (2016)
	Não recuperação de áreas degradadas	Milgrom (2008)

Fonte: Autores.

Em relação ao total de trabalhos recuperados, a maior quantidade de publicações, por ano, está concentrada de 2013 a 2016, com 46% do total, revelando uma maior abordagem do tema nas pesquisas publicadas nos últimos anos. A distribuição dos trabalhos, nesse período (2013 a 2016) é proporcional, sendo a maior quantidade em 2014, com 13% do total, e 11% em cada um dos demais anos (2013, 2015 e 2016). A menor quantidade de publicações ocorreu no ano de 2012, com 6% do total de trabalhos. Em 2017, até a data da realização da pesquisa, em março, foram recuperados 6 artigos científicos.

Os países com maior número de publicações são EUA, com 17%, seguido pela China, com 14% do total de trabalhos. Os EUA são o maior produtor de agregados para construção civil, do mundo, fato que corrobora a quantidade de produção científica proveniente desse país. Em 2016, foram produzidos 1,48 bilhões de toneladas de brita, em cinquenta estados americanos, gerando uma movimentação financeira de 16,2 bilhões de dólares (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS, 2017).

A produção europeia de agregados, conforme dados da *Union Européenne des Producteurs de Granulates* (UEPG) (2015), foi de 2,66 bilhões de toneladas em 2015. Fazem parte desses dados 39 países, sendo 28 da União Europeia (EU) e outros países da *European Free Trade Association* (EFTA). O setor movimentou, anualmente, um valor de,

aproximadamente, 15 milhões de euros, o que demonstra sua importância estratégica como o material de construção mais consumido na Europa (UEPG, 2017).

Os países com maior produção de agregados, na Europa, em 2015, foram: Alemanha, com 545 milhões de toneladas; Rússia, com 509 milhões de toneladas e Turquia, com 500 milhões de toneladas (UEPG, 2017). Na Austrália, a produção é de 23 milhões de toneladas de agregados, por ano, dos quais 17 milhões são de brita e 6 milhões são areia e cascalho, segundo dados do *The Institute of Quarrying Australia* (IQA) (2012).

Segundo a ANEPAC (2017), a produção de agregados, no Brasil, em 2015, foi de 519 milhões de toneladas. Nota-se que a produção brasileira apresenta uma quantidade próxima dos maiores produtores europeus, embora seja menor que a dos EUA, e muito maior do que a Austrália, mesmo tendo um tamanho territorial equivalente. A participação brasileira, nessa pesquisa, em relação à publicação científica, totalizou 3% dos trabalhos. Portanto, há necessidade de ampliação dos estudos científicos sobre a mineração de brita, no Brasil.

O Brasil faz parte de dois importantes blocos econômicos que são o BRICS e o MERCOSUL. O BRICS é formado por: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul, que, juntos, formam um grupo de cooperação política e econômica, cujo objetivo é a colaboração mútua, a fim de promover o crescimento desses países emergentes (PETERSON, 2015). A produção científica desses países, recuperada nessa pesquisa, demonstrou a seguinte quantidade de trabalhos: Brasil (doze), Rússia (quatro), Índia (seis), China (56) e África do Sul (quatro).

Embora estejam geograficamente distantes, os BRICS conseguiram superar as limitações impostas pela localização territorial, adquirindo um perfil extra regional, por se tratarem de países com trajetórias semelhantes de crescimento econômico, fato que os caracteriza como um fenômeno gerado pela globalização (MEENA, 2013). No Quadro 2, são apresentados os endereços eletrônicos das principais associações especializadas sobre o setor de mineração em cada um dos países componentes do BRICS.

Quadro 2 – Organizações que representam o setor mineral nos países do BRICS

País	Associação	Link
Brasil	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)	http://www.dnpm.gov.br/
Rússia	<i>Union Européenne des Producteurs de Granulats (UEPG)</i>	http://www.uepg.eu/
Índia	<i>Indian Bureau of Mines (IBM)</i>	http://ibm.nic.in/
China	<i>China Mining Association (CMA)</i>	http://www.chinamining.org/
África do Sul	<i>Chamber of Mines of South Africa (CM)</i>	http://www.chamberofmines.org.za/

Fonte: Autores.

No portal do DNPM podem ser encontradas as informações sobre os processos minerários licenciados, no Brasil. O acesso aos informes e anuários minerais, que são emitidos periodicamente, é público, e descrevem todos os tipos de minerais que são explorados no país (DNPM, 2017). Os dados sobre a mineração na Rússia estão no site da UEPG, criado em 1987, com o objetivo de promover os interesses da indústria europeia de agregados. Identifica de forma pró ativa as iniciativas e políticas que podem afetar os produtores europeus, fornecendo aos membros do grupo informações breves e concisas, através de publicações periódicas e atualizações sobre o setor (UEPG, 2017).

A IBM foi criada em 1848, inicialmente apenas como um órgão consultivo. Atualmente, fornece informações úteis para o setor mineral, e é reconhecida como o Banco de Dados de Minas e Minerais da Índia (IBM, 2017). A CMA é uma associação jurídica aprovada pelo Conselho de Estado da República Popular da China, com membros que abrangem toda a indústria de mineração. O princípio da associação é promover o desenvolvimento da indústria de mineração, agindo como uma ponte de ligação entre as empresas e o governo (CMA, 2017).

A *Chamber of Mines of South Africa* (CM) é uma organização que apoia e promove a indústria mineira sul-africana. O principal objetivo da organização é facilitar a interação entre os empregadores de mineração e o governo, comunicando as principais políticas aprovadas pelos seus membros. Uma outra função vital da organização é representar alguns setores na negociação coletiva com o trabalho organizado (CM, 2017).

Outro bloco econômico de grande importância, do qual o Brasil faz parte, é o MERCOSUL, criado na década de 90, do século passado. Inicialmente, faziam parte do grupo apenas Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Atualmente, outros países participam como associados: Venezuela, Bolívia, Chile, Colômbia, Peru, Equador, Guiana e Suriname (PORTAL BRASIL, 2017). O bloco foi criado com o intuito de promover cooperação político-econômica entre os países membros, dada a posição geográfica dos mesmos. Os endereços eletrônicos das associações de mineração, em cada um desses países, estão relacionados no Quadro 3.

Quadro 3 – Organizações que representam o setor mineral nos países do MERCOSUL

País	Associação	Link
Brasil	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)	http://www.dnpm.gov.br/
Argentina	<i>Fundación para el Desarrollo de la Minería Argentina</i>	http://www.fundamin.com.ar/
Bolívia	<i>Ministerio de Minería y Metalurgia</i>	http://www.mineria.gob.bo/
Uruguai	<i>Ministerio de Industria, Energía y Minería</i>	http://www.miem.gub.uy/
Paraguai	<i>Ministerio de Minas y Energía</i>	http://www.ssme.gov.py/
Venezuela	<i>Instituto Nacional de Geología y Minería</i>	http://www.ingomin.gob.ve/
Chile	<i>Minería Chilena</i>	http://www.mch.cl/
Equador	<i>Ministerio de Minería</i>	http://www.mineria.gob.ec/
Peru	<i>Minería del Peru</i>	http://mineriadelperu.com/
Colômbia	<i>Sistema de Información Minero Colombiano</i>	http://www.simco.gov.co/
Guiana	-	http://www.gomiam.org/
Suriname	-	http://www.gomiam.org/

Fonte: Autores.

Todos os portais, citados no Quadro 3, contêm as informações mais relevantes sobre o setor minerário em cada país de origem. É importante ressaltar que não foram encontrados os endereços eletrônicos das associações da Guiana e do Suriname. Algumas informações, sobre o setor mineral nesses países, constam no portal *gomiam.org*, que trata dos dados sobre a mineração na Amazônia. Para esses países, a quantidade de artigos recuperados foi: Brasil (doze), Argentina (um), Bolívia (um), Chile (dois), Equador (um) e Colômbia (um). Nota-se a necessidade de ampliar as pesquisas científicas sobre mineração de brita nos países do Mercosul.

As demais produções científicas são provenientes dos mais diversos lugares do mundo. Foram encontrados trabalhos, resultantes de pesquisas, em 63 países diferentes, o que demonstra que o setor mineral de produção de agregados está presente em todo o mundo. Sendo assim, faz-se necessário ampliar os estudos dos impactos ambientais causados pelo segmento.

4.3.2 Recorte temático

Dos 354 artigos recuperados, 25% não foram analisados detalhadamente por não fazerem parte do escopo desse estudo. Alguns artigos tratam de mineração de dados matemáticos, estatísticos, de internet e campanhas eleitorais. Dois abordam assuntos relacionados à saúde, porém com o foco em tratamento de doenças não relacionadas à atividade de mineração, como Mal de Parkinson (BOUDREAU et al., 2009) e mutações celulares (SCUOTTO et al., 2016).

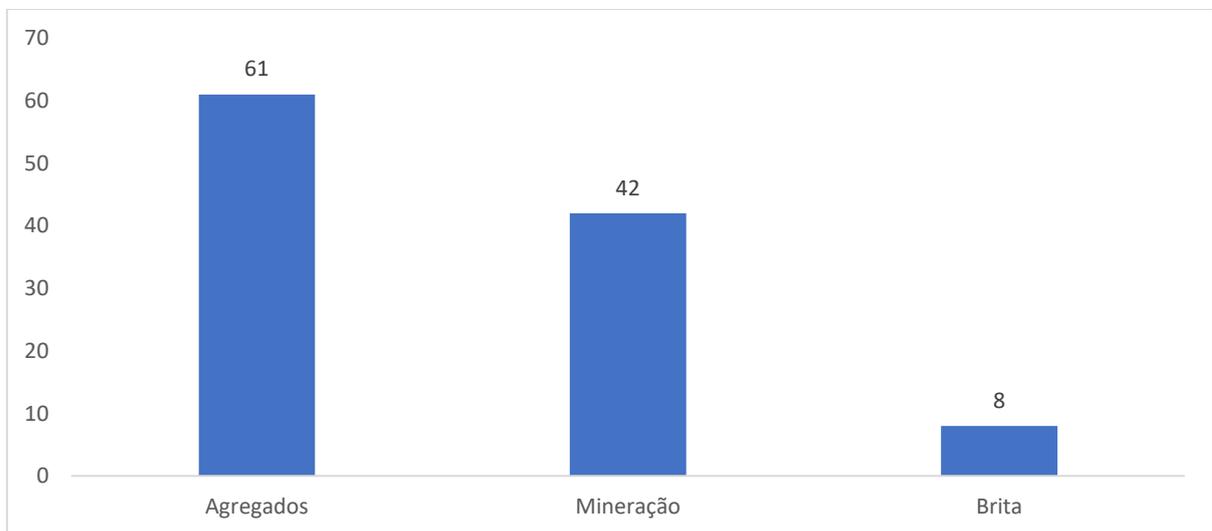
Com a utilização da combinação das palavras “*mining AND aggregates*” foram recuperados trabalhos com os mais diversos enfoques, por utilizarem essas palavras-chave no

corpo do texto, porém em contextos diferentes da mineração de brita. Dos artigos recuperados com as expressões *mining AND quarry*, dois tratam sobre escavações e estudos paleontológicos. Outros trabalhos estão relacionados a diferentes tipos de mineração como: cobre, ouro, ferro, xisto betuminoso, carvão, urânio, granito, fósforo, calcário, sal marinho. Embora essas atividades também sejam de extração, e causem diversos impactos ambientais, não fazem parte do escopo desse estudo, cujo foco é a mineração de brita para uso na construção civil, especificamente.

4.3.3 Grupos de pesquisa no Brasil

Existem, no Brasil, vários grupos de pesquisa que abordam temas relacionados à mineração de brita. A importância de conhecer esses grupos consiste em identificar em quais áreas do conhecimento encontram-se as pesquisas e quais os principais assuntos abordados. Na plataforma do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq, os grupos podem ser encontrados utilizando diferentes palavras-chave. A quantidade de grupos encontrada está listada na Figura 1:

Figura 1 – Quantidade de grupos por palavra-chave



Fonte: Adaptado de CNPq (2017).

A plataforma permite a busca por grupo, linha de pesquisa, pesquisador, estudante, técnico e colaborador estrangeiro. Porém, não há um filtro para selecionar os grupos por área, o que dificulta a procura, quando são usadas palavras muito abrangentes. A busca foi feita nos campos “nome do grupo”, “nome da linha de pesquisa”, “palavra-chave da linha de pesquisa” e selecionando a situação “certificado”.

As palavras-chave utilizadas foram: agregados, mineração e brita. Para a palavra mineração, inicialmente foram recuperados 352 grupos. Aplicando o filtro “setor de aplicação”, selecionando a seção “indústrias extrativas”, foram recuperados 42 grupos de pesquisa, cujos estudos relacionam-se à indústria de extração mineral. Também foi utilizado o filtro “região”, com o intuito de saber em qual região está concentrada a maior quantidade de grupos. Os grupos encontrados, pertencem às mais diversas áreas do conhecimento, conforme descrito na Tabela 6:

Tabela 6 – Quantidade de grupos de pesquisa por área do conhecimento para cada palavra-chave

Área do conhecimento	Agregados	Mineração	Brita
Engenharia civil	28	-	3
Agronomia	8	-	-
Física	7	-	-
Química	3	-	-
Engenharia de materiais e metalúrgica	2	1	2
Economia	2	-	-
Bioquímica	2	-	-
Geociências	1	13	-
Engenharia sanitária	1	-	-
Medicina	1	-	-
Engenharia agrícola	1	-	-
Engenharia de minas	1	11	2
Administração	1	-	-
Matemática	1	-	-
Engenharia dos transportes	1	-	-
Zoologia	1	-	-
Probabilidade e estatística	-	1	-
Ciência da computação	-	4	-
Direito	-	3	-
Geografia	-	2	-
Engenharia de produção	-	2	-
Engenharia química	-	1	-
Engenharia nuclear	-	1	-
Educação	-	1	-
Planejamento urbano e regional	-	1	-
Ciência política	-	1	-
Historia	-	-	1

Fonte: Adaptado de CNPq (2017).

Dentre os 111 grupos de pesquisa encontrados, 52% fazem parte da área de engenharias. A área de engenharia civil possui a maior quantidade de grupos, seguida pela área de engenharia de minas. Embora a quantidade de grupos da área de geociências não seja muito representativa, apenas 12%, é muito relevante que as pesquisas sobre a mineralogia das rochas sejam consideradas, em se tratando de agregados para utilização na construção civil.

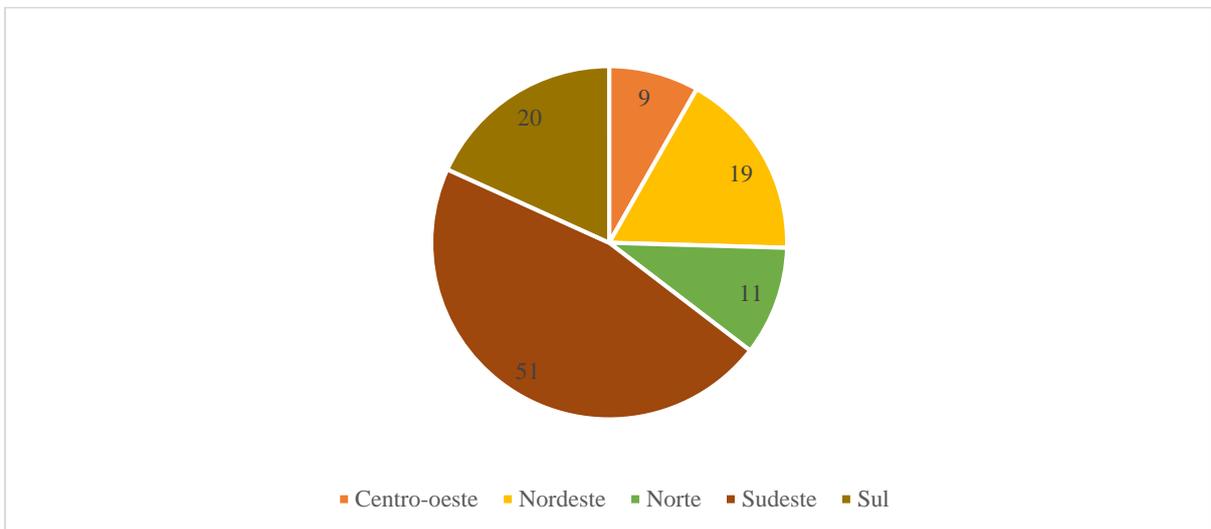
Um estudo geológico foi desenvolvido utilizando uma metodologia de engenharia reversa para a análise de revestimentos de edifícios históricos, aplicada ao estudo do edifício

do Parlamento Helénico, na Grécia. A composição química do revestimento original, a decomposição e a tecnologia de produção, foram avaliadas por análise granulométrica e térmica, bem como por difração de raios-X, verificando que a coloração do edifício resulta de uma pedra triturada, utilizada como agregado, sem a adição de quaisquer pigmentos (KAROGLOU et al., 2011). Esse estudo é um dos exemplos que evidencia a importância das pesquisas geológicas, pois demonstra que, com o passar do tempo, as características dos minerais, como a coloração, podem mudar.

Não há nenhum grupo de pesquisa sobre mineração relacionado à área de ciências ambientais, visto que essa área do conhecimento foi criada recentemente, em 2016. Alguns grupos, de outras áreas, migraram para ciências ambientais tendo em vista a afinidade dos temas pesquisados com as questões de meio ambiente. Em 2016, quando foi estabelecida essa nova divisão, haviam 52 grupos de pesquisa vinculados à essa área, no entanto, atualmente, esse número subiu para 72 grupos registrados.

Na Figura 2 estão representadas as quantidades de grupos, das mais diversas áreas, por região do Brasil:

Figura 2 – Grupos de pesquisa por região do Brasil



Fonte: Adaptado de CNPq (2017).

Os grupos de pesquisa são provenientes das mais diversas universidades, faculdades e instituições de ensino, tanto federais, como estaduais ou privadas. Dos seis grupos encontrados para a palavra “mineração”, no Nordeste, dois estão vinculados ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), e dois ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Para essa mesma expressão, dos seis grupos recuperados, na região Norte, quatro pertencem à Universidade

Federal do Pará (UFPA). Para a palavra “agregados”, dos cinco grupos da região Norte, dois são da UFPA e dois da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Estão vinculados ao estado do Piauí, para a palavra “mineração”, um grupo da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e um da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), ambos na área de ciências da computação. Para as demais palavras-chave, não foi recuperado nenhum grupo no estado do Piauí.

Na região Sudeste, especificamente no estado de São Paulo, está a maior produção e consumo de agregados do Brasil (ANEPAC, 2017), sendo também a região com maior quantidade de grupos de pesquisa relacionados a esse assunto, abrangendo 46% do total. A região Sul possui a maior quantidade de reservas minerais (DNPM, 2017), sendo a segunda região brasileira com maior quantidade de grupos de pesquisa. A região Centro-oeste possui a menor quantidade de grupos, com 8% do total encontrado.

Há uma grande diversidade de assuntos abordados, que vão desde legislações, planejamento, transporte, análises laboratoriais, entre outros. Porém o principal foco é a utilização dos agregados na construção civil, com relação ao emprego das melhores tecnologias de aproveitamento, tanto dos agregados naturais, como dos reciclados.

Muitos grupos, das mais diversas áreas, pesquisam sobre a sustentabilidade ambiental na atividade mineradora e, conseqüentemente, abordam os impactos ambientais do setor. No entanto, apenas um grupo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), tem como título “Impactos ambientais na mineração”, sendo esse grupo da área de engenharia nuclear. Mesmo assim, pode-se notar que a preocupação com o meio ambiente é um tema presente nos mais diversos grupos de pesquisa, o que é fundamental para a conservação da natureza, em se tratando do setor de mineração de brita.

4.4 Conclusão

O Portal de Periódicos da CAPES é uma ferramenta que auxilia a busca por trabalhos científicos, provenientes dos mais diversos lugares do mundo. A maior vantagem desse Portal é a grande quantidade de bases de dados indexadas, o que possibilita a concentração de muitas informações no mesmo lugar. São disponibilizados alguns filtros, como os que identificam as bases nas quais estão indexados os periódicos recuperados. No entanto, a quantificação não é feita, automaticamente, pelo Portal, sendo necessária a análise de cada trabalho para essa identificação. Algumas bases possuem esse recurso de forma mais clara, o que facilita o levantamento desses dados.

Na base Springer Link, por exemplo, após a inserção da palavra-chave, são recuperadas várias informações pertinentes à busca, como: tipo de conteúdo (artigo, capítulo de livro, trabalho de conferência); disciplina (engenharia, ciências da terra, meio ambiente); subdisciplina (engenharia civil, engenharia geotécnica, engenharia de fundações) e a linguagem (inglês, alemão, francês). Em cada um desses filtros, está explícita a quantidade de trabalhos recuperados. Os filtros da base de dados *Scopus* são parecidos com os da *Springer Link*, com a vantagem da quantificação automática por ano, que, também, não existe no Portal de Periódicos da CAPES.

Os trabalhos recuperados nessa pesquisa foram publicados em mais de 30 periódicos diferentes, sendo que a maior quantidade de artigos sobre a mineração de brita está disponibilizada nos periódicos *Construction and Building Materials* e *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Os trabalhos brasileiros aparecem com mais frequências nos periódicos Revista Escola de Minas e Ambiente e Sociedade, cujo escopo contempla temas relacionados com geografia e mineralogia.

A publicações foram encontradas, na sua grande maioria, em inglês, com mais de 90% do total, porém, também, foram recuperados trabalhos em espanhol, alemão, japonês e português. Isso mostra que artigos publicados em inglês possuem maior alcance em todo o mundo.

Da pesquisa, foi constatado que os países com a maior quantidade de publicações são EUA e China e o período que concentra o maior número de trabalhos é 2013 a 2016. O Brasil está caminhando lentamente em relação à produção científica sobre mineração de brita, apresentando um desempenho de apenas 3% do total de trabalhos recuperados. No entanto, tem se destacado como um grande produtor mundial de agregados, equiparando-se aos maiores produtores europeus.

Dentre os assuntos abordados, 28% tratam do uso da brita na construção civil, tendo em vista as melhores tecnologias de aproveitamento dos recursos, além da melhoria da qualidade dos subprodutos provenientes desse mineral, como o asfalto, o concreto e o cimento. A utilização de RCDs em substituição aos agregados naturais, representou 10% dos trabalhos recuperados. É um assunto que vem crescendo tendo em vista a necessidade da diminuição da exploração das jazidas naturais, a fim de garantir a conservação do meio ambiente.

Por ser um setor de exploração de recursos exauríveis, é imprescindível o estudo dos impactos causados pela atividade. A evolução desses estudos tem acontecido de forma tímida, como foi verificado na quantidade de trabalhos científicos que abordam o tema. Apenas

23% dos artigos trata dos impactos ambientais da mineração de forma direta, o que demonstra a necessidade de ampliação dos estudos referentes a esse assunto.

Dentre os grupos de pesquisa brasileiros, a maior quantidade encontra-se na área de engenharias e na região Sudeste. Embora ainda não existam grupos que pesquisam esse assunto dentro das ciências ambientais, os impactos ambientais do setor, bem como a gestão sustentável dos recursos naturais são temas presentes em grande quantidade dos grupos encontrados, nas mais diversas áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: **Agregados** – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

AGUIRRE, A. B.; HENNIES, W. T. Logística para agregados (brita e areia) em grandes centros urbanos. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 4, p. 639-643, 2010.

AKACEM, M.; BOUTELDJA, M.; CERESO, V.; HACHICHI, A. A method to use local low performances aggregates in asphalt pavements--an Algerian case study. **Construction and Building Materials**, v. 125, p. 290-303, 2016.

ALMEIDA, Salvador L. M. e LUZ, Adão B. **Manual de agregados para a construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009.

ANEPAC - Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil. In: **Agregados: Mercado**. 2017. Disponível em <<http://www.anepac.org.br/>>. Acesso em 15 abr. 2017.

ARMAGHANI, D. J.; MOMENI, E.; ABAD, S. V. A. N. K.; KHANDELWAL, M. Feasibility of ANFIS model for prediction of ground vibrations resulting from quarry blasting. **Environmental Earth Science**, v. 74, p. 2845–2860, 2015.

ARRIBA, M. F.; FERNANDEZ, M. E. D.; NICIEZA, C. G.; FERNANDEZ, M. I. A.; VIGIL, A. E. A. A computational algorithm for rock cutting optimisation from primary Blocks. **Computers and Geotechnics**, v. 50, p. 29–40, 2013.

BAK, B. R. Some problems of sustainable management of mineral resources in Poland. **Estonian Journal of Earth Sciences**, v. 57, n. 2, p. 75-79, 2008.

BARAKAT, A.; OUARGAF, Z.; TOUHAMI, F. Identification of potential areas hosting aggregate resources using GIS method: a case study of Tadla-Azilal Region, Morocco **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 774-790, 2016.

BAUMBACH, M. O.; PRADO FILHO, J. F.; FONSECA, A. Environmental management in small mining enterprises: comparative analysis of three Brazilian cases through the lenses of ISO 14001. **Revista Escola de Minas**, v. 66, n. 1, p. 111-116, 2013.

BLACHOWSKI, J. Spatial analysis of the mining and transport of rock minerals (aggregates) in the context of regional development. **Environmental Earth Science**, v. 71, p. 1327–1338, 2014.

BOHLOLI, B.; HOVEN, E. A laboratory and full-scale study on the fragmentation behavior of rocks. **Engineering Geology**, v. 89, p. 1–8, 2007.

BOUDREAU, H. S.; KROL, K. M.; EIBL, J. K.; WILLIAMS, L. D.; ROSSITER, J. P.; PALACE, V. P.; ROSS, G. M. The association of metal ion exposure with alpha-synuclein-like immunoreactivity in the central nervous system of fish, *Catostomus commersoni*. **Aquat Toxicol.** v. 92, p. 258-263, 2009.

BRASILEIRO, L. L., MATOS, J. M. E.; Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica.** v. 61, p. 178-189, 2015.

BRUNIER, G.; ANTHONY E. J.; GOICHOT, M.; PROVANSAL, M.; DUSSOUILLEZ, P. Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: The marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilisation. **Geomorphology**, v. 224, p. 177–191, 2014.

CABALAR, A. F.; ABDULNAFAA, M. D.; KARABASH, Z. Influences of various construction and demolition materials on the behavior of a clay. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 841-850, 2016.

CAKIR, O. Experimental analysis of properties of recycled coarse aggregate (RCA) concrete with mineral additives. **Construction and Building Materials**, v. 68, p. 17-37, 2014.

CALAES, G. D.; NETO, B. P. C.; MARGUERON, C.; AMARAL, J. A. G. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 1. **Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 4, p. 675-685, 2007.

_____. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 2. **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p. 47-56, 2008.

CAMPOS, N. L. F. **Avaliação de ruído em pedreira**. 2012. 82f. Monografia (Especialização) – Título de Especialista em Segurança do Trabalho. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

CM – Chamber of Mines of South Africa. In: **Purpose and Vision**. South Africa, 2017. Disponível em: <<http://www.chamberofmines.org.za>>. Acesso em 07 abr. 2017.

CMA – China Mining Association. In: **Introduction**. Beijing, China, 2017. Disponível em: <<http://www.chinamining.com.cn>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. In: **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

COLLINS, K. A.; HUNT, W. F.; HATHAWAY, J. M. Hydrologic comparison of four types of permeable pavement and standard asphalt in Eastern North Carolina. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 13, n. 12, p. 1146-1157, 2008.

DE PAULA, E. M. S.; SILVA, E. V.; GORAYEB, A. Percepção ambiental e dinâmica geológica: premissas para o planejamento e gestão ambiental. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 26, n.3, p. 511-518, 2014.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. In: **Anuário mineral brasileiro 2010 a 2014**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/mg20102014>>. Acesso em: 19 mai. 2017.

ENGIDASEW, T. A.; BARBIERI, G. Geo-engineering evaluation of Termaber basalt rock mass for crushed stone aggregate and building stone from Central Ethiopia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 99, p. 581–594, 2014.

ESPINOZA, R. D.; ROJO, J. Towards sustainable mining (Part I): Valuing investment opportunities in the mining sector. **Resources Policy**, v.52, p. 7-18, 2017.

FONSECA JUNIOR, C. A. F.; FERREIRA, G. E. Mercado de Agregados no Brasil. **XX Jornada de Iniciação Científica – CETEM**, Rio de Janeiro, 2012.

FONTEBOA, B. G.; ABELLA, F. M.; LOPEZ, D. C.; PAZ, S. S. Stress-strain relationship in axial compression for concrete using recycled saturated coarse aggregate. **Construction and Building Materials**, v.25, n. 5, p. 23-35, 2011.

GALETAKIS, M.; SOULTANA, A. A review on the utilisation of quarry and ornamental stone industry fine by-products in the construction sector. **Construction and Building Materials**, v. 103, p. 769-796, 2016.

GUIMARAES, M. S.; VALDES, J. R.; PALOMINO, A. M.; SANTAMARINA, J. C. Aggregate production: Fines generation during rock crushing. **International Journal of Mineral Processing**, v. 81, p. 237-247, 2007.

HABAL, A.; SINGH, D. Comparison of Wilhelmy plate and Sessile drop methods to rank moisture damage susceptibility of asphalt--aggregates combinations. **Construction and Building Materials**, v. 113, p. 351-366, 2016.

HE, M.; JIA, X.; COLI, M.; LIVI, E.; SOUSA, L. Experimental study of rockbursts in underground quarrying of Carrara marble. **International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences**, v. 52, p. 1–8, 2012.

HEID, N.; HILL, S. M. Biogeochemical sampling for mineral exploration in arid terrains: Tanami Gold Province, Australia. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 104, p. 105–117, 2010.

HERAS, M. M. Development of soil physical structure and biological functionality in mining spoils affected by soil erosion in a Mediterranean-Continental environment. **Geoderma**, v. 149, p. 249–256, 2009.

HOLUB, K. A study of mining-induced seismicity in Czech mines with longwall coal exploitation. **Journal of Mining Science**, v. 43, n. 1, p. 32-39, 2007.

HOWARD, I. L.; WARREN, K. A.; Finite-element modeling of instrumented flexible pavements under stationary transient loading. **Journal of Transportation Engineering**, v. 135, n. 2, p. 53-61, 2009.

IBM – Indian Bureau of Mines. In: **History**. India, 2017. Disponível em: <<http://ibm.nic.in>>. Acesso em 09 abr. 2017.

IQA – The Institute of Quarrying Australia. In: **Anual Reports**. Sidney, Australia, 2012. Disponível em: <<https://www.quarry.com.au>>. Acesso em 20 abr. 2017.

JAMEI, M.; GUIRAS, H.; CHTOUROU, Y.; KALLEL, A.; ROMERO, E.; GEORGOPOULOS, I. Water retention properties of perlite as a material with crushable soft particles. **Engineering Geology**, v. 122, p. 261–271, 2011.

JAY, S.; JONES, C.; SLINN, P.; WOOD, C. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 287–300, 2007.

JOSA, R.; JORBA, M.; VALLEJO, V. R. Opencast mine restoration in a Mediterranean semi-arid environment: Failure of some common practices. **Ecological Engineering**, v. 42, p. 183–191, 2012.

KABIR, S.; AL-SHAYEB, A.; KHAN, I. M. Recycled Construction Debris as Concrete Aggregate for Sustainable Construction Materials. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1518–1525, 2016.

KAROGLOU, M.; BAKOLAS, A.; KOULOUMBI, N.; MOROPOULOU, A. Reverse engineering methodology for studying historic buildings coatings: The case study of the Hellenic Parliament neoclassical building. **Progress in Organic Coatings**, v. 72, p. 202–209, 2011.

KEKOVALI, K.; KALAFAT, D. Detecting of Mining-Quarrying Activities in Turkey Using Satellite Imagery and its Correlation with Daytime to Nighttime Ratio Analysis. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 42, n. 1, p. 227–232, 2014.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a Construção Civil**. 2009. Disponível em: <http://www.sindibrita.org.br/servicos/agregados_para_construcao_civil.pdf> Acesso em 25 abr. 2017.

LAI, Y.; GUO, H.; DONG, Y. Laboratory investigation on the cooling effect of the embankment with L-shaped thermosyphon and crushed-rock revetment in permafrost regions. **Cold Regions Science and Technology**, v. 58, p. 143-150, 2009.

LI, G.; LI, N.; KANG, J.; NIU, F.; YU, W.; SHI, L.; BI, G. Study on design optimization of a crushed stone layer with shading board placed on a railway embankment on warm permafrost. **Cold Regions Science and Technology**, v. 54, p. 36–43, 2008.

LI, J.; ZIPPER, C. E.; DONNOVAN, P. F.; WYNNE, R. H.; OLIPHANT, A. J. Reconstructing disturbance history for an intensively mined region by time-series analysis of Landsat imagery. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, p. 557-574, 2015.

LIRA, M.; RABBANI, E. K.; BARKOKEBAS JUNIOR, B.; LAGO, E. Risk evaluation and exposure control of mineral dust containing free crystalline silica: a study case at a quarry in the Recife Metropolitan Area. **Work**, v. 41, p. 3109-3116, 2012.

LIU, J.; LIU, W.; LIU, P.; YANG, C.; XIE, Q.; LIU, Y. Preliminary research on the theory and application of unsaturated Red-layers embankment settlement based on rheology and consolidation theory. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 503-524, 2016.

LUNA, L.; PASTORELLI, R.; BASTIDA, F.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; MIRALLES, I.; SOLÉ-BENET, A. The combination of quarry restoration strategies in semiarid climate induces different responses in biochemical and microbiological soil properties. **Applied Soil Ecology**, v. 107, p. 33-47, 2016.

MA, W.; FENG, G.; WU, Q.; WU, J. Analyses of temperature fields under the embankment with crushed-rock structures along the Qinghai-Tibet Railway. **Cold Regions Science and Technology**, v. 53, p. 259-270, 2008.

MAGNO, L. Ordenamento territorial da mineração no Brasil e conflitos ambientais. **Geografias**, v. 11, n. 1, p. 84-107, 2015.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MEENA, K. BRICS: An Explanation in Critical Geography. **Contexto Internacional**, v. 35, n. 2, p. 565-593, 2013.

MILGROM, T. Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. **Landscape and Urban Planning**, v. 87, p. 172-179, 2008.

MILISA, M.; ZIVKOVIC, V.; HABDIJA, I. Destructive effect of quarry effluent on life in a mountain stream. **Biologia**, v. 65, n. 3, p. 520-526, 2010.

MUDD, G. M. The Environmental sustainability of mining in Australia: key mega-trends and looming constraints. **Resources Policy**, v. 35, p. 98-115, 2010.

MURESAN, G. A.; GLIGOR, V. The mining risks and the landscape impact on the regional system of the Apuseni Mountains. **Riscuri și Catastrofe**, v. 16, n. 14, p. 117-130, 2015.

ONN, A. H.; WOODLEY, A. A discourse analysis on how the sustainability agenda is defined within the mining industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 84, p. 116-127, 2014.

ORTIZ, O. J. R.; TAUTA, J. F. C.; LEÓN, A. L. Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo. **Revista Científica General José María Córdova**, v. 11, n. 12, p. 215-232, 2013.

OZCELIK, Y.; OZGUVEN, A. Water absorption and drying features of different natural building stones. **Construction and Building Materials**, v. 63, p. 257-271, 2014

OZER, U.; KAHRIMAN A.; AKSOY M.; ADIGUZEL D.; KARADOGAN A. The analysis of ground vibrations induced by bench blasting at Akyol quarry and practical blasting charts. **Environmental Geology**, v. 54, p. 737–743, 2008.

PAIVA, I. C. P. S. B. R.; OLIVEIRA, A. K. M.; BONONI, V. L. R. Análise da abordagem socioeconômica no contexto do licenciamento ambiental de empreendimentos sucroenergéticos no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 1, p. 97-110, 2015.

PENG, X.; SHI, G. L.; ZHENG, J.; LIU, J. Y.; SHI, X. R.; XU, J.; FENG, Y. C. Influence of quarry mining dust on PM_{2.5} in a city adjacent to a limestone quarry: Seasonal characteristics and source contributions. **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 940–949, 2016.

PETERSON, D. Transduction and BRICS. **Revista Internacional de Filosofia**, v. 38, n.3, p. 15-24, 2015.

PORTAL BRASIL. Mercosul (2017). In: **Saiba mais sobre o Mercosul**. Disponível em: <<http://www.mercosul.gov.br/saiba-mais-sobre-o-mercosul>>. Acesso em 20 abr. 2017.

PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES/MEC. In: **Histórico. 1990-2000: A criação do Portal de Periódicos**. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em 24 abr. 2017.

QIN, Y.; TAN, K.; LIANG, J.; LI, Y.; LI, F. Experimental study on the solar reflectance of crushed rock layer with different sizes. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 817-824, 2016.

ROBINSON JUNIOR, G. R.; LARKINS, P. M. Probabilistic prediction models for aggregate quarry siting. **Natural Resources Research**, v. 16, n. 2, p. 135-146, 2007.

ROSSI, E. **Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil**: estudo de caso. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. 2013. 150f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

SAENGSUPAVANICH, C. Unwelcome environmental impact assessment for coastal protection along a 7-km shoreline in Southern Thailand. **Ocean & Coastal Management**, v. 61, p. 20-29. 2012.

SAHA, D. C.; PADHY, P. K. Effects of stone crushing industry on Shorea robusta and Madhuca indica foliage in Lalpahari forest. **Atmospheric Pollution Research**, v. 2, n. 4, p. 463-476, 2011.

SANTOS, C. R.; TUBINO, R. M. C.; SCHNEIDER, I. A. H. Mineral processing and characterization of coal waste to be used as fine aggregates for concrete paving blocks. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 8, n. 1, p. 14-24, 2015.

SCHARL, A.; WEICHSELBRAUN, A. An automated approach to investigating the online media coverage of U.S. presidential elections. **Journal of Information Technology and Politics**. v. 5, n. 1, p. 121-132, 2008.

SCUOTTO, A.; ROMOND, P.C.; DJORIE S.; ALRIC M.; ROMOND M. B. In silico mining and characterization of bifidobacterial lipoprotein with CHAP domain secreted in an aggregated form. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 82, p. 653-662, 2016.

SHI-CONG, K.; CHI-SUN, P. Properties of concrete prepared with crushed fine stone, furnace bottom ash and fine recycled aggregate as fine aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 23, p. 2877–2886, 2009.

SILVA, E. A. Produção brasileira ‘visível’ em Avaliação do Ciclo de Vida. In: V CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA, 2016. Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: 2016. p. 1-6.

SINDUSCON – PI – Sindicato das Indústrias da Construção do Estado do Piauí. In: **Notícias**. Teresina, 2017. Disponível em: <<http://www.sindicatodaindustria.com.br/sindusconpi/>>. Acesso em 20 abr. 2017

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. In: **Relatório Anual**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>>. Acesso em 15 abr. 2017.

SONG, T. H.; LEE, S. H.; KIM, B. Recycling of crushed stone powder as a partial replacement for silica powder in extruded cement panels. **Construction and Building Materials**, v. 52, p. 105–115, 2014.

SPENKO, M. J.; HAYNES, G. C.; SAUNDERS, J. A.; CUTKOSKY, M. R.; RIZZI, A. A.; FULL, R. J.; KODITSCHKEK, D. E. Biologically Inspired Climbing with a Hexapedal Robot. **Journal of Field Robotics**, v.25, p.223-242, 2008.

STRAWN, D. G.; HICKEY P. J.; MCDANIEL, P. A.; BAKER, L. L. Distribution of As, Cd, Pb, and Zn in redox features of mine-waste impacted wetland soils. **Journal of Soils and Sediments**, v. 12, p. 1100–1110, 2012.

TABATABAEI, J.; MOHAMMADI, F. Environmental Effects of Mining Industries in Meymeh Region, North West of Isfahan. **APCBEE Procedia**, v.5, p. 388-393, 2013.

TAKANO, C. C.; FLORES, J. C. C.; LIMA, H. M. An Analysis of the Rate for Controlling, Monitoring and Supervision of Exploration and Mining Activities of Mineral Resources (TFRM). **Revista Escola de Minas**, v. 69, n. 1, p. 105-110, 2016.

UBAQUE, C. A. G.; VACA, M. C. G.; RODRÍGUES, C. F. A. Evaluación y diagnóstico de passivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. **Tecnura**, v. 18, n. 42, p. 90-102, 2014.

UEPG – Union Européenne des Producteurs de Granulates. In: **Current trends for the European Aggregates Sector**. Disponível em: <<http://www.uepg.eu/statistics/current-trends>>. Acesso em 19 abr. 2017.

UEPG – Union Européenne des Producteurs de Granulates. In: **Estimates of Aggregates Production data 2015**. Disponível em: <<http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data/data-2015>>. Acesso em 19 abr. 2017.

USGS – U. S. Geological Survey. In: **Mineral Commodity Summaries**, Virginia, U.S.A, 2017. Disponível em: <<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/>>. Acesso em 18 abr. 2017.

VALVERDE, F. M. e TSUCHIYA, O. Y. Agregados para a Construção Civil no Brasil. Comissão De Serviços De Infraestrutura Do Senado Federal. In: **ANEPAC – Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil**. Brasília, 2009. p. 40.

VASOVIC, D.; KOSTIC, S.; RAVILIC, M.; TRAJKOVIC, S. Environmental impact of blasting at Drenovac limestone quarry (Serbia). **Environmental Earth Science**, v. 72, p. 3915–3928, 2014.

VATALIS, K. I. Evaluation of sustainability by a population living near fossil fuel resources in Northwestern Greece. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 2581-2589, 2010.

VÁZQUEZ, L. S.; ESPINOSA, M. G.; EGUIGUREN, M. B. Perception of socio-environmental conflicts in mining areas: the case of the Mirador Project in Ecuador. **Ambiente & Sociedade**. v. 19, n. 2, p. 23-44, 2016.

VILLAS BÔAS, H. C. **A indústria extrativista mineral e a transição para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT/CNPq, 2011. 108 p.

VOULVOULIS, N.; SKOLOUT J. W. F.; OATES C. J.; PLANT, J. A. From chemical risk assessment to environmental resources management: the challenge for mining. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 7815–7826, 2013.

XI, J.; XIANG, X.; LI, C. Process improvement on the gradation uniformity of steel slag asphalt concrete aggregate. **Procedia Environmental Sciences**, v. 31, p. 627-634, 2016.

ZHANG, X.; ZHOU, X.; ZHOU, H.; GAO, K.; WANG, Z. Studies on forecasting of carbonation depth of slag high performance concrete considering gas permeability. **Applied Clay Science**, v. 79, p. 36–40, 2013.

5 EFETIVIDADE DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM INDÚSTRIAS DE BRITA BRASILEIRAS

Resumo

As indústrias de brita estão inseridas no ramo da mineração, uma vez que as suas atividades são caracterizadas pela extração e beneficiamento de pedras para a utilização como agregados na construção civil. O setor causa impactos ao meio ambiente que podem ser mitigados com a implementação de instrumentos de controle, a saber, o licenciamento ambiental, que têm por objetivo, efetuar o monitoramento das atividades potencialmente poluidoras. No presente trabalho são analisados os estudos ambientais de três indústrias localizadas na região de Monsenhor Gil, Piauí, Brasil, elaborados como requisito para a obtenção das licenças ambientais e mineral. Foram feitas visitas à Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR) e ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para verificação dos relatórios ambientais e dos processos de licenciamento ambiental e mineral. Também, foram feitas visitas às empresas analisadas, com o objetivo de confrontar os dados contidos nos estudos, com a realidade, e verificar a implementação das medidas mitigadoras propostas nos mesmos, através da observação das instalações e do funcionamento da indústria, e de entrevistas realizadas com os gestores responsáveis. Da pesquisa, foi constatado que, embora tenham sido cumpridas todas as etapas legais para a obtenção das licenças, os relatórios ambientais possuem falhas na elaboração, como, a falta de uma equipe multidisciplinar e o fato de alguns dados divergirem da realidade observada, diminuindo a confiabilidade em relação à avaliação dos impactos ambientais causados pelos empreendimentos. Além disso, o custo com a reposição ambiental não é contabilizado no valor final do produto e as medidas mitigadoras propostas não começaram a ser implementadas em nenhuma das indústrias, pois não possuem áreas de esgotamento mineral. Houve atraso, da SEMAR, na emissão das licenças dentro do prazo estabelecido pela lei e não há fiscalizações periódicas, tanto pelo órgão ambiental, quanto pelo DNPM. Destaca-se, ainda, que não foram requeridas audiências públicas e não há participação da comunidade nos projetos de educação ambiental, fatores que comprometem a efetividade do processo de licenciamento ambiental.

Palavras-chave: Indústrias de brita. Impactos ambientais. Produção de agregados. Licença ambiental.

5.1 Introdução

As indústrias de brita inserem-se no ramo da exploração mineral e são caracterizadas pela produção de agregados para a construção civil. A exploração mineral de brita é uma atividade que gera os insumos necessários para a melhoria da qualidade de vida da população, uma vez que a pedra britada é diretamente empregada em obras, tanto nos setores de habitação, como de saneamento básico, transporte e infraestrutura (VALVERDE; TSUCHIYA, 2009).

O setor de mineração caracteriza-se por ser potencialmente poluidor, pois causa diversos impactos ambientais, tais como: o esgotamento dos recursos naturais da mina, desmatamento da área da jazida, modificação e destruição da vegetação nativa (SAHA;

PADHY, 2011; TABATABAEI; MOHAMMADI, 2013), poluição sonora pela alta produção de ruídos, poluição do ar pela emissão de gases e poeira de brita, afugento da fauna, entre outros (CALAES et. al., 2008). A Constituição Federal, do Brasil, exige que todas as indústrias, enquadradas nessas condições, obtenham licença ambiental para o exercício de suas atividades (BRASIL, 1988a).

O licenciamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecido pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, necessário para empreendimentos e atividades com potencial risco de degradação ao meio ambiente (BRASIL, 1981). É um procedimento administrativo composto de três etapas, ou atos administrativos: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) (BRASIL, 1997).

Para a atividade de mineração de brita, é necessária, ainda, a obtenção da licença mineral, emitida pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). A licença mineral, tem as seguintes fases: 1) Concessão, na qual é feita a pesquisa para o início da exploração mineral; 2) Licenciamento, quando é concedido o requerimento e registro de licença; e 3) Permissão, na qual é emitida a permissão de lavra garimpeira para o início da exploração (BRASIL, 1997).

O objetivo do licenciamento é promover medidas de controle e conservação do meio ambiente. Em se tratando de um instrumento de caráter preventivo, torna-se uma forma legal de intervenção prévia do Estado nas ações de interesse público ou privado que possam causar qualquer forma de degradação ambiental (RODRIGUES, 2010; ZHOURI; OLIVIERA, 2012). Dessa forma, o licenciamento ambiental passa a ser um dos principais instrumentos de controle ambiental, uma vez que estabelece ações preventivas para a instalação de novos empreendimentos potencialmente poluidores (JAY et al., 2007).

Contudo, as barreiras enfrentadas no desenvolvimento do projeto político de licenciamento ambiental são percebidas pela limitação dos servidores em termos de autonomia de ação. Tal autonomia pode ser restringida por aspectos estruturais, como sobrecarga de trabalho, limitação orçamentária e regras burocráticas excessivas (SANTIAGO, 2016), que podem comprometer a efetividade do processo.

Segundo Almeida et al. (2012), existem metodologias, tais como, os métodos de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que auxiliam a análise da eficácia dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA), a fim de aferir a qualidade do estudo e das informações necessárias para a tomada de decisão quanto à viabilidade do empreendimento. Assim, questiona-se se esses instrumentos de controle ambiental, as licenças ambientais e a licença mineral, são eficazes na contenção dos danos ambientais causados pelo setor de britamento de pedras.

O objetivo do presente trabalho foi analisar os estudos ambientais de três indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil – PI, a fim de confrontar os dados com a realidade e verificar o cumprimento das medidas mitigadoras e de reposição ambiental propostas nos relatórios. Foram identificadas falhas na elaboração dos estudos, que comprometeram a AIA e a efetividade do licenciamento ambiental.

Foi verificado que o órgão ambiental não cumpre o procedimento dentro do prazo estabelecido na lei e não efetua fiscalizações periódicas. Da mesma maneira, o DNPM efetua fiscalizações apenas em caso de denúncias. Além disso, constatou-se que não houve pedido de audiências públicas e existe pouco monitoramento das atividades das indústrias, pela comunidade, além da falta de participação no projeto de educação ambiental, promovido por uma das empresas.

5.2 Metodologia

O estudo foi realizado através uma pesquisa direta na Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMAR), em Teresina – PI, onde foram obtidos os estudos ambientais, elaborados como requisito para obtenção das licenças ambientais, de três indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil – PI. As indústrias não serão identificadas e serão apresentadas como A, B e C. Os estudos puderam ser retirados do órgão ambiental e a cópia dos mesmos foi autorizada pelo servidor responsável, através de requerimento, devidamente protocolado.

Foram analisados os seguintes documentos: Relatório Ambiental Simplificado (RAS) e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) da indústria A; o Plano de Controle Ambiental (PCA) e PRAD da indústria B; Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) e PRAD da indústria C. Não foi possível o acesso ao relatório completo da indústria C, pois o órgão ambiental não disponibilizou todo o processo dessa empresa. A análise dos documentos possibilitou verificar se os estudos contemplaram todos os impactos ambientais causados pela atividade, além da confrontação dos dados previstos, com a realidade das indústrias, após a instalação.

Foi feita, também, uma visita à sede do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em Teresina, a fim de conhecer o procedimento para a obtenção da licença mineral, emitida por esse órgão federal. Foram realizadas visitas às empresas analisadas a fim de confrontar as informações contidas nos estudos ambientais com a realidade e verificar o cumprimento das medidas mitigadoras estabelecidas nos relatórios, através de observação das instalações e funcionamento das indústrias, e de entrevistas com os gestores responsáveis. Foi

elaborado um termo de confidencialidade, o qual foi entregue aos gestores das indústrias, e um termo de consentimento, assinado pelos mesmos, permitindo a coleta de dados.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Caracterização geral das indústrias

A indústria A opera desde 2014. É uma Sociedade Empresária Limitada e possui dois sócios. A área total da propriedade é de 54 hectares e o total de área desmatada para a instalação da indústria foi de 10 hectares, sendo 3 hectares a área ocupada pelo britador e instalações físicas. A autorização para o desmatamento, inicialmente, era de 7,18 hectares, porém foi feito um novo pedido, para a ampliação e regularização de mais 4,93 hectares, o qual foi concedido pela SEMAR. Portanto, a empresa está operando de forma regular, quanto à permissão de desmatamento.

Possui LO válida até 2018, emitida em 2014. O RAS foi elaborado por uma engenheira química e sanitária e por um engenheiro de minas, ambos com registro no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Piauí (CREA – PI). De acordo com Lages e Silva (2010a), a área de exploração solicitada pela empresa compreende dois processos junto ao DNPM. Um processo corresponde a 30 hectares e, o outro, a 24 hectares.

A indústria B iniciou as suas atividades em 2013. É uma Sociedade Empresária Limitada e possui quatro sócios. A área total da propriedade é de 50 hectares e o total de área desmatada para a instalação da indústria foi de 10 hectares, sendo 5.000 m² a área ocupada pelo britador e instalações físicas. A permissão para desmatamento é de 10,22 hectares, portanto a indústria opera regularmente, quanto à área desmatada.

Possui LO válida até março de 2017, emitida em 2013. O processo de renovação da LO foi iniciado, conforme informação do gestor da empresa. Porém, em função da crise econômica que o país enfrenta, a indústria suspendeu suas atividades no início de 2017, paralisando o processo de renovação da LO. Portanto, o processo não estava concluído até o final dessa pesquisa.

O PCA, da indústria B, foi elaborado por um geólogo, com registro no CREA – PI e um engenheiro químico, com registro no Conselho Regional de Química do Piauí (CRQ – PI). O Registro de Licença, emitido pelo DNPM, concede a autorização para a exploração de 49,56 hectares, pelo prazo de trinta anos, a partir de maio de 2012.

A indústria C foi instalada em 1998. Também é uma Sociedade Empresária Limitada, assim como as indústrias A e B e possui dois sócios. A área total da propriedade onde está instalada é de 397 hectares, sendo o total de área desmatada, 30 hectares e possui licença

para desmatar até 50 hectares. O empreendimento possui dois britadores instalados e em pleno funcionamento, abrangendo uma área mais ampla de exploração, o que justifica a licença para desmatar uma área maior do que nas indústrias A e B.

Possui LO válida até 2019, renovada em 2016. O PRAD foi elaborado por uma equipe formada por: um biólogo, especialista em ciências ambientais, com registro no Conselho Regional de Biologia (CRBio – 05); um geólogo, com registro no CREA – PA; uma química industrial, mestre em genética e toxicologia, com registro no CRQ – PI; um engenheiro mecânico, mestre em ciências dos materiais, com registro no CREA – PI.

O objetivo dos empreendimentos é a extração, beneficiamento e comercialização do mineral diabásio, em forma de brita de granulometrias diversas, para a utilização na construção civil. A justificativa para a instalação dessas empresas é a condição geológica favorável, que permite a atividade, na região, promovendo dinamização socioeconômica e contribuição para o desenvolvimento local.

De fato, o comércio de agregados para a construção civil cresceu, nos últimos anos, especialmente no estado do Piauí (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO PIAUÍ – SINDUSCON-PI, 2017). É evidente que essas indústrias contribuem atendendo à essa demanda, gerando empregos diretos e indiretos, além de incrementar a arrecadação do estado e do município através do pagamento de impostos.

5.3.2 Estudos Ambientais

Para que as licenças sejam requeridas, há necessidade da elaboração de um estudo ambiental, que pode ser um EIA/RIMA ou PCA, que contém relatórios, como o PAE, o RAS e o PRAD. A análise dos dados contidos nos relatórios demonstra que a importância desses estudos consiste na identificação dos impactos positivos e negativos para a viabilização da instalação do empreendimento, numa determinada região (RODRIGUES, 2010).

As indústrias A e C possuem EIA/RIMA, no qual os relatórios foram baseados. O EIA/RIMA é parte integrante e indissociável no processo de obtenção de licença ambiental. Nesse sentido, as empresas A e C cumpriram tal requisito exigido pela lei, a saber, a confecção do EIA/RIMA (BRASIL, 1997).

A empresa B possui PCA e PRAD. Tal situação está amparada pela Lei 1.356, de 03 de outubro de 1988, em seu § 7º, que admite a substituição do EIA/RIMA pela elaboração e apresentação de PCA, desde que contenha os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais avaliados na fase da LP (BRASIL, 1988b). Nesse contexto, a empresa B atendeu a exigência da lei com a confecção do PCA.

Embora o EIA/RIMA seja considerado por Paiva, Oliveira e Bononi (2015) um dos principais instrumentos para avaliação de impactos ambientais, a Lei ampara os estabelecimentos que optam por fazer o PCA, quando designado pelo órgão ambiental, desde que estejam dentro dos parâmetros estabelecidos (BRASIL, 1988b), para que a qualidade do relatório não seja comprometida.

Os principais itens que o estudo deve ter são: diagnóstico ambiental (físico, biológico e socioeconômico) da região, análise dos impactos ambientais, definição das medidas mitigadoras, programa de acompanhamento e monitoramento das atividades, objetivos e justificativas do projeto, além da caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência (BRASIL, 1986).

O estudo ambiental deve ser elaborado por uma equipe multidisciplinar. A formação da equipe deve levar em conta as áreas de atuação de cada profissional, tendo em vista, as questões referentes aos impactos ambientais e sociais da atividade. No Quadro 1 está a relação dos profissionais e a área de atuação correspondente, que poderiam/deveriam participar da elaboração do estudo ambiental de uma mineradora de brita:

Quadro 1 – Profissionais que devem participar de estudos ambientais, em mineradoras de brita, e a área correspondente.

Formação	Partes do estudo
Geólogo	Avaliação dos aspectos geológicos da área
Geógrafo	Avaliação dos aspectos geomorfológicos e topográficos da região da mina
Engenheiro de Minas	Avaliação do tipo de mineral da jazida
Biólogo	Avaliação dos aspectos florísticos/faunísticos
Cientista Social	Avaliação da influência do empreendimento na comunidade local
Cientista Econômico	Avaliação dos aspectos de geração de emprego e viabilidade econômica do projeto
Engenheiro Químico	Avaliação dos processos de contaminação de solo e cursos de água
Engenheiro Sanitarista	Avaliação da geração de efluentes e resíduos sólidos
Engenheiro Eletricista	Avaliação do consumo de energia elétrica para o funcionamento da indústria/identificação de fontes sustentáveis
Gestor/Engenheiro Ambiental	Avaliação da viabilidade/gerenciamento do uso dos recursos naturais

Fonte: Autores

Todos os profissionais que participaram dos estudos, das três indústrias, possuem registro nos conselhos regionais de suas áreas de atuação. A importância de possuir registro é que, com ele, o profissional está legalmente habilitado ao exercício da sua profissão, passando a portar a Carteira de Identidade Profissional, que tem validade de Carteira de Identidade Civil

em todo o território nacional, estando apto, assim, para atuar no mercado de trabalho (CREA – PI, 2017).

Os relatórios das empresas A e B não foram elaborados por uma equipe multidisciplinar, conforme estabelecido pela Resolução 1/86, de 23 de janeiro de 1986, do CONAMA (BRASIL, 1986). Segundo informação do fiscal ambiental da SEMAR, considera-se uma equipe multidisciplinar um grupo formado de, no mínimo, três profissionais, de áreas diferentes e complementares, para que todos os aspectos necessários em um estudo ambiental, sejam contemplados e abordados de forma confiável. Tanto a empresa A, quanto a empresa B, contaram, apenas, com dois profissionais na elaboração dos estudos.

Rodrigues (2010) salienta a importância de uma equipe multidisciplinar na avaliação dos processos de licenciamento ambiental. Segundo o estudo feito no estado de Minas Gerais, a interdisciplinaridade resulta em diminuição da burocracia nos processos de licenciamento, confiabilidade nos resultados dos relatórios ambientais, bem como promove a interlocução entre as diferentes áreas e atores possibilitando maior participação na discussão da política ambiental.

5.3.3 Quantidade de funcionários

Para o desenvolvimento das atividades, na indústria A, segundo o relatório, há necessidade de empregar 46 funcionários, distribuídos em funções variadas, tais como: gerenciamento (9), oficina mecânica e elétrica (6), unidade de beneficiamento (6), departamento de mineração e segurança do trabalho (2), lavra (12), perfuração e desmonte (9), cozinha (2) (LAGES; SILVA, 2010a).

A quantidade de funcionários prevista no estudo não condiz com a realidade da empresa. Conforme observado, durante as visitas, a empresa possui 10 funcionários, divididos nas seguintes funções: encarregado de pedreira (1), auxiliar de escritório (1), ajudante geral (1), operador de escavadeira hidráulica (1), operador de pá carregadeira (1), operador de britador (1), ajudante de britador (1), motorista de caminhão (1), vigia noturno (2).

Desse modo, observa-se que a justificativa da geração de empregos, contida no RAS, foi feita com base em uma quantidade maior de funcionários do que a necessária para o funcionamento da indústria. Segundo informado pelo gestor da empresa, a projeção foi feita baseada em um tipo de equipamento que necessita de uma quantidade maior de pessoas para ser operado.

No ato da aquisição, foi escolhido um conjunto de britagem altamente mecanizado, que dispensou a quantidade de operadores prevista. Além disso, o frete é feito totalmente por

empresa terceirizada, o que dispensou a contratação de motoristas de caminhão. A comunidade mais próxima, localiza-se à 500 m de distância e todos os funcionários que trabalham na indústria pertencem à comunidade local.

De acordo com o PCA, da empresa B, seria necessário um total de nove funcionários, distribuídos nas seguintes funções: encarregado (1), motorista (1), operador de máquina (2), ajudante (1), mecânico (1), vigia (1), cozinheiro (1), administrativo (1). No entanto, observou-se que a quantidade de funcionários é de dezoito pessoas, distribuídas nas seguintes funções: encarregado de pedreira (1), auxiliar de escritório (1), ajudante de britador (2), ajudante geral (3), operador de escavadeira hidráulica (1), operador de pá carregadeira (1), operador de britador (1), motorista de carreta (3), motorista de caminhão (1), vigia noturno (2), gerente administrativo e financeiro (1), faxineira (1). Os funcionários da empresa residem, tanto na comunidade próxima, como no município de Monsenhor Gil.

Ao contrário da indústria A, no PCA da indústria B consta uma quantidade menor de funcionários, do que a existente. Nesse caso, o gestor afirma que o equipamento de britagem previsto para compra era menor do que o que foi adquirido. Portanto, a necessidade maior de mão-de-obra. Outro fator decisivo na contratação de funcionários é o frete. Inicialmente, a previsão era de que o frete seria feito por empresas terceirizadas. No entanto, foram adquiridos caminhões e o frete passou a ser feito, em sua maior parte, pela própria empresa. Por esse motivo, foi necessária a contratação de motoristas, aumentando o quadro de funcionários.

A indústria C emprega 33 funcionários distribuídos nas seguintes funções: encarregado de pedreira (1), auxiliar de escritório (2), ajudante geral (6), ajudante de britador (5), operador de escavadeira hidráulica (1), operador de pá carregadeira (2), operador de britador (3), motorista de carreta (3), motorista de caminha de frete (3), motorista de caminhão interno (3), gerente administrativo e financeiro (1), faxineira (1), cozinheira (1), engenheiro (1). Não foi possível confrontar esses dados com o previsto no estudo, uma vez que não houve acesso ao estudo completo dessa indústria.

A inconsistência nos relatórios das indústrias A e B, em relação à quantidade de funcionários, é relevante, por ser a geração de empregos um fator viabilizador da implantação do projeto. Embora os dados sobre a empregabilidade disponíveis nos relatórios sejam divergentes da realidade, o fato é que as indústrias promovem a geração de empregos e, conseqüentemente, maior renda para os moradores da região. Isso traz dinamização para a economia regional, uma vez que a circulação de capital aumenta, movimentando o comércio local. A localidade é carente de indústrias, e os empreendimentos são importantes, uma vez que

se utilizam do comércio local para abastecimento dos diversos setores da empresa, tais como: suprimentos, ferramentas, alimentos, peças de reposição, combustíveis, entre outros.

5.3.4 Processo produtivo

O processo de beneficiamento do diabásio é feito através de um conjunto de operações que iniciam com a limpeza da área a ser explorada. Nessa fase, ocorre o desmatamento da área da jazida para que possa ser feita a detonação da rocha. A seguir, a rocha detonada passa pelo processo de britagem para obtenção de brita em quatro tipos de granulometria, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipo de brita e granulometria

Brita	Granulometria (mm)
Pó de brita	< 3,0
Pedrisco de brita	3,0 a 9,0
Brita nº 01	9,0 a 19,0
Brita nº 02	19,0 a 32,0

Fonte: Lages; Silva (2010a).

Segundo a Resolução nº 10, do Conselho Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano do Piauí (CONSEMA), de 25 de novembro de 2009, a previsão de produção deve, obrigatoriamente, ser especificada no relatório ambiental, pois essa informação é uma das determinantes para a classificação dos empreendimentos quanto ao tipo de relatório a ser apresentado: EIA/RIMA, RAS ou PCA (BRASIL, 2009).

A produção prevista no relatório da indústria A é de 60.000 m³ de brita por ano. De acordo com a visita feita à indústria, constatou-se que a produção média é de 20.000 m³ de brita por mês, portanto, a produção anual é de 240.000 m³ de brita. Sendo assim, a produção real ultrapassa em quatro vezes a quantidade licenciada, o que reduz o tempo de exploração da mina, levando à escassez dos recursos em menor tempo.

Segundo informação do gestor da indústria, a falha nessa projeção foi devido a escolha de um equipamento maior, no ato da compra do britador. É um dado importante a ser considerado, pois significa que o equipamento instalado não condiz com o licenciado. Outra razão é porque a empresa opera em turnos diferenciados (manhã, tarde e noite), aumentando a produção.

No PCA da indústria B não consta a previsão da quantidade de produção. A indústria produz 10.000 m³ de brita por mês, conforme informado pelo gestor responsável. De acordo com a Resolução CONSEMA 10/09, esse dado deve ser especificado, configurando a falha na elaboração desse estudo. Além disso, o órgão ambiental deveria ter condicionado o

licenciamento à apresentação dessa informação, pois essa responsabilidade é solidária (BRASIL 2004).

A previsão de produção total, para os dois britadores, da indústria C, é de 84.000 m³ por ano. No entanto, a produção real é de 20.000 m³ por mês, totalizando 240.000 m³ por ano. Assim como na indústria A, essa produção é superior ao total licenciado. A importância dessa informação refere-se ao monitoramento da quantidade explorada, que deve estar de acordo com a licenciada. Em caso de fiscalizações, em que é comprovada a exploração acima da quantidade licenciada, aplica-se uma multa que pode variar de R\$ 50,00 a R\$ 50.000.000,00, de acordo com a dimensão da infração (BRASIL, 2008).

5.3.5 Consumo de energia e água

A energia elétrica requerida, na indústria A, é do tipo convencional, gerada pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), cedida pela concessionária Centrais Elétrica do Piauí S/A (CEPISA).³ O consumo médio mensal, previsto no relatório, para o funcionamento da indústria é de 15.000 kVA. Foi prevista, a utilização de um gerador para suprir qualquer falha do sistema elétrico, o qual consumiria 30.000 litros de óleo diesel por mês.

Conforme observado durante as visitas, a indústria dispõe de dois geradores, com capacidades de 440 KWA e 260 KWA, que são acionados quando há queda na rede elétrica. Tanto o equipamento de britagem, como as instalações físicas (escritório, oficina), funcionam com energia elétrica. Não foi possível o acesso à informação sobre o consumo médio real de energia elétrica e de óleo diesel, pois esses dados não foram disponibilizados pelo gestor da indústria.

Segundo descrito no relatório, a fonte de fornecimento de água é um poço tubular, com profundidade de 120,0 m, revestimento com tubo de Policloreto de Vinila (PVC) do tipo geomecânico nos 20,0 m iniciais e o aquífero explorado é o Poti-Piauí, cuja finalidade é o uso doméstico e redução da suspensão de partículas no ar, durante a saída do pó de brita das peneiras. Na previsão, consta um reservatório de 5.000 litros, sendo seu abastecimento através de bomba submersa (LAGES; SILVA, 2010a).

Durante a visita, foi confirmada a utilização de água que é através de um poço artesiano com capacidade de 10.000 litros por hora e duas caixas de água para armazenamento de 10.000 litros de água. As caixas de água abastecem as dependências da indústria, como escritório, refeitório, banheiros, oficina e os aspersores de água das correias transportadoras do

³ Atualmente, a empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica no estado do Piauí é a Eletrobrás Distribuição Piauí

britador, para a diminuição da incidência de poeira. A indústria possui outorga para uso do poço artesiano.

Na indústria B, a energia necessária para o funcionamento do britador e do escritório é fornecida por um gerador com capacidade de 500 KWA. O consumo de óleo diesel para o funcionamento dos equipamentos e gerador, foi estimado em 10.000 litros/mês, de acordo com o PCA. Conforme observado, o gerador consome um total de 6.500 litros de óleo diesel por mês e as máquinas e frota, 13.500 litros. Portanto, o consumo real é o dobro do previsto, sendo, 20.000 litros por mês, provocando maior emissão de gases no ar.

A água é proveniente da rede pública do município de Monsenhor Gil, através da concessionária AGESPISA Água e Esgoto do Piauí S/A⁴. No PCA não está especificada a utilização de poço artesiano. Na visita pôde-se constatar que há um poço artesiano com capacidade de 3.000 litros por hora e caixas de água para armazenamento de 4.000 litros de água.

O processo de outorga para a utilização do poço artesiano está em andamento, segundo o gestor responsável. Essa situação está em desacordo com o procedimento para obtenção da LO, que só pode ser concedida mediante a emissão da outorga do poço artesiano (BRASIL, 1997). Nesse caso, o órgão ambiental concedeu a LO, descumprindo a observância desse requisito.

Segundo informações fornecidas pelo funcionário, que trabalha na indústria C, a energia utilizada para o funcionamento da indústria é proveniente da rede elétrica do município, com consumo médio de 25.000 kwh por mês. A empresa possui, também, dois geradores, com potência de 45 KWA, para auxiliar os dois escritórios.

O fornecimento de água é através de um poço artesiano com capacidade de 15.000 litros por hora. Possui caixas de água para armazenamento de 55.000 litros de água e outorga para a utilização do poço artesiano. O consumo de água é de 40.000 litros por hora, para abastecimento do sistema de aspersão, no britador, e das instalações físicas da indústria. Os dados sobre consumo de energia e água não puderam ser confrontados com os contidos no estudo ambiental devido a impossibilidade de acesso aos mesmos.

5.3.6 Diagnóstico ambiental

No diagnóstico ambiental da região, feito para a indústria A, é apresentada uma grande diversidade de fauna e flora, diretamente impactados com a instalação do

⁴ Atualmente, a concessionária responsável pela distribuição de água no estado do Piauí é a Águas de Teresina.

empreendimento. Embora no relatório exista a lista de espécimes tanto de plantas, quanto de animais, o levantamento dos dados não foi realizado por um biólogo, e não consta a informação da fonte utilizada para a coleta dessas informações. De acordo com classificação da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (2017) e da última atualização de espécies ameaçadas do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2014a; BRASIL, 2014b), nenhuma das espécies listadas está em risco de extinção.

As características geológicas e do solo, bem como a hidrologia e hidrogeologia estão relatadas de forma detalhada. A presença de um engenheiro de minas, na confecção do estudo, sugere maior credibilidade a esses dados, uma vez que esse profissional possui, dentre as suas atribuições, a competência para realizar esse tipo de análise.

Os dados sobre o clima e totais de precipitação foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura, através da estação meteorológica de Teresina – PI, e condizem com a realidade da região. A indústria A trabalha em diferentes turnos (manhã, tarde e noite), nos meses de seca (julho a novembro), para produzir estoques para os meses de chuva (dezembro a junho).

O estudo da indústria B traz um diagnóstico ambiental detalhado da região, abrangendo tanto a geologia regional, como a local, destacando os recursos hídricos, os aspectos climáticos, a quantidade de precipitação, os solos, a topografia, o relevo. A fonte de onde os dados climáticos foram retirados é o INMET, assim como o relatório da empresa A. A presença de um geólogo na elaboração do estudo promove uma maior credibilidade em relação a esses resultados, pois relacionam-se à sua área de formação. Sonter et al. (2014) afirmam que as áreas de mineração requerem formas diferentes de manejo do solo. Por isso a importância de profissionais dessa área do conhecimento para fazer esse tipo de avaliação.

Os dados faunísticos e florísticos não foram levantados e processados por um biólogo. O levantamento foi feito tendo como fonte registros bibliográficos e informações dos moradores da região, que, muitas vezes, não possuem o conhecimento científico necessário para a identificação das espécies que serão afetadas pela implantação do empreendimento. Porém são informações relevantes, pois as comunidades podem contribuir com conhecimentos tradicionais, que devem ser valorizados (ROCHA; BOSCOLO; FERNANDES, 2015). Não foram listadas espécies em extinção, assim como no relatório da indústria A.

A qualidade dos levantamentos de fauna e flora, nas indústrias A e B, foram comprometidos, o que influencia diretamente nas medidas de controle e mitigação de impactos ambientais. Os estudos basearam-se, apenas, em registros bibliográficos que contém as informações sobre a composição faunística e florística da região. A indústria B utilizou,

também, como fonte, as informações dos moradores da comunidade que, embora sejam relevantes, deveriam ter sido complementadas por um biólogo, que atestaria se esses dados estão atualizados e condizem com as espécies encontradas, além de informar corretamente o nome científico das espécies.

A análise dos dados meteorológicos é importante para o funcionamento desse tipo de indústria, uma vez que o equipamento não pode ser operado em condições de muita chuva. Nesse sentido, os dados foram coletados de fonte segura e informam sobre os meses com maior precipitação, garantindo a possibilidade de intensificar o trabalho nos meses de seca, utilizando-se do funcionamento das indústrias em diferentes turnos, como acontece na empresa A.

5.3.7 Diagnóstico socioeconômico

No RAS, da indústria A, há uma breve descrição histórica do município de Monsenhor Gil e do perfil socioeconômico da região. São informações que podem ser determinantes na avaliação da viabilidade de implantação de um empreendimento minerário, pois levam em conta dados sobre a geração de emprego e renda para a região. Portanto, devem ser processadas por um especialista na área das ciências sociais e econômicas de forma a garantir uma análise mais apurada dos dados.

No PCA, da indústria B, está mencionada a caracterização socioeconômica da região, destacando os aspectos históricos, população, distribuição de domicílios, entre outros. A fonte de onde os dados foram coletados foi o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A indústria possui um programa de educação ambiental, com o objetivo de envolver e conscientizar a comunidade a respeito da atividade mineral. Esse plano ainda não foi implementado, no entanto, o administrador afirma a intenção de colocar o programa em prática dentro dos próximos anos.

No PAE da indústria C, está descrita a avaliação econômica do projeto de lavra, bem como os aspectos envolvidos no processo de extração, beneficiamento e comercialização da reserva mineral. São partes integrantes do PAE, o plano de salvamento e resgate, o plano de emergência, que também constam no PCA da indústria B.

A indústria possui um projeto de educação ambiental, elaborado por Soares et. al. (2012), que visa desenvolver ações junto às comunidades vizinhas ao empreendimento, com o objetivo de despertar o interesse da população em relação à prática da exploração mineral e demonstrar o comprometimento da empresa com a conservação do meio ambiente e da qualidade de vida das pessoas residentes no entorno.

Um dos princípios da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), em seu artigo 2º, é a educação ambiental em todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade (BRASIL, 1981). O atendimento a esse princípio, demonstra o compromisso da empresa com a busca da conformidade ambiental. Segundo o funcionário da indústria C, foram feitas algumas tentativas de colocar o projeto em prática, através de reuniões e palestras para a comunidade próxima, no entanto, não houve participação.

5.3.8 Métodos de avaliação dos impactos ambientais

Os principais impactos ambientais das indústrias de brita, encontrados na literatura científica, são: o esgotamento dos recursos, desmatamento, modificação e destruição da vegetação nativa (SAHA; PADHY, 2011; TABATABAEI; MOHAMMADI, 2013; MURESAN; GLIGOR, 2015), afugento da fauna, entre outros (CALAES et. al., 2008). Além desses, existem os impactos na saúde dos funcionários e da comunidade do entorno, através da poluição do ar e sonora (IRAMINA et al., 2009; LIRA et al., 2012).

O desprendimento de material particulado e a alta intensidade dos ruídos não podem ser evitados, mas podem ser controlados. A utilização de aspersores de água diminui a incidência de poeira e as máscaras faciais protegem contra a inalação do pó de brita (LIRA et al., 2012). O uso de protetores auriculares protege contra a poluição sonora (IRAMINA et al., 2009). Nas indústrias A e C puderam ser verificados os aspersores de água nas correias transportadoras. A indústria B não instalou, ainda, esse dispositivo, mas, segundo o gestor responsável, existe a previsão de instalação dos mesmos.

Conforme observado durante as visitas, todos os funcionários das indústrias B e C utilizavam corretamente os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), que são: capacete, máscara facial, protetores auriculares, botas apropriadas e fardamento. A fiscalização por parte dos encarregados de pedreira, nessas indústrias, é rigorosa. Na indústria A, nem todos os funcionários estavam utilizando os EPIs, como as máscaras faciais e capacetes obrigatórios.

Na indústria A, para a avaliação dos impactos ambientais causados pelo empreendimento, foram utilizados critérios a partir do método de Leopold et al. (1971). Nesse método, os impactos são classificados de acordo com uma escala de caráter, significância, magnitude, temporalidade, reversibilidade, incidência, duração, importância e fase de ocorrência. Conforme a definição desses atributos, são propostas medidas mitigadoras e de compensação ambiental. Além desses, são abordados aspectos sociais, legais e reflexos econômicos (LAGES; SILVA, 2010a).

A metodologia escolhida para a avaliação dos impactos ambientais causados pela indústria B, é baseada no método proposto por Fogliatti, Filippo e Goudard (2004). Para cada impacto negativo identificado, é descrita a ação impactante e a proposta de medida mitigadora. Para os impactos positivos, tem-se apenas as ações impactantes, que, nesse caso, são benéficas e não requerem medidas mitigadoras.

A escolha do método de AIA deve ser feita levando em conta o que melhor atende as necessidades do projeto (ALMEIDA et al., 2012). Em ambos os casos, tratam-se de métodos de matrizes de interação baseados em uma listagem de controle bidimensional que relaciona as ações impactantes com os fatores ambientais impactados. Os métodos de matrizes de interação são amplamente utilizados para a confecção de EIA/RIMAs por sua facilidade de aplicação e confiabilidade na identificação dos impactos, tanto positivos, quanto negativos (WANG; YANG; XU 2006).

Vários exemplos podem ser mencionados, utilizando os métodos citados, como: AIA do processo de etanol (ALMEIDA; SANTOS; TORRES, 2014), AIA do processo da fabricação de biodiesel bruto de mamona (DAMASCENO; SAMPAIO; SANTOS, 2015), avaliação de impactos de vizinhança (BARREIROS; ABIKO, 2016), entre outros.

Não foi possível saber o método utilizado na elaboração do estudo ambiental da empresa C devido ao acesso restrito à documentação. No entanto, verificou-se que o PRAD dessa empresa foi elaborado por uma equipe multidisciplinar, composta de quatro profissionais, com especializações que complementam a área de formação de cada um, garantindo maior amplitude na abordagem das áreas do conhecimento.

5.3.9 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)

As diretrizes estabelecidas pelo PRAD, da indústria A, vão além da simples recuperação da área degradada. Os cuidados devem começar antes mesmo da instalação da empresa, durante o preparo da área a ser explorada (LIMA; FLORES; COSTA, 2006). De acordo com o relatório elaborado por Lages e Silva (2010b), a remoção da cobertura vegetal deve ser feita de forma controlada, de modo a proporcionar a minimização das áreas desmatadas, removendo somente o necessário.

A remoção da camada fértil do solo deve ser feita com máquinas apropriadas e o material retirado, armazenado para posterior aproveitamento. A alteração da conformação topográfica é inevitável devido ao grande volume de rocha retirado. No caso dessa localização, não é recomendável a reconstituição do relevo, tendo em vista que isso provocaria um significativo impacto adverso em outra área (LAGES; SILVA, 2010b).

A recomposição paisagística deve ser feita com base nos registros de imagens e filmes feitos durante todo o período de exploração. O gestor afirma ter feito os registros, porém não foram disponibilizados para consulta. O material retirado, como a serapilheira, deve ser recolocado na região explorada para que seja feito o replantio da vegetação suprimida, levando em conta fatores como: o desenvolvimento vegetativo, postos de erosão, espécies predominantes, adensamento e diversificação de espécies vegetais e aumento da umidade do solo (LAGES; SILVA, 2010b).

Observou-se, durante as visitas, que o material retirado no desmatamento foi separado e está armazenado numa área separada, para posterior aproveitamento, conforme estabelecido no PRAD. O monitoramento tem sido feito, com respeito à observação do limite de desmatamento, permitido pela licença ambiental.

Existe o cuidado quanto ao descarte de óleos, graxas, combustíveis e outros materiais que podem causar contaminação do solo. A área de abastecimento, próxima ao tanque de combustível, foi construída de modo que os materiais provenientes de vazamento acidental não penetrem no solo. Esses resíduos são coletados por empresas homologadas, para a posterior reciclagem.

Foi constatada, durante a visita, a observância quanto ao destino dos rejeitos, como restos de alimentos, resíduos de banheiro, que são coletados pela prefeitura. A Lei 12.305, de 12 de agosto de 2010, determina que os materiais que não podem ser reaproveitados de nenhuma maneira, sejam coletados pela prefeitura e depositados nos locais adequados (BRASIL, 2010). Embora não haja aterro sanitário, ou controlado, no município de Monsenhor Gil – PI, a prefeitura recolhe os rejeitos.

As ações estabelecidas, no PRAD da indústria B, são divididas nas seguintes etapas: 1ª Etapa: delimitação das áreas a serem recuperadas, quando é feito o dimensionamento das áreas a serem exploradas; 2ª Etapa: avaliação da sensibilidade dos fatores ambientais que compõem a paisagem; 3ª Etapa: seleção e implantação da vegetação e tratos culturais; e 4ª Etapa: monitoramento, que deve ser feito durante todo o processo de exploração até o fechamento da mina (BARROS FILHO; BORGES, 2012).

Conforme relatado pelo gestor e observado nas visitas, o monitoramento das atividades vem sendo feito no que tange à observância do limite de desmatamento, verificação de pontos de erosão e aumento ou diminuição da umidade do solo. Os rejeitos são separados e recolhidos pela prefeitura do município assim como acontece na indústria A. Os resíduos, tais como, óleos, lubrificantes, graxas e combustíveis, são armazenados em galões apropriados e recolhidos por empresas de recuperação de óleo, para posterior reciclagem.

O PRAD, da indústria C, estabelece os cuidados no preparo das áreas a serem exploradas, descrevendo a maneira como deve ser feita a remoção da camada fértil do solo e a estocagem do material, para posterior reutilização. O relatório não recomenda a reconstituição do relevo, pois essa ação demandaria um impacto significativo em outra área (SOARES, et. al., 2012). A recomposição paisagística, segundo o relatório, deve ser feita com base nos registros fotográficos feitos antes da exploração ser iniciada.

No PRAD, dos três empreendimentos, consta a descrição detalhada da maneira como as empresas farão a recuperação da área após o fechamento da mina e ao longo do processo de exploração. Conforme Lima, Flores e Costa (2006), as áreas degradadas devem ser recuperadas de tal forma que sejam devolvidas à comunidade em condições de reuso. Desde que sejam cumpridas as diretrizes estabelecidas pelo PRAD, as indústrias têm condições de promover a reabilitação das áreas degradadas, a fim de garantir o seu uso futuro.

Viana e Bursztyn (2010) constataram em seu estudo, realizado em mineradoras de Minas Gerais, que a maioria dos empreendimentos de minerais não metálicos, como as mineradoras de brita, descumprem as exigências do licenciamento e das normas ambientais. Muitos operam sem a preocupação de preservar remanescentes de vegetação nativa ou recuperar áreas degradadas.

Muitas vezes, as medidas mitigadoras propostas nos relatórios ambientais de algumas empresas são exclusivamente para a obtenção das licenças e, provavelmente, não serão implementadas no futuro. Nas indústrias estudadas, ainda não é possível verificar a implantação das medidas de longo prazo uma vez que não possuem áreas de esgotamento mineral. No entanto, as ações compensatórias, devem ser feitas, na medida do possível, concomitantemente à exploração mineral, a fim de obter a máxima restituição do ambiente degradado (GONÇALVES E LIRA, 2012).

Existe uma alternativa para a compensação ambiental, quando ainda não há áreas de exaustão mineral, que é fazer a reposição da vegetação em algum local próximo ao empreendimento que, por algum motivo, foi degradado (BRASIL, 2001). Nenhuma das indústrias analisadas procede dessa forma, alegando que a compensação será feita na mesma área da exploração, quando cessarem os recursos minerais.

Embora as três indústrias tenham cumprido as exigências legais do licenciamento ambiental, e exista a preocupação em cumprir as determinações do PRAD no que diz respeito à recuperação das áreas degradadas, os gestores afirmam não contabilizar, no valor final do produto, o custo com a compensação ambiental. Esse dado é relevante, uma vez que a recuperação ambiental é obrigatória e deveria estar acontecendo concomitante à exploração.

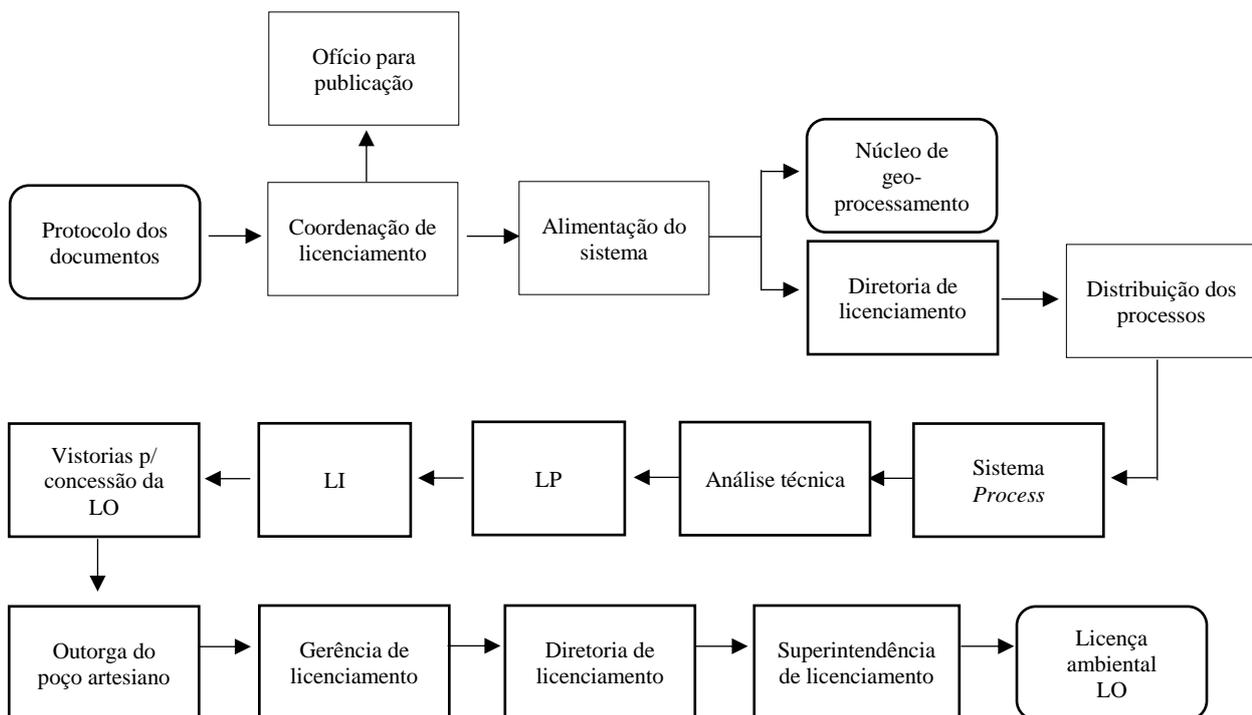
O esgotamento dos recursos é inevitável, pois, uma vez que os minerais são extraídos da natureza, não há possibilidade de reposição dos mesmos. O procedimento para a recuperação da área irá gerar despesas para as indústrias, que deveriam ser repassadas, a fim de que a aplicação das medidas não fique comprometida pela falta de recursos financeiros.

Mesmo apresentando as falhas apontadas nessa pesquisa, os relatórios foram elaborados com todas as informações necessárias, exigidas no Manual de Normas e Procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral, do IBAMA, (BRASIL, 2001). Sendo assim, através da análise dos estudos, feita pelo órgão licenciador, foram concedidas licenças ambientais para as três indústrias estudadas.

5.3.10 Licenciamento ambiental

A dinâmica do processo de licenciamento ambiental está descrita no fluxograma da figura 1:

Figura 1 – Fluxograma do processo de licenciamento ambiental



Fonte: Fiscal ambiental da SEMAR

A primeira etapa do processo consiste na apresentação da documentação, juntamente com o estudo ambiental, desenvolvido pela empresa. Dentre os documentos exigidos, destacam-se: memorial descritivo do projeto, formulário de requerimento preenchido, cópia dos documentos pessoais do representante legal da empresa, cópia do Cadastro Nacional

de Pessoa Jurídica (CNPJ), Guia de Recolhimento (GR) do custo da licença, planta de localização do empreendimento, entre outros (MMA, 2004)

Em seguida, os documentos são protocolados e recebem um número de protocolo. A documentação segue para a coordenação de licenciamento, ocasião em que é emitido o ofício para publicação em mídias sobre o pedido de licenciamento. As três indústrias tiveram o pedido publicado em jornal de circulação local, conforme verificado nos arquivos.

A lei exige que empreendimentos extrativistas, que possuam EIA/RIMA, tenham seu pedido de licenciamento comunicado para a sociedade, através de mídias locais, como os jornais (BRASIL, 1997), para que possam ser requeridas as audiências públicas. O órgão ambiental promove a realização de audiência pública quando julga necessário, ou quando solicitado por entidade civil, pelo Ministério Público, ou por cinquenta ou mais cidadãos. A solicitação deve ser feita no prazo de até 45 dias, a partir da publicação (BRASIL, 1987).

No caso das indústrias analisadas, não houve pedido de audiências públicas. Um dos fatores que pode limitar a manifestação da sociedade é a falta de acesso às informações. Muitas vezes, as pessoas, dessas comunidades, não possuem conhecimento suficiente dos procedimentos, para que possam se organizar e fazer o requerimento de audiência pública, ou até mesmo, não tem acesso às publicações. Portanto, nem sempre, a falta de envolvimento dos residentes do entorno das indústrias, em conhecer os empreendimentos e seus impactos ambientais e sociais, é motivada por desinteresse.

A sociedade tem o direito de participar do processo de licenciamento, até mesmo contestando a instalação de empreendimentos passíveis de gerar impactos negativos significativos, que possam afetar as comunidades vizinhas (JASKOSKI, 2014). Além disso, desempenha um papel fundamental no acompanhamento das medidas mitigadoras, podendo participar através de denúncias, exigindo a fiscalização em caso de situações que estão em desacordo com a lei (JOHN E ODORISSI, 2014).

A próxima fase é quando o processo é colocado no sistema da SEMAR e, conforme o caso, segue para o núcleo de geoprocessamento ou para a diretoria de licenciamento. No caso das indústrias pesquisadas, os arquivos foram enviados à diretoria de licenciamento, que faz a distribuição dos processos através do sistema *Process*. Os processos passam pela análise técnica e, quando viáveis recebem a LP e, em seguida a LI. Na fase de instalação são feitas as vistorias para a emissão da LO e é emitida a outorga do poço artesiano.

Segundo fiscal ambiental da SEMAR, a LO só pode ser concedida mediante a outorga do poço, o que torna os processos interligados e dependentes. Nota-se o descumprimento desse requisito pelo órgão ambiental, na indústria B, que recebeu a LO sem

que o processo de outorga estivesse concluído. O processo segue para revisão pela gerência de licenciamento, passa novamente pela diretoria de licenciamento até chegar ao superintendente de licenciamento, que concede a LO tornando o empreendimento apto para funcionamento.

O processo de licenciamento da indústria A foi feito num prazo de dezesseis meses, desde a emissão da LP até a conclusão, com a emissão da LO. Esse prazo está em desacordo com a lei, que estabelece o máximo de doze meses para a emissão das licenças ambientais (BRASIL, 1997). O tempo para a emissão das licenças ambientais da indústria B, desde o protocolo da requisição, passando pela emissão da LP e LI, até, finalmente, ser emitida a LO, foi de quinze meses. Portanto, do mesmo modo, a SEMAR, não cumpriu o prazo estabelecido na lei, na indústria B. Tanto a indústria A, como a B, nunca receberam fiscalizações.

Não foi possível saber o tempo de execução do processo de licenciamento da indústria C, devido ao acesso limitado à documentação disponível. Houve uma fiscalização, pela SEMAR, em 2017, conforme informado pelo funcionário, devido a uma denúncia de acúmulo de resíduos sólidos na estrada que dá acesso à indústria. A empresa foi notificada e foi estabelecido um prazo para a retirada e encaminhamento adequado dos mesmos, o que foi feito, resolvendo o problema, sem a necessidade de aplicação de multas.

De acordo com informação fornecida pelo fiscal da SEMAR, o prazo para a conclusão de um processo de licenciamento depende de muitos fatores, dentre eles, a entrega da documentação exigida, dentro das normas pré-estabelecidas. Normalmente, quando há interesse político ou quando o requerimento provém de uma grande empresa, que possui um estudo ambiental bem elaborado e entrega todos os documentos de forma adequada, o prazo é diminuído. Porém, atualmente, com a deficiência na quantidade de fiscais e na infraestrutura do órgão, esse prazo tem se estendido além do estabelecido pela lei, podendo chegar até cinco ou seis anos.

Em outras partes do mundo, esse tempo é diferente. Na Tailândia, por exemplo, uma vez que os relatórios de AIA são submetidos para consideração, o tempo para aprovação pode ser de 56 dias (SAENGSUPAVANICH, 2012). O prazo de execução de um processo de licenciamento é um fator de grande relevância, pois, se for muito curto, pode significar uma análise superficial, em que alguns aspectos referentes aos impactos ambientais do projeto podem ser desconsiderados.

Em relação à falta de fiscalizações periódicas, a justificativa é a carência de fiscais. A última seleção, feita através de concurso público, para o ingresso de novos servidores, ocorreu em 2009, sendo que 100 vagas foram disponibilizadas, porém, atualmente, existem

apenas dezenove servidores na ativa. Portanto, com o quadro atual, não é possível executar toda a demanda de atividades e, ainda, efetuar fiscalizações periódicas.

Outro problema é a falta de infraestrutura adequada. Não existem carros disponíveis para os fiscais, além da falta de verba para a compra de combustível e para as diárias, em caso de deslocamento para outras cidades, tornando inviável a prática de fiscalizações. Assim, faz-se necessário aumentar o quadro de fiscais ambientais e melhorar as condições de trabalho para que a determinação da lei, quanto às fiscalizações, possa ser cumprida pelo órgão ambiental.

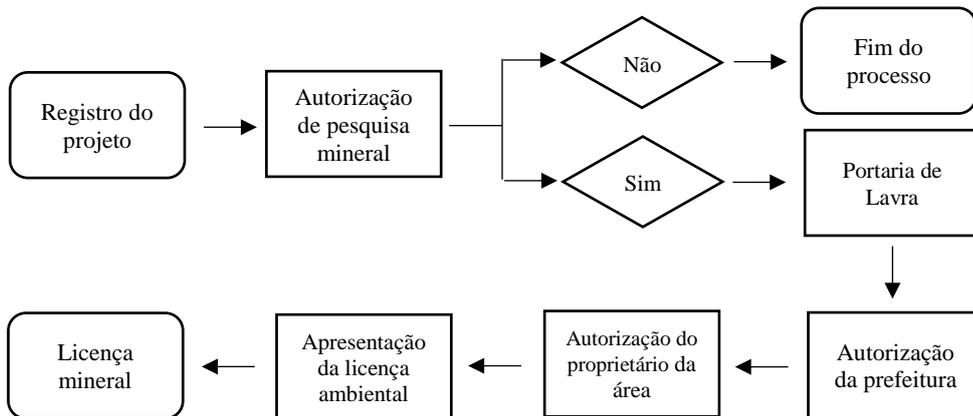
Fonseca, Sánchez e Ribeiro (2016) afirmam que, no Brasil, propostas têm sido feitas com o intuito de pressionar o governo para uma reforma no sistema atual do processo de licenciamento, impulsionadas por uma percepção geral de ineficácia. A baixa capacidade institucional das agências governamentais é um dos principais fatores. As propostas devem ser consideradas como soluções potenciais para aumentar a confiabilidade da AIA, objetivando simplificar e racionalizar o sistema, bem como, a qualidade da tomada de decisão.

Na Colômbia, melhorias no processo têm sido motivadas pelo Plano de Desenvolvimento Nacional, cujos objetivos são: unificação dos critérios para licenciamento, atualização dos termos de referência para os estudos de impactos ambientais, ajuste dos procedimentos e manuais para a avaliação dos estudos ambientais e aumento na fiscalização durante o procedimento. Essas ações têm melhorado a eficiência do licenciamento, nesse país, no que diz respeito ao envolvimento do governo em criar políticas de proteção ao meio ambiente (SAMPER, 2015) e devem servir de modelo para outros países.

Bond, Fischer e Fothergill (2015) salientam que, para haver eficácia nos processos de licenciamento, é preciso que haja convergência entre vários mecanismos: processual, judicial, avaliativo, agências públicas e governamentais, profissionais e agências de desenvolvimento. A interação entre esses mecanismos promove a efetividade na avaliação de impactos ambientais e, conseqüentemente, melhora o desempenho do processo de licenciamento ambiental.

5.3.11 Licenciamento mineral

As três indústrias analisadas possuem licença mineral, emitida pelo DNPM, vigente na data da coleta das informações. A licença mineral tem um prazo de validade diferente das licenças ambientais, podendo ser, até indeterminado, segundo o superintendente do DNPM. A atuação do DNPM segue os passos descritos fluxograma da figura 2, conforme informação dada pelo superintendente da agência, no estado do Piauí:

Figura 2 – Fluxograma do processo de licenciamento mineral

Fonte: Superintendente do DNPM

O primeiro passo para a obtenção da licença mineral é a apresentação do projeto, solicitando a autorização para a pesquisa mineral, que tem validade de três anos, podendo ser renovada. Uma vez confirmada a presença do mineral a ser explorado, como o diabásio, no caso das indústrias de brita pesquisadas, é emitida uma portaria de lavra, concedendo a autorização para a exploração.

Há uma tarifa a ser paga mensalmente pelas indústrias, a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CEFEM), como parte do custo ambiental da exploração de recursos naturais não renováveis, que é calculada sobre o valor do faturamento líquido, quando o produto mineral for vendido. A alíquota aplicada para indústrias de brita é de 2% sobre o faturamento líquido.

Os recursos recolhidos com a CEFEM são aplicados em projetos que, direta ou indiretamente, beneficiem a comunidade local, melhorando a infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação (DNPM, 2004). Embora a maioria dos países admita o uso de compensações, nem todos exigem sua implementação, como acontece no Brasil (VILLARROYA; BARROS; KIESECKER, 2014).

Uma vez concedida a autorização para exploração, o produto é enquadrado como “material de construção de uso imediato”. Os próximos passos são a obtenção da autorização da prefeitura do local onde a indústria será instalada, que deve ser renovada anualmente, e a apresentação da autorização do proprietário da área a ser explorada.

Por fim, é necessária a entrega da licença ambiental. No caso de não haver sido concluído o processo de licenciamento, a indústria tem um prazo de até sessenta dias para apresentar a licença. Dessa forma, a licença mineral está vinculada à licença ambiental, uma vez que o DNPM não emite a licença mineral sem que antes seja concedida a licença ambiental.

Durante o tempo de operação da indústria, até seu fechamento, devem ser emitidos relatórios anuais de lavra, pelas indústrias, indicando a condição da área e o avanço da exploração. Dentre as funções do DNPM, destacam-se: promover o planejamento e o fomento da exploração mineral, superintender as pesquisas geológicas, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional (DNPM, 2017).

Nenhuma das indústrias estudadas recebeu fiscalização do DNPM após o início das atividades, segundo informado pelos gestores. Conforme informações fornecidas pelo superintendente, o órgão fiscaliza os empreendimentos minerários apenas na fase de solicitação da pesquisa de lavra e no fechamento da mina, ou quando existem denúncias. Não são executadas fiscalizações periódicas por falta de fiscais. Em função de cortes orçamentários e na folha de pagamento, atualmente, no Piauí, existe apenas um técnico responsável pelas fiscalizações, além do próprio superintendente, que ajuda na realização desse serviço.

Outro motivo, que pode gerar a fiscalização, é quando o empreendedor solicita o aumento da área de exploração. Muitas vezes o projeto é feito sobre determinada área e, com o tempo, percebe-se que há uma grande quantidade de produto que não foi contemplada na portaria de lavra. É possível a realização de um novo pedido, desde que seja apresentado o projeto de ampliação da área de exploração. Nesse caso, o DNPM analisa o requerimento e, em caso positivo, autoriza a ampliação da área a ser explorada.

A agência do DNPM, no estado do Piauí não obedece ao princípio estabelecido na lei no que diz respeito à realização de fiscalizações periódicas (BRASIL, 2001). A falta de fiscalizações é sempre um risco, em relação ao meio ambiente, pois parte do pressuposto de que os empreendedores cumprirão as leis e executarão as medidas estabelecidas pelo PRAD. A cobrança da taxa mensal, é justa, desde que esses recursos financeiros sejam, efetivamente, aplicados na contenção e recuperação do meio ambiente degradado e na melhoria da infraestrutura das comunidades próximas aos empreendimentos.

No quadro 2 é apresentado um resumo dos principais itens que devem ser observados e o cumprimento, ou não, pelas indústrias A, B e C, pelo órgão ambiental e pela sociedade:

Quadro 2 – Cumprimento dos requisitos pelas indústrias, pelo órgão ambiental e pela sociedade

		Indústria A	Indústria B	Indústria C
Órgão ambiental	LP e LI	Sim	Sim	Sim
	LO dentro do prazo de validade	Sim	Em renovação	Sim
	Licença Mineral (DNPM)	Sim	Sim	Sim
	Licenciamento feito dentro do prazo máximo de 12 meses	Não	Não	Informação indisponível
	Fiscalizações – SEMAR	Não	Não	Sim
	Fiscalizações – DNPM	Não	Não	Não
Indústrias A, B e C	Estudos ambientais	Sim	Sim	Sim
	PRAD	Sim	Sim	Sim
	Plano de salvamento	Não	Sim	Sim
	Projeto de educação ambiental	Não	Sim	Sim
	Outorga do poço artesiano	Sim	Em andamento	Sim
	Equipe multidisciplinar	Não	Não	Sim
	Limite de desmatamento permitido	Sim	Sim	Sim
	Armazenagem do material retirado no desmatamento	Sim	Sim	Sim
	Áreas de recuperação ambiental	Não	Não	Não
	Monitoramento de áreas degradadas	Sim	Sim	Sim
	Custo com reposição ambiental	Não	Não	Não
	Produção acima da previsão licenciada	Sim	Informação indisponível	Sim
	Quantidade de funcionários estimada no EA equivalente a real	Não	Não	Informação indisponível
	Utilização de EPIs pelos funcionários	Não	Sim	Sim
	Aspersores de água nas correias transportadoras	Sim	Não	Sim
Reciclagem de resíduos	Sim	Sim	Sim	
Publicação do licenciamento em jornal	Sim	Sim	Sim	
Sociedade	Pedido de audiências públicas	Não	Não	Não
	Participação da comunidade em projetos educacionais	Não	Não	Não
	Denúncias feitas pela comunidade	Não	Não	Sim
	Monitoramento das atividades das indústrias	Não	Não	Sim

Fonte: Autores

Dentre as indústrias analisadas, a que cumpriu o maior número de requisitos, do ponto de vista ambiental, é a indústria C. Embora não tenha sido possível o acesso ao estudo ambiental completo dessa indústria, através do material analisado, foi possível obter as informações mais relevantes para chegar à essa conclusão.

Nota-se, com esses dados que existe a necessidade de melhorar o processo de licenciamento no sentido de que os estudos ambientais sejam elaborados com mais qualidade, o órgão ambiental cumpra seu papel como fiscalizador e a sociedade tenha maior participação no processo.

5.3.12 Atualizações no Código de Mineração

Em julho de 2017, o governo federal estipulou três Medidas Provisórias (MP), com o objetivo de atualizar a legislação sobre o setor mineral (DNPM, 2017). A MP 789 altera a forma de arrecadação da CEFEM, que passa a incidir sobre a receita bruta da venda do produto, a MP 790 atualizou o Código de Mineração brasileiro, alterando-o em 23 pontos e a MP 791 criou a Agência Nacional de Mineração (ANM), extinguindo o DNPM (GRILLO, 2017).

Goh e Effendi (2017) apontam que é importante que o governo avalie e revise continuamente a política nacional mineral a fim de que as medidas de sustentabilidade propostas, como a recuperação das áreas degradadas, tenham êxito em sua aplicação. Embora a atualização tenha sido necessária, uma vez que a última modificação no setor mineral aconteceu em 1994, é possível que a alteração na taxa de arrecadação aumente o custo para os mineradores e, conseqüentemente, o valor final do produto.

O governo alega que essas mudanças irão proporcionar maior competitividade e ampliar os investimentos no setor mineral (DNPM, 2017). No entanto, nota-se que as reformas são provocadas muito mais por interesses políticos, uma vez que desfavorecem os empreendedores. Em contrapartida, a alteração que aumenta o teto da multa de R\$ 2,5 milhões para R\$ 30 milhões, ainda que a intenção seja angariar fundos aos cofres públicos, pode gerar maior atenção por parte dos mineradores, que passam a ter total responsabilidade pela recuperação das áreas degradadas e pelo fechamento da mina.

Outra mudança importante, no Código de Mineração, é quanto ao prazo de pesquisa de lavra que, anteriormente, era de um a três anos, passando a ser de dois a quatro anos, garantindo maior flexibilidade ao processo de licenciamento mineral (BRASIL, 2017). Espera-se que tais medidas contribuam para a contenção dos danos ambientais provocados pela atividade mineral.

5.4 Conclusão

Os dados coletados nos processos de licenciamento das empresas A, B e C demonstram que todas cumpriram os requisitos legais para a obtenção da licença ambiental e mineral, conforme estabelecido na legislação. No entanto, a elaboração dos relatórios ambientais apresenta falhas, como a ausência de equipe multidisciplinar e dados previstos que não condizem com a realidade. Além disso, nenhum dos empreendimentos iniciou o processo de recuperação das áreas degradadas.

A falta de fiscalizações periódicas e o descumprimento do processo dentro do prazo estabelecido por lei, demonstram a falha do órgão ambiental e do DNPM. As empresas A e B

nunca receberam fiscalização da SEMAR e nenhuma das três indústrias estudadas recebeu fiscalizações do DNPM, sob a alegação de não haver infraestrutura e fiscais para tal serviço.

Foi constatado que não houve pedido de audiências públicas para nenhum dos três empreendimentos. As indústrias B e C possuem um programa de educação ambiental, a fim de prestar esclarecimentos à população local, porém as atividades nunca puderam ser implementadas, pois não houve adesão da comunidade ao projeto. No entanto, a denúncia dos moradores, resultou em uma fiscalização da SEMAR na indústria C, em relação ao acúmulo de resíduos sólidos na estrada de acesso à indústria. Através do monitoramento das atividades das indústrias, a população pode contribuir com a conservação ambiental, denunciando atitudes que podem impactar negativamente o meio ambiente.

Nota-se, através dos dados dessa pesquisa, que os problemas em relação ao licenciamento não são as políticas, mas sim a sua aplicabilidade. As leis que regem os processos de licenciamento ambiental são eficientes, porém, muitas vezes, não são bem aplicadas. Mesmo com as mudanças na legislação mineral, ocorridas em julho de 2017, percebe-se que, mais do que aprimorar o sistema atual, é necessário aumentar o quadro de servidores e melhorar a infraestrutura dos órgãos ambientais a fim de que os profissionais responsáveis pela execução e fiscalização dos projetos possam desenvolver suas atribuições com competência.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. R. R.; MALFARÁ, D. T.; MENDES, N. C. MORAES, M. C. P; SOUZA, M. P. Aplicação de métodos para revisão da qualidade de estudos de impacto ambiental. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.1, n. 2, p.1-28, 2012.

ALMEIDA, S. R.; SANTOS, V. M. L.; TORRES, G. P. B. Avaliação de impactos ambientais do processo de produção de etanol utilizando método derivado da Matriz de Leopold. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 18, n. 4, p. 1443-1459, 2014.

BARREIROS, M. A. F.; ABIKO, A. K. Avaliação de impactos de vizinhança utilizando matrizes numéricas. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, pp. 23-38, 2016.

BOND, A.; FICHER, T. B.; FOTHERGILL, J. Progressing quality control in environmental impact assessment beyond legislative compliance: An evaluation of the IEMA EIA Quality Mark certification scheme. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 63, p. 160-171, 2017.

BRASIL. Decreto – Lei 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. Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm> Acesso em 20 set 2017.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 1/86**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 19 set 2017.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 9/87**, de 03 de dezembro de 1987. Dispõe sobre a realização de Audiências Públicas no processo de licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=60>>. Acesso em 15 set 2017.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988a. 292 p.

_____. Lei 1.356, de 03 de outubro de 1988. Dispõe sobre os procedimentos vinculados à elaboração, análise e aprovação dos estudos de impacto ambiental. Brasília, 1988b. Disponível em: <<http://www.alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/9469909dacf391bc0325653a007da634>> Acesso em 21 set 2017

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 237**, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 16 set 2017.

_____. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em 15 set 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **IBAMA** - Manual de Normas e Procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/MANUAL_mineracao.pdf>. Acesso em 18 set 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de licenciamento ambiental**: guia de procedimentos passo a passo. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/cart_sebrae.pdf>. Acesso em 17 set 2017.

_____. Decreto 6514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm>. Acesso em 19 set 2017.

_____. Conselho Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (CONSEMA). **Resolução 10**, de 25 de novembro de 2009. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=152234>> Acesso em 18 set 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Portaria nº 443/2014 Flora Ameaçada**. In: Atualização das listas de espécies ameaçadas. 2014a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/especies-ameacadas-de-extincao/atualizacao-das-listas-de-especies-ameacadas>>. Acesso em 17 set 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Portaria nº 444/2014 Fauna Ameaçada**. In: Atualização das listas de espécies ameaçadas. 2014b. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/12/2014&jornal=1&pagina=110&totalArquivos=144>>. Acesso em 22 set 2017.

_____. Medida Provisória nº 790, de 25 de julho de 2017. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 - Código de Mineração, e a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, que dispõe sobre regime especial para exploração e aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/Mpv/mpv790.htm> Acesso em 14 set 2017.

BARROS FILHO, C. N.; BORGES, J. E. G. Plano de Controle Ambiental-PCA. **Extração de beneficiamento de diabásio**. Teresina. 78p. 2012.

CALAES, G. D.; CARNEIRO NETO, B. P. C.; MARGUERON, C.; AMARAL, J. A. G. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 2. **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p. 47-56, 2008.

CREA – PI – CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO PIAUÍ. **Conheça o CREA-PI: História e Legislação**. Disponível em: < <http://www.crea-pi.org.br/historia/#>>. Acesso em 10 set 2017.

DAMASCENO, N. T. S.; SAMPAIO, B. E. O.; SANTOS, V. M. L. Avaliação dos impactos ambientais do processo produtivo do biodiesel bruto de mamona utilizando a matriz de Leopold. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. p. 1-14. Fortaleza, 2015.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. **DIPAR: Diretoria de Procedimentos Arrecadatórios**. Brasília, 2004. Disponível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/distribuicao_cfem.aspx>. Acesso em 10 set 2017.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. **Notícias**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/evento-adimb>>. Acesso em 11 set 2017.

FOGLIATTI, M.C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. 1ª Edição. Editora Interciência, 2004. 250 p.

FONSECA, A.; SÁNCHEZ, L. E.; RIBEIRO, J. C. J. Reforming EIA systems: A critical review of proposals in Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 62, p. 90-97, 2017.

GOH, E.; EFFENDI, S. Overview of an effective governance policy for mineral resource sustainability in Malaysia. **Resources Policy**. v. 52, p. 1-6, 2017.

GONÇALVES, E. V.; LIRA, D. F. O licenciamento ambiental nas atividades de mineração. **Revista Âmbito Jurídico**, v. 15, n. 102, 2012.

GRILLO, B. Governo muda lei de mineração e cria agência reguladora para o setor. In: **Revista Consultor Jurídico**. Disponível em: <http://www.conjur.com.br>. Acesso em 13 set 2017.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **The IUCN red list of threatened species**. 2017. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/search>>. Acesso em 20 set 2017.

IRAMINA, W. S.; Tachibana, I. K.; Silva, L. M. C.; Eston, S. M. Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo. **Revista Escola de Minas**, v. 62, n. 4, p. 503-509, 2009.

JASKOSKI, M. Environmental Licensing and Conflict in Peru's Mining Sector: A Path-Dependent Analysis. **World Development**, v. 64, p. 873–883, 2014.

JAY, S.; JONES, C.; SLINN, P.; WOOD, C. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 287–300, 2007.

JOHN, N. S.; ODORISSI, F. F. O licenciamento ambiental e o princípio da publicidade: um instrumento de efetividade na participação pública. **Revista do CAAP**, n. 1, v. 18, p. 37-57, 2014.

LAGES, M. L. P. D.; SILVA, D. S. Relatório Ambiental Simplificado-RAS. **Exploração de beneficiamento de diabásio para uso na construção civil**. Teresina. 101p., 2010a.

LAGES, M. L. P. D.; SILVA, D. S. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas-PRAD. **Exploração de beneficiamento de diabásio para uso na construção civil**. Teresina. 20p., 2010b.

LIMA, H. M.; FLORES, J. C. C.; COSTA, F. L. Plano de Recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo. **Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 4, p. 397-402, 2006.

LIRA, M.; RABBANI, E. K.; BARKOKEBAS JUNIOR, B.; LAGO, E. Risk evaluation and exposure control of mineral dust containing free crystalline silica: a study case at a quarry in the Recife Metropolitan Area. **Work**, v. 41, p. 3109-3116, 2012.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E., HANSHAW, B. B., BALSLEY, R. (1971) A procedure for evaluating environmental impact. Washington. 13p., **U. S. Geological Survey Circular 645**, Washington, D.C., U.S.A. Disponível em: <<http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED053006.pdf>>. Acesso em: 17 set 2017.

MURESAN, G. A.; GLIGOR, V. The mining risks and the landscape impact on the regional system of the Apuseni Mountains. **Riscuri și Catastrofe**, v. 16, n. 14, p. 117-130, 2015.

PAIVA, I. C. P. S. B. R.; OLIVEIRA, A. K. M.; BONONI, V. L. R. Análise da abordagem socioeconômica no contexto do licenciamento ambiental de empreendimentos sucroenergéticos no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 1, p. 97-110, 2015.

ROCHA, J. A.; BOSCOLO, O. H.; FERNANDES, L. R. R. M. V. Etnobotânica: um instrumento para valorização e identificação de potenciais de proteção do conhecimento tradicional. **Interações**, v.16, n.1, p. 67-74, 2015.

RODRIGUES, G. S. S. C. A análise interdisciplinar de processos de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais: conflitos entre velhos e novos paradigmas. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 22, n. 2, p. 267-282, 2010.

SAENGSUPAVANICH, C. Unwelcome environmental impact assessment for coastal protection along a 7-km shoreline in Southern Thailand. **Ocean & Coastal Management**, v. 61, p. 20-29. 2012.

SAHA, D. C.; PADHY, P. K. Effects of stone crushing industry on *Shorea robusta* and *Madhuca indica* foliage in Lalpahari forest. **Atmospheric Pollution Research**, v. 2, n. 4, p. 463-476, 2011.

SAMPER, P. V.; Investigación, innovación y licenciamiento ambiental: elementos fundamentales del Crecimiento Verde. **Revista de Ingeniería**, v. 43, p. 60-66, 2015.

SANTIAGO, A. O. Environmental Licensing in Brazil: Revisiting the Borders between State and Civil Society. **Encuentro Latinoamericano**, v. 3, n.2, p. 48-67, 2016.

SOARES, F. A. R.; BARROS FILHO, C. N.; CRONEMBERGER, M. G. O; DEUS, G. P. Plano de Aproveitamento Econômico-PAE. **Avaliação econômica do projeto de lavra**. Brita de diabásio. Teresina. 20p. 2012.

SONTER, L. J.; MORAN, C. J.; BARRETT, D. J.; SOARES FILHO, B. S. Processes of land use change in mining regions. **Journal of Cleaner Production**, v. 84, p. 494-501, 2014,

TABATABAEI, J.; MOHAMMADI, F. Environmental Effects of Mining Industries in Meymeh Region, North West of Isfahan. **APCBEE Procedia**, v. 5, p. 388-393, 2013.

VALVERDE, F. M.; TSUCHIYA, O. Y. Agregados para a Construção Civil no Brasil. Comissão De Serviços De Infraestrutura Do Senado Federal. In: **ANEPAC – Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil**. Brasília, 2009. 40 p.

VIANA, M. B.; BURSZTYN, M. A. A. Regularização ambiental nas minerações em Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 2, p. 363-369, 2010.

VILLARROYA, A.; BARROS, A. C.; KIESECKER, J. Policy Development for Environmental Licensing and Biodiversity Offsets in Latin America. **Plos One**, v. 9, n. 9, p. 1-13, 2014.

WANG, Y. M.; YANG, J. B.; XU, D. L. Environmental impact assessment using the evidential reasoning approach. **European Journal of Operational Research**. v. 174, p. 1885-1913, 2006.

ZHOURI, A.; OLIVEIRA, R. Development and environmental conflicts in Brazil. Challenges for anthropology and anthropologists. **Vibrant**, v. 9, n. 1, p. 181-208, 2012.

6 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INDÚSTRIAS DE BRITA DA REGIÃO DE MONSENHOR GIL - PI

Resumo

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia para avaliar ambientalmente os impactos de produtos, processos e serviços. Assim, a técnica pode ser aplicada às indústrias de mineração de brita, a fim de avaliar o desempenho ambiental desse produto. Nesse trabalho são analisadas duas indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil – PI, cuja atividade é baseada na extração e beneficiamento do mineral diabásio, para utilização na construção civil. Para isso, utilizando o método ACV, foi feito o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da brita, a fim de contribuir com o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil), uma vez que não há banco de dados para esse mineral. Para a coleta dos dados primários, foram realizadas visitas *in loco* à duas indústrias de brita, a fim de conhecer o processo produtivo da brita e acompanhar as atividades desenvolvidas. O universo de dados primários contemplou dados relativos ao consumo de combustível, energia elétrica, água, explosivos, além de informações referentes à quantidade de máquinas, equipamentos e frota, entre outras. Os dados secundários foram obtidos na literatura científica e em relatórios específicos do setor. Através da análise do ICV foi possível identificar que os maiores impactos estão relacionados a emissões atmosféricas, principalmente pelo uso de energia elétrica, na fase de beneficiamento do produto. Além disso, foi elaborada uma matriz de avaliação de impactos ambientais, baseada em Vásquez (2012), a fim de conhecer e mensurar os impactos causados pela atividade. Dessa análise, foi possível perceber que as etapas mais impactantes são a remoção da cobertura vegetal e as explosões de rocha, e os meios (físico/biótico/humano) mais afetados são: a qualidade do ar, o impacto visual e a saúde humana.

6.1 Introdução

Impacto ambiental é definido como qualquer ação que causa modificação ao meio ambiente original, isto é, toda alteração na natureza causada por ação humana, que afeta os aspectos físicos, sociais e econômicos. As indústrias de produção de brita estão inseridas nesse contexto, pois causam diversos impactos ambientais, tais como: mudanças na paisagem, esgotamento dos recursos naturais, desmatamento, poluição do ar e sonora, entre outros (CALAES et. al., 2008; SAHA; PADHY, 2011; TABATABAEI; MOHAMMADI, 2013).

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é um instrumento legal que visa mensurar essas alterações a fim de estabelecer medidas de controle e mitigação dos impactos adversos ao meio ambiente (BRASIL, 1986). Os objetivos gerais da AIA contemplam a proteção quanto à utilização de recursos, de forma a evitar causar danos à saúde humana e aos sistemas naturais (BOND; FICHER; FOTHERGILL, 2016; PERMINOVA et. al. 2016).

A implementação bem-sucedida de AIA requer metodologias eficazes, portanto, para atingir a finalidade funcional do processo, é necessário conhecer os diferentes métodos de avaliação de impactos em diversas atividades, para que seja feita a melhor escolha, em cada caso específico (ZELENÁKOVÁ; ZVIJÁKOVÁ, 2017).

A escolha do método de AIA deve levar em conta o contexto em que a avaliação será aplicada, bem como os objetivos pretendidos pelo projeto, para que os resultados sejam eficazes no que se refere à mitigação dos impactos negativos e valorização dos impactos positivos. Os métodos possibilitam a previsão a curto, médio e longo prazo dos impactos adversos ao meio ambiente.

Hansen e Wood (2016), em sua análise sobre a eficácia da AIA, propõem que a gestão dos riscos seja feita de forma dinâmica e interativa, principalmente durante as primeiras fases de uma proposta de desenvolvimento de um projeto. Desse modo, através de um processo de escopo flexível e interativo, prevê-se a elaboração de um relatório com menor burocracia e sem custos desnecessários, e que possua as referências para a avaliação ambiental desde a concepção do projeto até sua implementação.

Schaubroeck et al. (2016) afirmam que, para se ter um futuro sustentável é preciso gerir tanto o sistema humano/industrial, quanto os ecossistemas. Para atingir esse objetivo, é preciso prever as respostas dos ecossistemas às práticas de manejo em condições ambientais em mutação, por meio de modelos e ferramentas que comparam os serviços estimados entre os diferentes cenários.

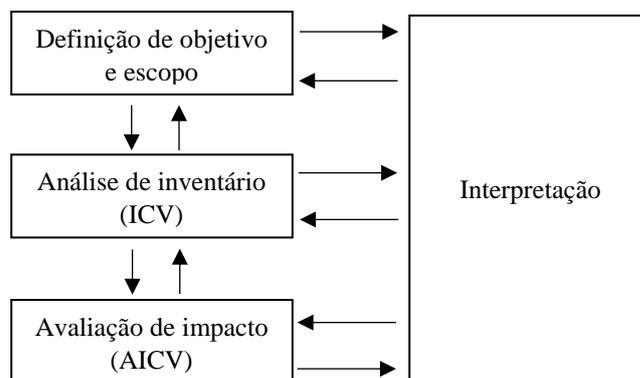
Nesse sentido, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), atende os objetivos da AIA, pois é um método cuja finalidade é avaliar os impactos de produtos, processos e serviços, desde a extração da matéria-prima até sua disposição final, isto é, do berço ao túmulo. Nesse trabalho foi feito um estudo do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da brita, a fim de propor a criação de uma base de dados para o diabásio, tendo em vista a ausência de base de dados para esse mineral, nos bancos de dados internacionais. Além disso, foi elaborada uma matriz, com base em Vásquez (2012), indicando os principais impactos ambientais em cada fase do processo de produção da brita.

6.2 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

A ACV é uma técnica, regulamentada pelas normas NBR 14040 (ABNT, 2009a) e NBR 14044 (ABNT, 2009b), que permite a identificação e avaliação de impactos ambientais, durante o ciclo de vida de produtos ou serviços. Essa técnica pode subsidiar a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental de produtos; auxiliar a tomada de decisão, uma vez que proporciona um melhor nível de informações; recomendar a seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes; e orientar o *marketing*, melhorando a apresentação do produto do ponto de vista ambiental (ABNT, 2009a).

Um estudo de ACV é composto por quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) e fase de interpretação, conforme descrito na Figura 1.

Figura 1 – Fases de uma ACV



Fonte: NBR 14040 (ABNT, 2009a).

Na primeira fase, é definido o escopo da ACV, incluindo a fronteira do sistema e o nível de detalhamento, que podem variar em função do objetivo do estudo. A segunda fase, análise de ICV, compreende o inventário dos dados de entrada/saída associados ao sistema em estudo. A fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) objetiva prover informações adicionais para auxiliar a avaliação dos resultados do ICV, proporcionando melhor entendimento de sua significância ambiental. A última fase, é a interpretação do ciclo de vida, na qual os resultados são sumarizados e discutidos como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo (ABNT, 2009b).

A técnica da ACV pode ser utilizada para a avaliação ambiental de diversos tipos de produtos e serviços. Na mineração, é utilizada, para a avaliação de impactos ambientais da produção de minério de ferro (FERREIRA; LEITE, 2015), mineração de cobre (NORTHEY; HAQUE; MUDD, 2013), mineração de carvão (BURCHART-KOROL et al., 2016), entre outros. Além disso, é uma técnica amplamente utilizada para a avaliação do desempenho ambiental de produtos da construção civil, tais como, concreto (INGRAO et al., 2014; TURK et al., 2015; KIM; TAE, 2016), cimento (VALDERRAMA et al., 2012), pavimentação de estradas (JULLIEN; DAUVERGNE; CERESO, 2014), construção de pontes (DU et al., 2014), entre outros.

A ACV é uma ferramenta útil para a identificação dos impactos ambientais da produção de brita, desde a extração do mineral, até sua comercialização, podendo auxiliar a

tomada de decisões, de forma a indicar oportunidade para melhorar o desempenho ambiental do processo de produção desse agregado.

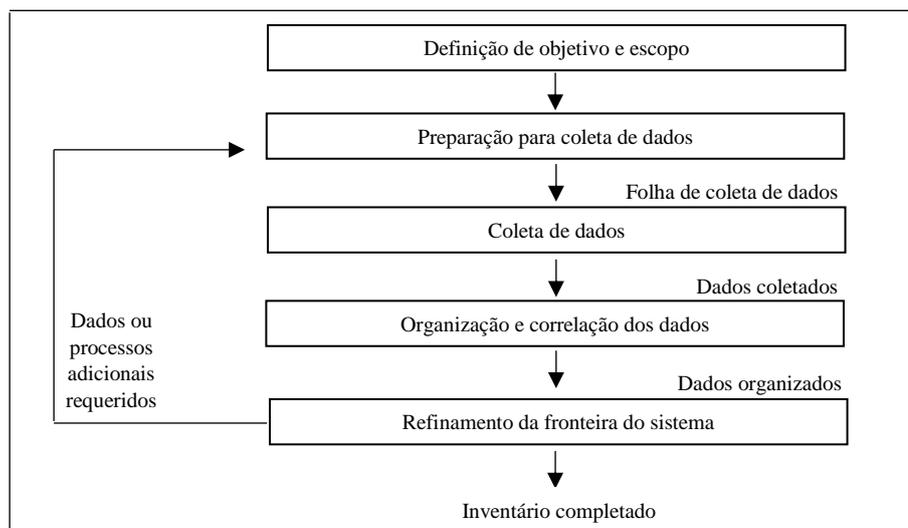
Para esse estudo, não foi possível a aplicação do método, como um todo, pois não há base de dados para o mineral diabásio. A adaptação dos dados para outro tipo de mineral, como o basalto, por exemplo, geraria um quadro de incertezas significativo, que poderia comprometer a avaliação de impactos ambientais. Portanto, esse estudo tem como proposta a análise do inventário do ciclo de vida da brita, com o objetivo de fornecer subsídios para a criação de um banco de dados para o mineral diabásio.

Em 2016, foi lançado o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil), uma iniciativa que colocou o Brasil entre os países que possuem bancos de dados nacionais de ACV. Para padronizar o envio de propostas para o SICV, foi elaborado um guia que orienta todo o procedimento de construção de inventários, nos moldes internacionais (RODRIGUES et al., 2016). Esse trabalho tem como objetivo a elaboração de um ICV do mineral diabásio, a fim de contribuir para o banco de dados brasileiro, de ACV.

6.3 Metodologia

A metodologia aplicada, nesse trabalho é a Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), conforme os requisitos previstos nas normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b). Na primeira fase foram definidos o objetivo e o escopo do estudo. Em seguida, foi feito o ICV, onde foram identificadas as entradas e as saídas do processo de produção da brita. Por último, foi feita a interpretação dos dados do inventário, baseada no objetivo e escopo.

O estudo foi realizado em três indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil – PI. Das três indústrias visitadas, uma não forneceu dados suficientes para a construção do inventário, por isso não será analisada. Foram feitas visitas às indústrias, nas quais foram coletados dados através de questionário aplicado aos gestores responsáveis e através da observação do funcionamento da atividade. A construção do inventário obedeceu às etapas descritas na figura 2:

Figura 2 – Procedimentos para ICV

Fonte: adaptado de ABNT (2009b).

Os dados coletados, para a realização do ICV, abrangeram todas as fases do processo. Dentre as informações fornecidas pelos gestores, constam: consumo de energia, água, óleo diesel e explosivos; tipos de máquinas e equipamentos; disposição de resíduos; entre outras. Todos os dados foram quantificados tendo em vista a detonação de 15.000 metros cúbicos (m³) de rocha *in natura*, que são produzidos no prazo de dois meses na indústria B e um mês na indústria C. Para essa quantidade detonada, a indústria B produz 20.000 m³ de brita, enquanto a indústria C produz 25.000 m³ de brita em cada um de seus dois britadores.

As informações coletadas foram colocadas em uma planilha Excel, onde foram feitos os ajustes para a produção de 20.000 m³ de brita. Assim, foi definida, a unidade funcional e os valores de referência. Durante a etapa de correlação de dados, os mesmos foram ajustados à unidade funcional estabelecida, ou seja, o m³ de brita. Além disso, foram feitos registros fotográficos, permitidos pelos gestores das indústrias.

Para a identificação dos impactos ambientais, foi elaborada uma matriz, com base em Vásquez (2012), que relaciona os impactos ambientais com cada fase da atividade de mineração de brita, através da observação direta do funcionamento das indústrias. Assim, foi possível conhecer e mensurar os impactos provocados pela atividade e as fases do processo que geram as alterações mais significativas no ambiente, a fim de propor estratégias para a mitigação dos mesmos.

6.4 Resultados e discussão

6.4.1 Definição do objetivo e escopo

6.4.1.1 Objetivo

O objetivo desse estudo de ICV é realizar a análise do inventário da produção de 1 m³ de brita, produzido em duas indústrias de brita, localizadas na região de Monsenhor Gil, Piauí. Nesse caso, o objetivo proposto permite a coleta de dados de forma agregada, por exemplo, consumo de energia da indústria como um todo, para a caracterização do desempenho ambiental do produto. O público alvo desse trabalho são as indústrias de brita e os demais interessados, no setor da construção civil, bem como a comunidade acadêmica.

6.4.1.2 Escopo

- **Função do produto**

A aplicação da brita, como agregado para a construção civil, ocorre de diversas formas. Pode ser utilizada na fabricação de concreto, cimento, pavimentação de estradas, em obras de saneamento básico, construção de postes, pontes, além do emprego direto nas construções de moradias e edificações. A função do produto produzido nas indústrias pesquisadas é abastecer o mercado local, principalmente concreteiras, que utilizam as britas 0 e 1, com granulometrias 3,20 a 12,70 mm e 12,70 a 19,05 mm, respectivamente.

- **Unidade funcional**

A unidade funcional definida é o metro cúbico (m³) de brita.

- **Fluxo de referência**

O valor do fluxo de referência é a produção de 20.000 m³ de brita. Os dados foram coletados tendo em vista a detonação de 15.000 m³ de pedra *in natura*. Na indústria B, essa quantificação gera uma produção de 20.000 m³ de brita, durante o período de dois meses, enquanto na indústria C a produção é de 25.000 m³ em cada um dos dois britadores, em um mês.

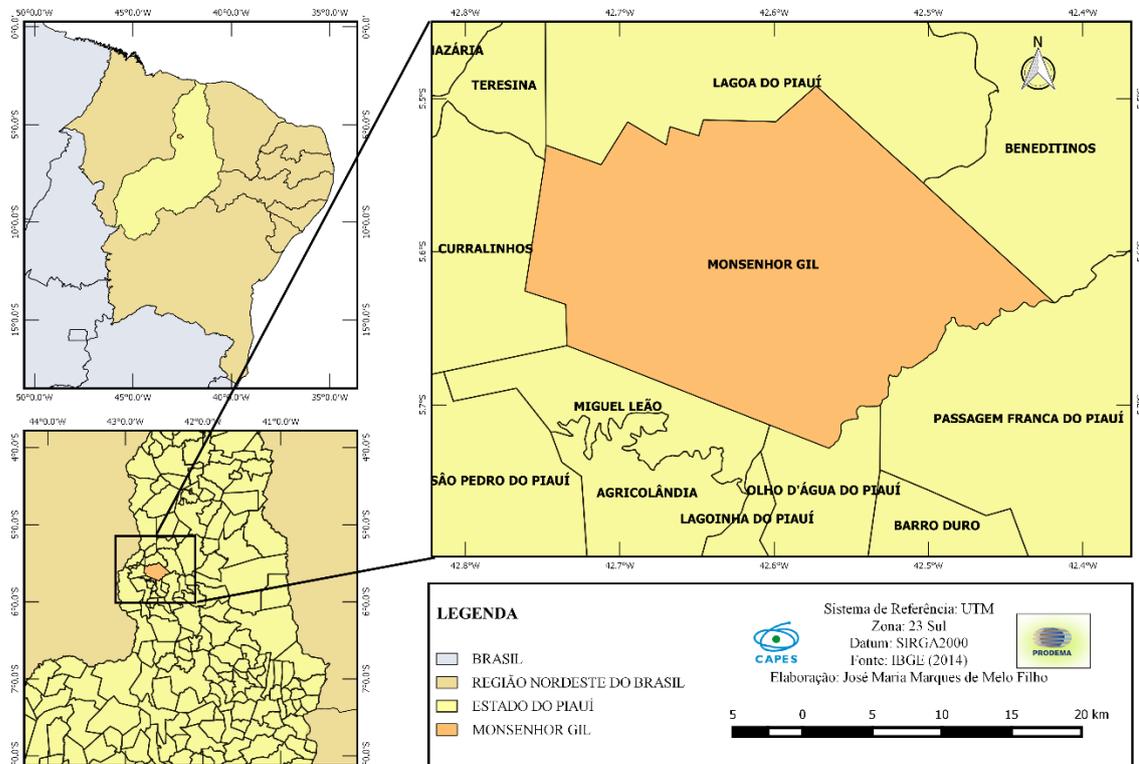
Essa diferença é em função do tipo de britador e da quantidade de horas trabalhadas em cada indústria. A indústria B não opera em horários diferenciados, como à noite, enquanto a indústria C trabalha em dois turnos (dia e noite), o que resulta em uma produção maior. Assim, os dados foram ajustados, para o fluxo de referência adotado, ou seja, a produção de 20.000 m³ de brita para ambas as indústrias

- **Qualidade, representatividade e adequação dos dados**

Quanto à cobertura temporal, a coleta de dados teve como referência os anos de 2016 e 2017. Quanto à cobertura geográfica, o estudo foi realizado em duas indústrias de brita localizadas na região de Monsenhor Gil, estado do Piauí, na região Nordeste do Brasil (Figura 3). O estado do Piauí detém 4,5% do total de brita produzido no Brasil (DNPM, 2007), sendo que, na região estudada, o mineral encontrado é o diabásio. Em relação à cobertura tecnológica, refere-se ao processo produtivo comumente utilizado em mineradoras de brita brasileiras (ROSSI; SALES, 2014; AZEVEDO et al., 2016).

Os dados foram obtidos de fontes primárias, coletadas em campo e fontes secundárias, obtidas na literatura científica e em relatórios especializados do setor. Na elaboração do conjunto de dados foi utilizada a abordagem atribucional, na qual as entradas e saídas são atribuídas à unidade funcional de um sistema de produto (RODRIGUES et al., 2016). A precisão/incerteza em relação aos dados refere-se às estimativas no fornecimento dos dados primários. Os dados estimados foram: consumo de água, energia, diesel, óleo lubrificante. Os dados calculados foram: quantidade de explosivos e emissões atmosféricas.

Figura 3 – Mapa da região de Monsenhor Gil, Piauí

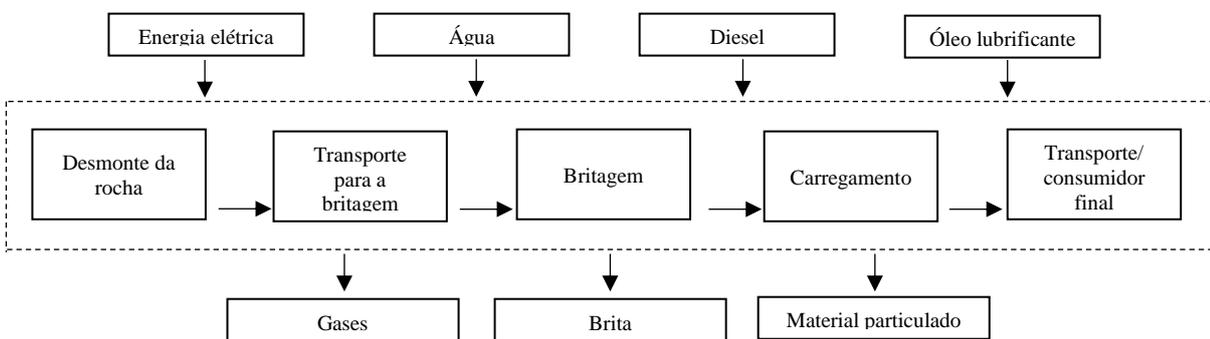


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – IBGE (2014). Elaborado por José Maria Marques de Melo Filho (2017).

- **Sistema de produto**

A fronteira do sistema analisado, compreende as seguintes etapas: Extração, beneficiamento e transporte para o consumidor final, *cradle to gate*, isto é, do berço ao portão. As etapas verificadas foram a extração do mineral, o transporte até a britagem, o processo de britagem, carregamento dos caminhões e o transporte ao consumidor final. Foram aplicados questionários aos gestores das indústrias, para a coleta dos dados primários, conforme consta no Apêndice A. O fluxograma simplificado do processo está descrito na figura 4:

Figura 4 – Etapas de produção de brita



Fonte: Autores.

Serão analisadas duas indústrias, sendo identificadas como B e C.

Caracterização geral da indústria B

A indústria B está instalada desde 2012. É uma Sociedade Empresária Limitada e possui quatro sócios. O regime de contribuição adotado é Lucro Presumido. A área total da propriedade é de 50 hectares e o total de área desmatada para a instalação da indústria é de 10 hectares, sendo 5.000 m² a área ocupada pelo britador e instalações físicas. A distância da empresa até Teresina – PI é 70 km. A distância até Monsenhor Gil é de 8 km e a comunidade mais próxima fica à 500 m.

Relação das máquinas e equipamentos – indústria B

A indústria B possui máquinas, equipamentos e frota conforme descritos na Tabela 1. A modalidade de transporte é exclusivamente rodoviária e o frete é feito com frota própria (70%) e com frota terceirizada (30%).

Tabela 1 – Máquinas, equipamentos e frota – indústria B

Quant.	Descrição	Especificações
1	Renault Clio	Ano 2004/2005
1	Iveco Stralis 380	Ano 2007/2007
1	Iveco Stralis 380	Ano 2009/2010
1	Volvo VM220	Ano 2014/2015
1	Semi Reboque Randon, 3 eixos	Ano 2010/2010
1	Semi Reboque Randon, 3 eixos	Ano 2010/2011
1	Pá Carregadeira SDLG	Mod. 959, ano 2012 (18 t)
1	Escavadeira Hidráulica Hyundai	Mod. 210 LC - 7, ano 2011 (22 t)
1	Escavadeira Hidráulica Hyundai	Mod. 260 LC - S9, ano 2013 (26 t)
1	Rompedor marca DAEMO	Mod. 210
1	Conjunto de Britagem Piacentini	Ano 2012
1	Alimentador Vibratório	Mod. AV 90/400
1	Britador de Mandíbulas	Mod. BM 800
1	Calha Vibratória Retomadora	Mod. CVR 80/130
1	Britador Cone	Mod. BC 950 H
1	Peneira Vibratória Inclinação de 4 Decks	Mod. PVA - 4 – 1545
1	Pulmão	capacidade: 1.200 m ³
7	Correias transportadoras	
1	Painel de controle eletrônico	
1	Balança Toledo, medindo 21 m x 3 m	capacidade de 80 t

Fonte: Gestor da indústria B.

Fornecimento de energia e água – indústria B

A energia necessária para o funcionamento do britador e do escritório é fornecida por um gerador com capacidade de 500 kWh. A indústria não é abastecida pela rede elétrica. Segundo informado pelo gestor, foram feitas projeções de gasto com energia elétrica e com uso de geradores e foi constatado que o custo com a utilização do gerador é menor. Além disso, nessa região, ocorrem muitas falhas na distribuição da rede elétrica, o que prejudica o funcionamento do britador. Essa informação foi confirmada pelos gestores da indústria A e C, que afirmam que as quedas no sistema elétrico são frequentes.

O fornecimento de água é através de um poço artesiano com capacidade de 3.000 litros por hora e possui caixas de água para armazenamento de 4.000 litros de água. A indústria não possui outorga para a utilização do poço artesiano, no entanto, o processo está em andamento, segundo afirmado pelo gestor. O consumo de água é de 5.000 L/dia para abastecimento das instalações físicas da indústria, como: escritório, refeitório, banheiros e oficina.

Processo produtivo – indústria B

A produção mensal é de 10.000 m³ de brita por mês, representada pelas seguintes proporções, conforme dados descritos na Tabela 2:

Tabela 2 – Dimensões da brita – Indústria B

Tipo de Brita	Granulometria (mm)	% de produção
Pó de Brita	0,0 a 3,20	18%
Pedrisco de brita	3,2 a 5,40	5%
Brita 0	3,20 a 12,70	40%
Brita 1	12,70 a 19,05	37%

Fonte: Gestor da indústria B.

As quantificações foram feitas, tendo em vista a produção de 20.000 m³ de brita. O processo inicia com a limpeza do terreno, para, em seguida, ser feito o desmonte da rocha, com o uso de explosivos. São necessários 9.750 kg de explosivos para detonar 15.000 m³ de rocha. A empresa não possui licença para fazer a detonação, portanto o processo é terceirizado e feito por empresa especializada. Os explosivos são levados pela empresa que faz a detonação e não ficam armazenados na indústria. Os funcionários são afastados da área num raio mínimo de 250 metros, no momento da explosão.

O gasto com diesel nessa etapa é de 4.000 litros para o funcionamento da perfuratriz, que faz os furos na rocha, onde são inseridos os explosivos. São necessários 500 litros de diesel e 500 ml de óleo lubrificante para a pá carregadeira, que carrega o material detonado nos caminhões, que fazem o transporte até a britagem primária. Nessa fase há emissão de material particulado, gases e ruídos.

A indústria não possui tanque para armazenamento do combustível, o qual é trazido por comboios que fazem o abastecimento das máquinas e frota. Para o transporte da pedra *in natura* até o britador são consumidos 500 litros de diesel e 500 ml de óleo lubrificante nos caminhões. A escavadeira hidráulica, também, é utilizada nessa fase do processamento para carregamento do material nos caminhões, e consome 4.500 litros de diesel e 5 litros de óleo lubrificante. Há emissão de material particulado e gases no ar.

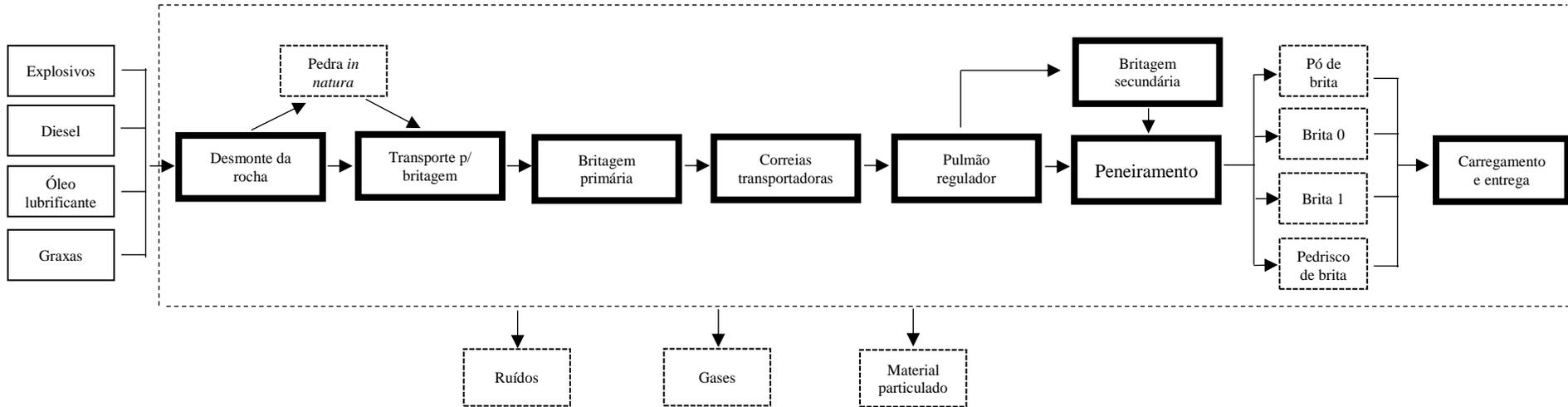
A pedra trazida pelos caminhões é depositada no britador de mandíbula, onde começa o processo de britagem. Ao passar pela britagem primária, a pedra adquire dimensões menores, o que torna possível o transporte, através das correias transportadoras, até o pulmão regulador. Após passar pela britagem no pulmão regulador, é feito o primeiro peneiramento, onde são separadas a brita 0, brita 1, pó de brita e pedrisco de brita. As pedras que não passam por esse peneiramento voltam para a britagem secundária no britador de cone. O material que retorna da britagem secundária, passa novamente pelo peneiramento e é separado em brita 0, brita 1, pó de brita e pedrisco de brita.

A indústria B utiliza energia proveniente de geradores para o funcionamento do conjunto de britagem. São consumidos 15.000 litros de diesel, 2 litros de óleo lubrificante e 20

litros de óleo hidráulico para abastecimento do gerador. Também são utilizados 20 Kg de graxa para a lubrificação dos equipamentos. Há emissão de material particulados e gases no ar, além da alta incidência de ruídos.

Os produtos finais são depositados nos locais apropriados, a fim de serem carregados nos caminhões e transportados para o consumidor final. Nessa etapa são consumidos 500 L 500 ml de óleo lubrificante para a pá carregadeira. No transporte ao consumidor final são necessários 15.000 litros de diesel e 40 litros de óleo lubrificante, pois parte da entrega é feita com frota própria. O total de óleo de descarte contabilizado em todo o processo é 71 litros, o qual é recolhido por empresas homologadas a fim de proceder com a reciclagem dos mesmos. O fluxograma que representa o processo produtivo da indústria B está descrito na figura 5:

Figura 5 – Fluxograma do processo de britagem da indústria B



Fonte: Autores

Legenda

- Entradas do sistema
- Saídas do sistema
- Processo
- Fronteira do sistema

Caracterização geral da indústria C

A indústria C está instalada desde 1998. Também é uma Sociedade Empresária Limitada e possui dois sócios. O regime de contribuição adotado é Lucro Presumido. A área total da propriedade onde está instalada a indústria é de 397 hectares, sendo o total de área desmatada, 30 hectares e possui licença para desmatar até 50 hectares. A distância até Teresina é 43 km. A distância até Monsenhor Gil é de 13 km.

Relação das máquinas e equipamentos – indústria C

A indústria C possui dois britadores. As máquinas, equipamentos e frota estão descritos na tabela 4. A modalidade de transporte é exclusivamente rodoviária e o frete é feito com frota própria, apenas.

Tabela 3 – Máquinas, equipamentos e frota – indústria C

Quant.	Descrição	Especificações
1	Ranger	Ano 2004/2005
2	Saveiros	Ano 2007/2007
5	Carretas para entrega	Ano 2009/2010
5	Caminhões Truck para entrega	Ano 2014/2015
3	Caminhões Truck para transporte interno	Ano 2010/2010
1	Pá Carregadeira SDLG	Mod. 959 (18 t)
3	Pá Carregadeira Caterpillar	Mod. 1930T, Mod. 938G e Mod. 938H
2	Escavadeira Hidráulica Caterpillar	Mod. 320
2	Escavadeira Hidráulica Caterpillar	Mod. 323 e Mod. 336
1	Rompedor marca MONTABERT	Mod. 210
1	Perfuratriz PW	Mod. 5.100
2	Compressor de ar ATLAS COPCO	Mod. XAS 420
1	Compressor de ar ATLAS COPCO	Mod. XAS 136
2	Conjunto de Britagem Metzo	
3	Alimentador Vibratório	Mod. 40/15
1	Britador de Mandíbulas	Mod. C 110
2	Britador de Mandíbulas marca FAÇO	Mod. 100 x 80 e Mod. 80 x 50
4	Calha Vibratória Retomadora Metzo	
2	Britador de Cone	Mod. HP 300 e Mod. HP 200
1	Britador Cone marca Barber Greene	Mod. 4895
3	Peneira Vibratória Inclinada de 4 Decks	Mod. 50 x 20
2	Peneira Vibratória Inclinada de 4 Decks	Mod. 40 x 15
1	Peneira Vibratória Inclinada de 4 Decks	Mod. 30 x 12
2	Pulmão	capacidade: 1.800 m ³ e 1.200 m ³
14	Correias Transportadoras	
2	Painel de controle eletrônico	
1	Balança Filizola, medindo 25 m x 3 m	Capacidade 80 t
1	Balança Toledo, medindo 30 m x 3,20 m	Capacidade 120 t
1	Tanque de combustível	Capacidade 1.500 l

Fonte: Gestor da indústria C.

Fornecimento de energia e água – indústria C

A energia utilizada para o funcionamento dos britadores é proveniente da rede elétrica do município. O consumo mensal do britador 1 é de 45.000 kWh e do britador 2 é de 60.000 kWh. A indústria possui, ainda, dois geradores, com potência de 45 kWh para auxiliar os dois escritórios. Segundo o gestor, os geradores são utilizados quando acontecem cortes no fornecimento de energia.

O fornecimento de água é através de um poço artesiano com capacidade de 15.000 litros por hora. Há, no local, caixas de água para armazenamento de 35.000 litros e 20.000 litros de água e outorga para a utilização do poço artesiano. O consumo de água dos dois britadores é o mesmo, sendo 24.000 L/dia, cada um. Na quantificação do consumo total de água estão incluídas as instalações físicas da indústria, como: escritório, oficina, refeitório, banheiros, além dos aspersores de água presentes nas correias transportadoras dos britadores.

Processo produtivo – indústria C –

A produção mensal é de 25.000 m³ de brita por mês, para ambos os britadores. A proporção das dimensões da brita produzida pela indústria C, está descrita na Tabela 4:

Tabela 4 – Dimensões da brita – Indústria C

Tipo de Brita	Granulometria (mm)	% de produção
Pó de Brita	0,0 a 3,20 mm	30%
Pedrisco de brita	3,2 a 5,40 mm	7,5%
Brita 0	3,20 a 12,70 mm	35%
Brita 1	12,70 a 19,05 mm	27,5%

Fonte: Gestor da indústria C.

Os dados foram ajustados, tendo em vista uma produção de 20.000 m³ de brita, para ambos os britadores. A produção de brita no britador 1 da indústria C começa, com o a limpeza do terreno, onde a vegetação é suprimida para que possa ser feita a explosão da rocha. Para detonar 15.000 m³ de rocha, são necessários 8.000 kg de explosivos, 4.000 litros de diesel e 240 litros de óleo lubrificante para alimentar a perfuratriz que faz os furos na rocha, onde são inseridos os explosivos. Usa-se, eventualmente, o rompedor de rocha para diminuir o tamanho das pedras grandes, que consome 500 litros de diesel.

A empresa possui licença para fazer a detonação e os funcionários são afastados da área num raio mínimo de 150 metros. Há, nas instalações, um paiol para armazenagem dos explosivos, que atende todas as exigências do exército, como câmeras com infravermelho ligadas por 24 horas, é feito backup mensal das imagens e possui segurança armada durante 24 horas por dia. A empresa possui um tanque de combustível para o abastecimento do das máquinas e caminhões.

Após a explosão, as pedras, são transportadas até a britagem primária, onde é feita a próxima fase do processamento. Nessa etapa há utilização de combustível para o funcionamento das máquinas e frota. O consumo de diesel dos caminhões é de 1.600 litros e 20 litros de óleo lubrificante. A escavadeira hidráulica consome 3.600 litros de diesel e 46 litros de óleo lubrificante. Nessa fase há emissão de material particulado, gases e ruídos.

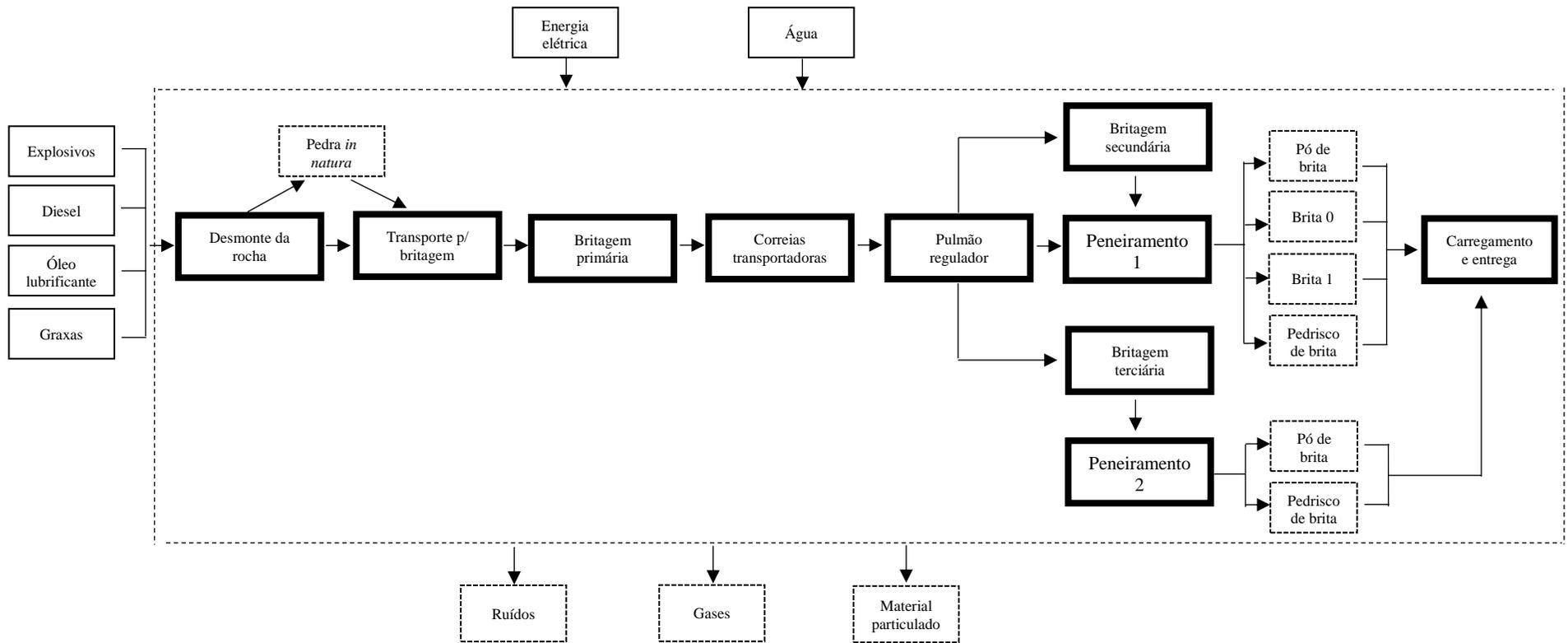
O funcionamento do britador 1 se dá da seguinte maneira: a pedra trazida pelos caminhões é depositada no britador de mandíbula, onde começa o processo de britagem. Ao passar pela britagem primária, a pedra é levada, pelas correias transportadoras, até o pulmão regulador. Em seguida, é feito o primeiro peneiramento, onde são separadas as britas 0, brita 1 e pó de brita.

As pedras que não passam por esse peneiramento vão para a britagem secundária no britador de cone, retornando para o peneiramento e separação em brita 0, brita 1 e pó de brita. Uma outra parte de produto, proveniente do pulmão regulador, segue para a britagem terciária no britador de rolo e passa por um segundo peneiramento, de onde saem apenas pó de brita e pedrisco de brita.

Durante essa etapa há utilização de 24.000 L/dia de água para o funcionamento dos aspersores de água, minimizando a incidência de material particulado, e o consumo de energia elétrica para o funcionamento do conjunto de britagem é de 36.000 kWh. Há, também, utilização de 60 kg de graxa para a lubrificação dos equipamentos e 25,6 litros de óleo hidráulico para o funcionamento do sistema de britagem. Ao final do processo, os produtos são depositados nas baias específicas, de onde seguem para o carregamento e transporte para o consumidor final.

Na fase de carregamento da brita nos caminhões de entrega são consumidos 1.600 litros de diesel e 240 ml de óleo lubrificante, pela pá carregadeira. A entrega é feita integralmente com frota própria, que consome 48.000 de diesel, 128 litros de óleo lubrificante. A quantidade de óleos de descarte gerada pelo processo é de 176 litros, que são recolhidos por empresas de reciclagem. O fluxograma do processo de britagem do britador 1 da indústria C está descrito na figura 6:

Figura 6 – Fluxograma do processo de britagem do britador 1 da indústria C



Fonte: Autores

Legenda

- Entradas do sistema
- Saídas do sistema
- Processo
- Fronteira do sistema

A produção de brita do britador 2 da indústria C é muito semelhante ao britador 1, com as mesmas quantidades de consumo de explosivos, combustível e óleo lubrificante, na fase de extração. Quando necessário, usa-se o rompedor de rocha, que consome 800 litros de diesel. Após a explosão, as pedras são transportadas até a britagem primária, onde é feita a próxima fase do processamento. O consumo de diesel para os caminhões é de 1.600 litros e 40 litros de óleo lubrificante. A escavadeira hidráulica consome 3.600 litros de diesel e 74 litros de óleo lubrificante. Nessa fase há emissão de material particulado, gases e ruídos.

O funcionamento do britador 2 se dá da seguinte maneira: a pedra trazida pelos caminhões é depositada no britador de mandíbula, onde começa o processo de britagem. Ao passar pela britagem primária, a pedra é levada, pelas correias transportadoras, até o pulmão regulador. Em seguida, é feito o primeiro peneiramento, onde são separadas as britas 0, brita 1 e pó de brita.

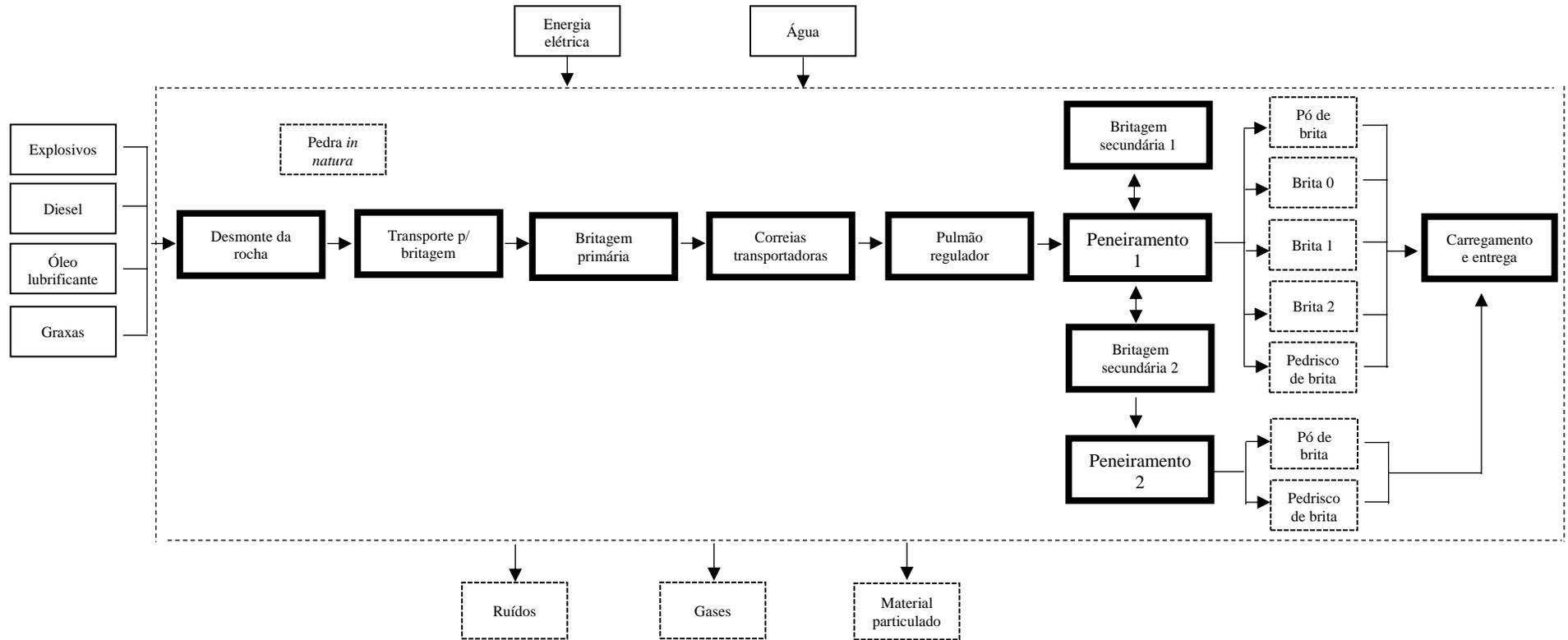
Existe a possibilidade da fabricação de brita 2, com dimensões 19,05 a 23,00 mm. Para isso é necessário substituir uma das peneiras classificatórias. Como não é um produto de fácil comercialização, só é produzida quando existe demanda. A indústria mantém um pequeno estoque de brita 2 e, quando necessário, substitui uma das peneiras do britador para obtenção desse tipo de brita.

As pedras que não passam pelo peneiramento seguem para a primeira britagem secundária no britador de cone 1, retornando para o peneiramento e separação nas quatro granulometrias. Uma outra parte segue para a segunda britagem secundária no britador de cone 2 e passa por um segundo peneiramento, de onde saem apenas pó de brita e pedrisco de brita.

Durante essa etapa há utilização de 24.000 L/dia de água para o funcionamento dos aspersores de água, minimizando a incidência de material particulado, e o consumo de energia elétrica para o funcionamento do conjunto de britagem é de 48.000 kWh. Há também consumo de 32 kg de graxa para a lubrificação dos equipamentos e 24 litros de óleo hidráulico para o funcionamento do sistema de britagem.

Na fase de carregamento da brita nos caminhões de entrega são consumidos 1.600 litros de diesel, pela pá carregadeira. A entrega é feita integralmente com frota própria, que consome 48.000 de diesel, 129,6 litros de óleo lubrificante. A quantidade de óleos de descarte gerada pelo processo é de 240 litros, que são recolhidos por empresas de reciclagem. O fluxograma do processo de britagem do britador 2 está descrito na figura 7:

Figura 7 – Fluxograma do processo de britagem do britador 2 da indústria C



Fonte: Autores

Legenda

- Entradas do sistema
- Saídas do sistema
- Processo
- Fronteira do sistema

- **Fronteiras do sistema e critérios de corte**

A fronteira do sistema adotada é *cradle to gate*, isto é, do berço ao portão. Nesse estudo foi desconsiderada a perda de material durante o processo de britagem, uma vez que essa perda é irrisória diante do volume de material produzido. De acordo com a informação dos gestores, e através da observação direta do processo nas mineradoras, foi possível constatar que todo o material proveniente da detonação é aproveitado no processo de britagem. Não foram considerados, também, os aditivos, devido à sua baixa proporção em massa (CASTRO et al., 2015).

6.4.2 Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

Tendo sido definidos o objetivo e o escopo do estudo, foi realizada a etapa de ICV, conforme descrito na metodologia. Para a construção do inventário, foram contabilizadas as entradas e saídas necessárias para a produção de 20.000 m³ de brita. Nesse sentido, foi considerado o consumo médio de energia, água e combustível durante dois meses de produção, para a indústria B e um mês de produção para a indústria C.

Os dados representados pelo número 0 (zero) indicam que não há entrada ou saída desses elementos no processo. Por exemplo, no caso da indústria B, não há utilização de energia elétrica no processo de britagem, enquanto a indústria C não utiliza energia proveniente de geradores, nesse mesmo processo. O consumo de óleo lubrificante foi descrito separadamente, uma vez que as empresas forneceram as quantidades de entrada em cada etapa, porém a quantidade de óleo de descarte foi contabilizada como um todo, ao final do processamento de britagem.

Os cálculos das emissões do diesel foram feitos com base no Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários: relatório final 2013 (BRASIL, 2014), ajustados para unidade funcional, o m³ de brita. As emissões do explosivo foram calculadas a partir dos dados publicados por Torres e Gama (2005), tendo em vista que o tipo de explosivo utilizado pelas indústrias é por emulsão, conhecido comercialmente por ANFO, do inglês *Ammonion Nitrate and Fuel Oil*, isto é, a mistura de nitrato de amônio (NH₄NO₃) e combustíveis (CH₂).

As emissões provenientes do consumo de energia elétrica foram calculadas utilizando o Balanço energético nacional: relatório síntese ano base 2016 (2017), onde encontram-se as informações atualizadas sobre energia, no Brasil. A descrição detalhada dos cálculos do ICV está no Apêndice B. Nas tabelas 5 a 10 estão descritos os ICVs de cada fase do processo de produção de brita:

Tabela 5 – Resultados do ICV – processo de detonação de rocha (extração)

Fluxos de entrada	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
	Ind. B	Ind. C	Ind. C			
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	15000	15000	15000	m ³ de brita	Pedra <i>in natura</i>	Dados primários
Explosivos - ANFO	0,65	0,53333333	0,53333333	kg/m ³ de brita	Explosivos para detonação	Dados primários
Diesel perfuratriz	0,26666667	0,26666667	0,26666667	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas	Dados primários
Diesel rompedor	0	0,03333333	0,05333333	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas	Dados primários
Diesel pá carregadeira	0,03333333	0	0	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas	Dados primários

Fluxos de saída	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
	Ind. B	Ind. C	Ind. C			
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	15000	15000	15000	m ³ de brita	Pedra <i>in natura</i>	Dados primários
Monóxido de carbono	22100	18133,3333	18133,3333	kg/m ³ de brita	Emissões do explosivo	Torres e Gama (2005)
Óxido Nitroso	5200	4266,66667	4266,66667	kg/m ³ de brita	Emissões do explosivo	Torres e Gama (2005)
Monóxido de carbono	0,1122	0,1122	0,11968	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxidos de nitrogênio	1,57488	1,57488	1,679872	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Material particulado	0,01428	0,01428	0,015232	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Hidrocarbonetos	0,01122	0,01122	0,011968	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Metano	0,0612	0,0612	0,06528	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxido Nitroso	0,0306	0,0306	0,03264	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Dióxido de carbono	2,65506	2,65506	2,832064	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)

Fonte: Autores.

Conforme observado no ICV do processo de extração, as emissões de monóxido de carbono (CO), provenientes dos explosivos é muito maior do que as emissões do consumo de diesel. Dentre as emissões do diesel, o maior volume é de dióxido de carbono (CO₂), em relação às outras substâncias. Na Tabela 6 constam os resultados do ICV do processo de transporte para a britagem:

Tabela 6 – Resultados do ICV – transporte para a britagem

Fluxos de entrada	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
	Ind. B	Ind. C	Ind. C			
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	15000	15000	15000	m ³ de brita	Pedra <i>in natura</i>	Dados primários
Diesel caminhão	0,03333333	0,13333333	0,13333333	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas	Dados primários
Diesel escavadeira hidráulica	0,3	0,24	0,24	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas	Dados primários
Fluxos de saída	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
	Ind. B	Ind. C	Ind. C			
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	15000	15000	15000	m ³ de brita	Pedra <i>in natura</i>	Dados primários
Monóxido de carbono	0,12466667	0,1396267	0,1396267	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxidos de nitrogênio	1,74986667	1,9598507	1,9598507	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Material particulado	0,01586667	0,0177707	0,0177707	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Hidrocarbonetos	0,01246667	0,0139627	0,0139627	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Metano	0,068	0,07616	0,07616	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxido Nitroso	0,034	0,03808	0,03808	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Dióxido de carbono	2,95006667	3,3040747	3,3040747	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)

Fonte: Autores.

Na fase de transporte para a britagem há apenas emissões atmosféricas provenientes do consumo de diesel, tanto pelas máquinas, quanto pelos caminhões, que fazem o transporte da pedra *in natura* até o beneficiamento. A circulação dos veículos e máquinas, nessa fase do processo, é interna, restringindo os impactos à área da indústria. Na Tabela 7 está descrito o ICV do processo de beneficiamento da brita:

Tabela 7 – Resultados do ICV – processo de britagem

Fluxos de entrada	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
	Ind. B	Ind. C	Ind. C			
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	15000	15000	15000	m ³ de brita	Pedra <i>in natura</i>	Dados primários
Energia elétrica	0	2,4	3,2	kWh/m ³ de brita	Energia para britagem	Dados primários
Diesel Gerador	1	0	0	L/m ³ de brita	Diesel para britagem	Dados primários
Graxa para equipamentos	0,00133333	0,004	0,0021333	kg/m ³ de brita	Graxa para equipamentos	Dados primários
Água	0,33333333	1,6	1,6	L/m ³ de brita	Água: beneficiamento e instalações	Dados primários
Fluxos de saída	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
	Ind. B	Ind. C	Ind. C			
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	20000	20000	20000	m ³ de brita	Brita	Dados primários
Monóxido de carbono	0	243,12	324,16	g/m ³ de brita	Emissões da Energia elétrica	BRASIL (2017)
Monóxido de carbono	0,374	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxidos de nitrogênio	5,2496	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Material particulado	0,0476	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Hidrocarbonetos	0,0374	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Metano	0,204	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxido Nitroso	0,102	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Dióxido de carbono	8,8502	0	0	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)

Fonte: Autores.

Durante o processo de britagem, o impacto mais significativo é referente às emissões decorrentes da utilização de energia elétrica, na indústria C. As emissões provenientes do combustível utilizado pelo gerador, na indústria B, representam um impacto muito menor, em relação ao uso de energia elétrica. Na tabela 8 estão os resultados do ICV da fase de carregamento do produto britado nos caminhões de entrega:

Tabela 8 – Resultados do ICV – Carregamento dos caminhões

Fluxos de entrada	Unidade funcional Ind. B	Unidade funcional Ind. C Britador 1	Unidade funcional Ind. C Britador 2	Unidade dimensional	Observações	Fonte
Diabásio	20000	20000	20000	m ³ de brita	Brita	Dados primários
Diesel pá carregadeira	0,03333333	0,1066667	0,1066667	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas	Dados primários
Fluxos de saída	Unidade funcional Ind. B	Unidade funcional Ind. C Britador 1	Unidade funcional Ind. C Britador 2	Unidade dimensional	Observações	Fonte
Diabásio	20000	20000	20000	m ³ de brita	Pedra <i>in natura</i>	Dados primários
Monóxido de carbono	0,01246665	0,0398933	0,0398933	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxidos de nitrogênio	0,17498649	0,5599575	0,5599575	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Material particulado	0,00158667	0,0050773	0,0050773	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Hidrocarbonetos	0,00124667	0,0039893	0,0039893	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Metano	0,00679999	0,02176	0,02176	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxido Nitroso	0,0034	0,01088	0,01088	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Dióxido de carbono	0,29500637	0,9440216	0,9440216	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)

Fonte Autores.

Nessa fase, as emissões são provenientes da utilização de combustível para o funcionamento da pá carregadeira, que abastece os caminhões com o material produzido, a fim de ser transportado ao consumidor final. As emissões são menores devido a quantidade menor de diesel, quando comparada à quantidade de diesel necessária para o transporte e para o funcionamento do britador. Na tabela 9 constam os dados do ICV da fase de transporte do material para os centros consumidores:

Tabela 9 – Resultados do ICV – transporte aos centros consumidores

Fluxos de entrada	Unidade funcional Ind. B	Unidade funcional Ind. C	Unidade funcional Ind. C	Unidade dimensional	Observações	Fonte
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	20000	20000	20000	m ³ de brita	Brita	Dados primários
Diesel caminhões	1	3,2	3,2	L/m ³ de brita	Diesel para caminhões	Dados primários
Fluxos de saída	Unidade funcional Ind. B	Unidade funcional Ind. C	Unidade funcional Ind. C	Unidade dimensional	Observações	Fonte
		Britador 1	Britador 2			
Diabásio	20000	20000	20000	m ³ de brita	Brita	Dados primários
Monóxido de carbono	0,374	1,1968	1,1968	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxidos de nitrogênio	5,2496	16,79872	16,79872	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Material particulado	0,0476	0,15232	0,15232	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Hidrocarbonetos	0,0374	0,11968	0,11968	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Metano	0,204	0,6528	0,6528	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Óxido Nitroso	0,102	0,3264	0,3264	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)
Dióxido de carbono	8,8502	28,32064	28,32064	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)	Brasil (2014)

Fonte: Autores.

Para fins de comparação entre as indústrias, foi estabelecida a distância média de 56 km, entre os britadores e o principal centro consumidor, Teresina. A indústria C consome uma quantidade maior de combustível em função de ter uma frota maior de caminhões para entrega. Como uma parte da entrega da indústria B é feita por frota terceirizada, o volume de combustível adquirido pela empresa, para abastecer seus caminhões, é menor. No entanto, há emissões tanto da frota própria, quanto da frota terceirizada, o que coloca as duas indústrias na mesma condição, em relação às emissões dessa fase do processo de produção de brita. Na tabela 10 estão os resultados do consumo de óleo lubrificante durante todo o processo:

Tabela 10 – Resultados do ICV – lubrificação das máquinas e caminhões

Fluxos entrada/saída	Substância	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade funcional	Unidade dimensional	Observações	Fonte
		Ind. B	Ind. C	Ind. C			
			Britador 1	Britador 2			
Entrada: detonação	Óleo lubrificante máquinas	0,0333333	0,016	0,016	ml/m ³ de brita	Óleo lubrificante	Dados primários
Entrada: transporte para britagem	Óleo lubrificante caminhão	3,333E-05	0,0013333	0,0030667	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante	Dados primários
	Óleo lubrificante escavadeira hidráulica	0,0003333	0,0030667	0,0049333	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante	Dados primários
Entrada: britagem	Óleo lubrificante gerador da britagem	0,0001333	0	0	L/m ³ de brita	Óleo para gerador	Dados primários
	Óleo hidráulico sistema de britagem	0,0013333	0,0017067	0,0016	L/m ³ de brita	Óleo para sistema de britagem	Dados primários
Entrada: carregamento dos caminhões	Óleo lubrificante pá carregadeira	0,0333333	0,016	0,016	ml/m ³ de brita	Óleo lubrificante	Dados primários
Entrada: Transporte consumidor final	Óleo lubrificante transporte final	0,0026667	0,0085333	0,00864	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante	Dados primários
Saída	Óleos de descarte do processo como um todo	0,0047333	0,0117333	0,016	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante usado para reciclagem	Dados primários

Fonte: Autores.

O maior volume de óleo lubrificante é utilizado na fase de britagem, para a lubrificação dos equipamentos do britador, nas duas indústrias. A indústria B utiliza, ainda nessa fase, o óleo para lubrificar o gerador, de onde provém a energia para o funcionamento do britador. Todo o óleo descartado é recolhido por empresas homologadas para posterior reciclagem.

Analisando os resultados do inventário, pode-se notar que o maior fluxo de emissões atmosféricas está na fase de transporte para o consumidor final, devido ao grande volume de óleo diesel utilizado nessa etapa. Em relação às emissões de CO provenientes da utilização de energia elétrica, é possível perceber que o total pode ser mais de trezentas vezes maior (Tabela 7) do que as emissões com a utilização de óleo diesel para abastecer o gerador,

demonstrando que a empresa que opera sem a utilização de energia elétrica possui melhor desempenho no quesito emissão de CO.

Rossi e Sales (2014), em um estudo feito em uma pedreira de basalto, sobre a pegada de carbono de agregados graúdos, concluíram que as emissões provenientes do consumo de energia elétrica são as mais significativas, quando comparadas às emissões provenientes do consumo de óleo diesel. Portanto, nota-se que o uso de geradores, como fonte de energia, é mais viável, do ponto de vista ambiental.

O Brasil é um país que apresenta um baixo índice de emissão de CO₂, quando comparado a outros países. O índice brasileiro é de 101,3 kg CO₂/MWh, enquanto que a China apresenta um índice de emissões de CO₂ de 772,1 kg/MWh, os EUA, 489,8 kg/MWh e a União Europeia, 366,2 kg/MWh. Além disso, a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira é de 43,5%, sendo um dos índices mais altos do mundo (BRASIL, 2017).

O consumo de recursos naturais não renováveis, o diabásio nesse caso específico, produz um impacto significativo ao meio ambiente, tendo em vista o volume expressivo extraído desse mineral. Segundo informações fornecidas pelos gestores, a indústria B possui tempo para exploração da mina de oitenta anos e a indústria C, cinquenta anos, desde que a produção permaneça nas proporções atuais.

6.4.3 Matriz de avaliação de impactos ambientais

Para a avaliação dos impactos ambientais da atividade de mineração de brita, foi elaborada uma matriz, baseada em Vásquez (2012), que contém os principais impactos de cada etapa do processo de produção da brita, desde a sua extração, beneficiamento, até o transporte ao consumidor final.

Vásquez (2012) propõe uma lista de controle baseada em dois parâmetros, nos quais os impactos devem ser classificados: meio natural e meio humano. O meio natural é subdividido em duas categorias: físico-químico e físico-biótico. Segundo proposto pelo autor, os fatores ambientais devem ser classificados, conforme o quadro 1:

Quadro 1 – Fatores ambientais

Meio Natural		Meio Humano
<i>Físico-químico</i>	<i>Físico-biótico (biológico)</i>	<i>Meio socioeconômico</i>
Clima	Vegetação (flora)	Meio social
Atmosfera (ar)	Fauna	Uso de recursos naturais
Hidrosfera (água superficial/subterrânea)	Espaço de interesse ecológico	Qualidade de vida
Litosfera (solo/subsolo)	Paisagem (percepção visual)	Patrimônio cultural

Fonte: Adaptado de Vásquez (2012)

Cada fator selecionado, foi relacionado com a atividade desenvolvida, conforme o impacto gerado. A atribuição de pontuação 0, 1 e 2 para cada tipo de impacto proporcionou o conhecimento da fase em que ocorrem os impactos mais significativos. Foi atribuído peso 0, para ausência de impacto; peso 1 para menor impacto e peso 2 para maior impacto. Assim, foi elaborada uma tabela com a finalidade de elencar os principais impactos, em cada atividade desenvolvida na mineradora, a fim de conhecer a atividade mais impactante e o meio mais afetado. Na Tabela 11 consta essa relação:

Tabela 11 – Relação entre a atividade e os impactos ambientais da produção de brita

Atividade	Meio físico-químico					Meio físico-biótico					Meio antrópico								Total
	Alteração da qualidade das águas superficiais	Alteração da qualidade do ar	Alteração da qualidade do solo	Alteração da topografia	Alteração do microclima	Alteração na morfologia vegetal	Afugento da fauna	Perda da biodiversidade	Alteração de espaços de interesse ecológico	Impacto visual (alteração da paisagem)	Geração de renda para a comunidade	Alteração na qualidade de vida da comunidade	Aumento do tráfego de veículos	Desconforto/perturbação para a comunidade	Poliuição sonora	Exaustão dos recursos naturais	Perda do patrimônio cultural	Riscos à saúde humana	
Remoção da cobertura vegetal	2	2	2	1	2	0	2	2	1	2	0	0	1	0	0	0	1	1	19
Remoção da camada superficial do solo	2	0	2	2	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	9
Estocagem da camada de solo	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Explosões de rocha	0	2	0	2	0	0	2	0	1	2	0	1	2	1	1	2	1	2	19
Vibrações do terreno	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	9
Ultralançamento de fragmentos	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	5
Transporte da pedra para o beneficiamento	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	8
Circulação interna de veículos e máquinas	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	10
Beneficiamento/britagem	0	2	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	2	2	0	2	15
Manutenção de máquinas e caminhões	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Abastecimento de máquinas e caminhões	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Armazenagem de óleo diesel	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Geração de resíduos e efluentes	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	15
Geração de emissões atmosféricas	0	2	0	0	2	2	1	1	0	2	0	2	2	2	0	0	0	2	18
Geração de material particulado	0	2	0	0	2	2	1	1	0	2	0	2	0	2	0	0	0	2	16
Geração de ruídos	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2	2	2	0	0	2	14
Transporte ao consumidor final	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	1	2	0	0	1	11
Geração de empregos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	12	18	16	7	11	9	14	7	2	16	2	13	14	14	12	4	2	19	

Fonte: Adaptado de Vásquez (2012)

De acordo com os dados obtidos, pode-se perceber que as atividades mais impactantes são: a remoção da cobertura vegetal (19), as explosões de rocha (19) e as emissões atmosféricas (18). O alto índice de emissões atmosféricas é confirmado nos resultados obtidos com o ICV. Em relação ao meio mais afetado, tem-se: no meio físico-químico, a alteração da qualidade do ar (18); no meio físico-biótico, o impacto visual (16); e no meio humano, os riscos à saúde humana (19).

É importante ressaltar que, embora a extração mineral tenha como principal característica a exploração de recursos naturais não renováveis, o impacto da exaustão de recursos minerais não é o mais significativo, quando comparado a outros impactos ambientais decorrentes dessa atividade, pois sua abrangência fica restrita ao local. Essa constatação foi feita através da observação do funcionamento das indústrias, onde foi percebido que os impactos decorrentes das emissões e da retirada da vegetação produzem um efeito maior da perspectiva do impacto visual.

A remoção da cobertura vegetal e da camada superficial do solo é um impacto significativo pois altera, não apenas as características do solo, mas também contribui com a diminuição da biodiversidade, alterando o microclima da região (LUNA et al., 2016). As explosões de rocha e vibração do terreno, além de alterar a topografia da região, tem um impacto direto nas comunidades do entorno, provocando desconforto à população (ARMAGHANI et al., 2015).

A circulação de veículos, tanto internamente, quanto para a entrega do produto nos centros consumidores provoca um alto índice de emissões atmosféricas. Esse impacto tem uma maior abrangência geográfica, uma vez que existe uma distância significativa até os centros consumidores. Esse dado foi confirmado pelo ICV, que demonstrou o alto impacto das emissões atmosféricas na fase de entrega da brita.

Além disso, o desprendimento de material particulado tanto pelos veículos e máquinas, como pelo sistema de britagem, contribuem causando poluição do ar (PENG et al., 2016). A poluição sonora provocada pelos veículos, máquinas e pelos equipamentos de britagem causa desconforto tanto para os trabalhadores das pedreiras, quanto para os moradores do entorno (IRAMINA et al., 2009).

Dentre os impactos positivos, pode-se citar, em primeiro lugar, a geração de empregos, que movimenta o comércio regional, pois incrementa a renda da população. A arrecadação de impostos também é um fator que contribui com a dinamização econômica da região, atraindo recursos aos cofres públicos. Esse cenário gera benefícios do ponto de vista

socioeconômico, que refletem em maiores investimentos em infraestrutura, melhorando a qualidade de vida da população (TAKANO; FLORES; LIMA, 2016).

Embora a mineração de brita seja uma atividade que causa diversos impactos negativos ao meio ambiente, existem também impactos positivos, do ponto de vista social e econômico. Por isso, é imprescindível que a atividade seja desenvolvida com responsabilidade, monitorando os impactos adversos de forma que os mesmos sejam mitigados através de ações compensatórias e de reposição ambiental.

6.4.4 Medidas de mitigação de impactos ambientais

Existem formas de mitigação dos impactos ambientais causados por esse tipo de mineração. Com base na observação direta do funcionamento das indústrias e nos registros encontrados na literatura científica, é possível sugerir algumas medidas mitigadoras para os impactos ambientais identificados.

As emissões atmosféricas, provenientes do consumo de combustível e da utilização de energia elétrica, representam um grande impacto em indústrias de brita. A manutenção periódica dos equipamentos, máquinas e frota, bem como a troca por opções mais modernas, além da escolha de combustíveis menos poluentes pode representar a redução dos impactos causados pelas emissões (AGUIRRE; HENNIES, 2010). Existem, no mercado, combustíveis como o diesel S10, que causa menos emissões atmosféricas e é uma alternativa para a diminuição desse impacto.

A remoção da cobertura vegetal e da camada superficial do solo é inevitável, porém, o armazenamento do material para posterior utilização é uma medida de recuperação ambiental que contribui para a recomposição da área no futuro (MECHI; SANCHES, 2010). O plantio de vegetação nas áreas próximas às indústrias pode diminuir o impacto visual causado pela mudança na paisagem e melhorar o microclima da região (UBAQUE; VACA; RODRÍGUES, 2014).

Da mesma forma, a emissão de material particulado e ruídos são inevitáveis, mas podem ser controlados. A utilização de aspersores de água nas correias transportadoras diminui a incidência de poeira (CALAES et. al., 2008; PENG et al., 2016). As indústrias A e C utilizam esse dispositivo, enquanto que a indústria B, não. O uso adequado de EPIs, além de proteger contra doenças pulmonares e auriculares, evita acidentes na área das pedreiras (BACCI; LANDIM; ESTON, 2006). O uso de protetores auriculares protege contra a poluição sonora, diminuindo os riscos de doenças como a surdez

Dentre todas as medidas mitigadoras, a principal consiste no monitoramento da atividade, desde o início da produção até o fechamento da mina. Segundo Josa, Jorba e Vallejo (2012) e Bidstrup e Hansen (2014), o monitoramento é uma forma de garantir que as atividades referentes à recuperação das áreas degradadas serão efetivamente cumpridas, no devido tempo. A exaustão dos recursos naturais não pode ser evitada, uma vez que, quando o mineral é retirado da natureza, não há possibilidade de sua reposição. Portanto, a adoção de medidas de recuperação das áreas degradadas e reposição ambiental são imprescindíveis para que a atividade possa ser desenvolvida de maneira responsável e sustentável.

6.5 Conclusão

A mineração de brita é uma atividade essencial pois promove a infraestrutura urbana através de construção de moradias, estradas, obras de saneamento básico, entre outras. No entanto, causa diversos impactos ambientais que devem ser mitigados, através de adoção de medidas sustentáveis, que promovam o controle e diminuição dos mesmos.

Através da análise das indústrias de brita da região de Monsenhor Gil, Piauí, foi possível a construção de um ICV, que demonstrou que os maiores impactos são provenientes das emissões atmosféricas, principalmente da utilização de energia elétrica. Nesse sentido, a indústria B, que utiliza geradores como fonte de energia para o funcionamento do britador, encontra-se numa condição melhor, do ponto de vista ambiental.

Através da matriz de avaliação dos impactos ambientais, foi possível concluir que as atividades mais impactantes, no decorrer do processo, são a remoção da camada vegetal e as explosões de rocha. O impacto visual, a alteração na qualidade do ar e os riscos à saúde humana são os meios que sofrem as maiores alterações, durante o processo. A indicação das fases que causam os maiores impactos, bem como os meios (físico/biótico/humano) que sofrem as maiores alterações, proporciona o aprimoramento na tomada de decisão quanto às ações mitigadoras e de compensação ambiental, para que a atividade seja desenvolvida de maneira sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. NBR ISO 14044: **Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009b

AGUIRRE, A. B.; HENNIES, W. T. Logística para agregados (brita e areia) em grandes centros urbanos. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 4, p. 639-643, 2010.

ARMAGHANI, D. J.; MOMENI, E.; ABAD, S. V. A. N. K.; KHANDELWAL, M. Feasibility of ANFIS model for prediction of ground vibrations resulting from quarry blasting. **Environmental Earth Science**, v. 74, p. 2845–2860, 2015.

AZEVEDO, B. M.; ERDMANN, R. H.; TRIERWEILLER, A. C.; BENTO, V. F. análise do sistema de produção e dos fatores de competitividade em uma empresa do setor de mineração do sul do Brasil. **Revista de Administração da UFSM**, v. 9, n. 2, p. 228-248, 2016.

BOND, A.; FICHER, T. B.; FOTHERGILL, J. Progressing quality control in environmental impact assessment beyond legislative compliance: An evaluation of the IEMA EIA Quality Mark certification scheme. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 63, p. 160-171, 2017.

BACCI, D. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Revista Escola Minas**, v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006.

BIDSTRUP, M.; HANSEN, A. M. The paradox of strategic environmental assessment. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 47, p. 29-35, 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 1/86**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 22 out 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Balanco energético nacional: relatório síntese ano base 2016**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf. Acesso em 13 nov 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários: relatório final 2013**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/inventario/inventario_Ar/2014-05-27%20inventrio%202013.pdf. Acesso em 12 nov 2017.

BURCHART-KOROL, D.; FUGIEL, A.; CZAPLICKA-KOLARZ, K.; TUREK, M. [Model of environmental life cycle assessment for coal mining operations](#). **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 61-72, 2016.

CALAES, G. D.; CARNEIRO NETO, B. P. C.; MARGUERON, C.; AMARAL, J. A. G. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 2. **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p. 47-56, 2008.

CASTRO, A. L.; SILVA, F. B.; ARDUIN, R. H.; OLIVEIRA, L. A.; BECERE, O. H. Análise da viabilidade técnica da adaptação de dados internacionais de inventário de ciclo de vida para o contexto brasileiro: um estudo de caso do concreto para paredes moldadas no local. 57º Congresso Brasileiro do Concreto CBC 2015. *Anais...* Bonito – MG. 2015.

DU, G.; SAFI, M.; PETTERSSON, L.; KAROUMI, R. Life cycle assessment as a decision support tool for bridge procurement: environmental impact comparison among five bridge designs. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, pg. 1948 -1964, 2014.

FERREIRA, H.; LEITE, M. G. P. [A Life Cycle Assessment study of iron ore](#) mining. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 1081-1091, 2015

HANSEN, E.; WOOD, G. Understanding EIA scoping in practice: A pragmatist interpretation of effectiveness. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 58, p. 01-11, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Mapas** (2014). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10 nov 2017.

INGRAO, C.; GIUDICE, A. L.; TRICASE, C.; MBOHWA, C.; RANA R. The use of basalt aggregates in the production of concrete for the prefabrication industry: Environmental impact assessment, interpretation and improvement. **Journal of Cleaner Production**. v. 75, p. 195-204, 2014.

IRAMINA, W. S.; TACHIBANA, I. K.; SILVA, L. M. C.; ESTON, S. M. Identificação e controle de riscos ocupacionais em pedreira da região metropolitana de São Paulo. **Revista Escola de Minas**, v. 62, n. 4, p. 503-509, 2009.

JOSA, R.; JORBA, M.; VALLEJO, V. R. Opencast mine restoration in a Mediterranean semi-arid environment: Failure of some common practices. **Ecological Engineering**, v. 42, p. 183–191, 2012.

JULLIEN, A.; DAUVERGNE, M.; CERESO, V. [Environmental assessment of road construction and maintenance policies using LCA](#). **Transportation Research Part D**, v. 29, p. 56-65, 2014.

KIM, T. H.; TAE, S. H. Proposal of Environmental Impact Assessment Method for Concrete in South Korea: An Application in LCA (Life Cycle Assessment). **International Journal of Environmental Research and Public Health**. v. 13, p. 1-16. 2016.

LUNA, L.; PASTORELLI, R.; BASTIDA, F.; HERNÁNDEZ, T.; GARCÍA, C.; MIRALLES, I.; SOLÉ-BENET, A. The combination of quarry restoration strategies in semiarid climate induces different responses in biochemical and microbiological soil properties. **Applied Soil Ecology**, v. 107, p. 33–47, 2016.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

NORTHEY, S. ; HAQUE, N. ; MUDD, G. [Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining](#). **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 118-128, 2013.

PENG, X.; SHI, G. L.; ZHENG, J.; LIU, J. Y.; SHI, X. R.; XU, J.; FENG, Y. C. Influence of quarry mining dust on PM2.5 in a city adjacent to a limestone quarry: Seasonal characteristics and source contributions. **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 940–949, 2016.

PERMINOVA, T.; SIRINA, N.; LARATTE, B.; BARANOVSKAYA, N.; RIKHVANOV, L. Methods for land use impact assessment: A review. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 60, p. 64-74, 2016.

RODRIGUES, T. O.; SUGAWARA, E. T.; SILVA, D. A. L.; MATSUURA, M. I. S. F.; BRAGA, T. E. N.; UGAYA, C. M. L. Guia Qualidata: requisitos de qualidade de conjuntos de dados para o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida. Brasília: IBICT, 2016.

ROSSI, E.; SALES, A. Carbon footprint of coarse aggregate in Brazilian construction. **Construction and Building Materials**, v. 72, p. 333–339, 2014.

SAHA, D. C.; PADHY, P. K. Effects of stone crushing industry on *Shorea robusta* and *Madhuca indica* foliage in Lalpahari forest. **Atmospheric Pollution Research**, v. 2, n. 4, p. 463-476, 2011.

SCHAUBROECK, T.; DECKMYN, G.; GIOT, O.; CAMPIOLI, M.; VANPOUCKE, C.; VERHEYEN, K.; RUGANI, B.; ACHTEN, W.; VERBEECK, H.; DEWULF, J.; MUYS, B. Environmental impact assessment and monetary ecosystem service valuation of an ecosystem under different future environmental change and management scenarios; a case study of a Scots pine forest. **Journal of Environmental Management**, v. 173, p. 79-94, 2016.

TABATABAEI, J.; MOHAMMADI, F. Environmental Effects of Mining Industries in Meymeh Region, North West of Isfahan. **APCBEE Procedia**, v. 5, p. 388-393, 2013.

TAKANO, C. C.; FLORES, J. C. C.; LIMA, H. M. An Analysis of the Rate for Controlling, Monitoring and Supervision of Exploration and Mining Activities of Mineral Resources (TFRM). **Revista Escola de Minas**, v. 69, n. 1, p. 105-110, 2016.

TORRES, V. F. N.; GAMA, C. D. **Engenharia ambiental subterrânea e aplicações**. Rio de Janeiro: CETEM/CYTED, 2005. 550p.

UBAQUE, C. A. G.; VACA, M. C. G.; RODRÍGUES, C. F. A. Evaluación y diagnóstico de passivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. **Tecnura**, v. 18, n. 42, p. 90-102, 2014.

VALDERRAMA, C.; GRANADOS, R.; CORTINA, J. L.; GASOL, C. M.; GUILLEM, M.; JOSA, A. Implementation of best available techniques in cement manufacturing: a life-cycle assessment study. **Journal of Cleaner Production**, v. 25, p. 60-67, 2012.

VÁSQUEZ, L. B. L. **Estudio y evaluación de impacto ambiental em ingeniería civil**. San Vicente: Editorial Club Universitario, 2012. 240 p.

ZELENÁKOVÁ, M.; ZVIJÁKOVÁ, L. Risk analysis within environmental impact assessment of proposed construction activity. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 62, p. 76-89, 2017.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas visitas realizadas às indústrias de brita da região de Monsenhor Gil – PI, foram constatados diversos impactos ambientais, causados pela exploração das jazidas de diabásio. Puderam ser observadas as áreas de desmatamento, o impacto visual da mudança na paisagem, alterações na topografia, a emissão de material particulado, gases e ruídos, entre outros. Em contrapartida, essas empresas causam impactos sociais positivos, pois geram um número significativo de empregos para os moradores das comunidades do entorno, melhorando a renda dessa população.

As três indústrias cumpriram todos os requisitos para a obtenção das licenças ambientais, no entanto, os estudos possuem algumas falhas que comprometeram a eficácia do processo de licenciamento. Nenhuma das indústrias iniciou o processo de recuperação das áreas degradadas, sob a alegação de que ainda não possuem áreas de exaustão mineral. Além disso, o custo da reposição ambiental não é computado no valor de venda do produto, em nenhuma delas.

A falta de efetividade do licenciamento também foi verificada em relação aos órgãos ambientais, que não fazem fiscalizações periódicas nas indústrias e não cumprem com o prazo máximo de emissão de licenças, estabelecido na lei. Não houve pedidos de audiências públicas e não há participação das comunidades nos projetos de educação ambiental.

Em relação à avaliação de impactos, através da análise do ICV, foi constatado que as emissões atmosféricas, decorrentes do uso de energia elétrica, na fase de beneficiamento do produto é o fator mais impactante ao meio ambiente. Também foi possível perceber o impacto significativo da remoção da cobertura vegetal e das explosões de rocha, e que os meios físico/biótico/humano mais afetados são: alteração da qualidade do ar, o impacto visual e a saúde humana.

Conforme encontrado na literatura científica, existem medidas mitigadoras para amenizar esses impactos como: o uso de aspersores de água, uso de combustíveis menos poluente, manutenção preventiva das máquinas, equipamentos e frota, utilização correta dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), além dos cuidados na preparação da área a ser explorada, que podem contribuir com a mitigação dos efeitos negativos causados pela atividade.

Os dados obtidos nesse estudo poderão subsidiar a elaboração de um inventário nacional para o mineral diabásio, que auxiliará a realização de outros trabalhos de ACV, coerentes com a realidade brasileira. Sendo a mineração de brita indispensável, uma vez que gera os insumos utilizados na construção civil, é necessário que a atividade seja realizada com responsabilidade e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Agregados minerais para obras de construção civil e infraestrutura nas principais regiões metropolitanas do Brasil: diagnóstico e cenários da cadeia produtiva, com seus desafios e oportunidades. In: **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**. Brasília, 2015. p. 260. Disponível em <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Setorial%20de%20Agregados%20da%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. NBR ISO 14044: **Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009b

_____. NBR 9935: **Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2011.

AGUIRRE, A. B.; HENNIES, W. T. Logística para agregados (brita e areia) em grandes centros urbanos. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 4, p. 639-643, 2010.

ALMEIDA, M. R. R.; MALFARÁ, D. T.; MENDES, N. C. MORAES, M. C. P; SOUZA, M. P. Aplicação de métodos para revisão da qualidade de estudos de impacto ambiental. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.1, n. 2, p.1-28, 2012.

ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. **Manual de agregados para a construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009.

ANDRADE, F. R. D.; PECCHIO, M.; BENDORAITIS, D. P.; MONTANHEIRO, T. J.; KIHARA, Y. Basalt mine-tailings as raw-materials for Portland clinker. **Cerâmica**, v. 56, p. 39-43, 2010.

ANEPAC - **Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil**. 2017. Disponível em <<http://www.anepac.org.br/>>. Acesso em 15 abr. 2017.

ARMAGHANI, D. J.; MOMENI, E.; ABAD, S. V. A. N. K.; KHANDELWAL, M. Feasibility of ANFIS model for prediction of ground vibrations resulting from quarry blasting. **Environmental Earth Science**, v. 74, p. 2845–2860, 2015.

ARRIBA, M. F.; FERNANDEZ, M. E. D.; NICIEZA, C. G.; FERNANDEZ, M. I. A.; VIGIL, A. E. A. A computational algorithm for rock cutting optimisation from primary Blocks. **Computers and Geotechnics**, v. 50, p. 29–40, 2013.

ATAC, B.; DENIZ, A.; SERKAN, T.; ALP, B. S. Study of the optimal aggregate blending model for quarries. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 1304-1315, 2016.

BACCI, D. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. **Revista Escola Minas**, v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006.

BARAKAT, A.; OUARGAF, Z.; TOUHAMI, F. Identification of potential areas hosting aggregate resources using GIS method: a case study of Tadla-Azilal Region, Morocco. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 774-790, 2016.

BAUMBACH, M. O.; PRADO FILHO, J. F.; FONSECA, A. Environmental management in small mining enterprises: comparative analysis of three Brazilian cases through the lenses of ISO 14001. **Revista Escola de Minas**, v. 66, n. 1, p. 111-116, 2013.

BIDSTRUP, M.; HANSEN, A. M. The paradox of strategic environmental assessment. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 47, p. 29-35, 2014.

BOND, A.; FICHER, T. B.; FOTHERGILL, J. Progressing quality control in environmental impact assessment beyond legislative compliance: An evaluation of the IEMA EIA Quality Mark certification scheme. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 63, p. 160-171, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução 307**, de 05 de julho de 2002. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em 28 abr. 2017.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____. Lei 1.356, de 03 de outubro de 1988. Dispõe sobre os procedimentos vinculados à elaboração, análise e aprovação dos estudos de impacto ambiental. Brasília, 1988b. Disponível em: <<http://www.alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/b24a2da5a077847c032564f4005d4bf2/9469909dacf391bc0325653a007da634>> Acesso em 13 abr 2017

_____. Decreto – Lei 9.985 de 18 de julho de 2.000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em 19 abr 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **IBAMA** - Manual de Normas e Procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/MANUAL_mineracao.pdf>. Acesso em 11 abr. 2017.

_____. **Resolução 237**, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em 20 abr. 2017.

BRASILEIRO, L. L., MATOS, J. M. E.; Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**. v. 61, p. 178-189, 2015.

BRUNIER, G.; ANTHONY E. J.; GOICHOT, M.; PROVANSAL, M.; DUSSOUILLEZ, P. Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: The marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilisation. **Geomorphology**, v. 224, p. 177–191, 2014.

CABALAR, A. F.; DULUNDU, K.; TUNCAY, K. Strength of various sands in triaxial and cyclic direct shear tests. **Engineering Geology**, v. 156, p. 92–102, 2013.

CALAES, G. D.; NETO, B. P. C.; MARGUERON, C.; AMARAL, J. A. G. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 1. **Revista Escola de Minas**, v. 60, n. 4, p. 675-685, 2007.

_____. Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país – Parte 2. **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 1, p. 47-56, 2008.

CAMPOS, N. L. F. **Avaliação de ruído em pedreira**. 2012. 82f. Monografia (Especialização) – Título de Especialista em Segurança do Trabalho. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

CARDENAS, I. C.; HALMAN, J. I. M. Coping with uncertainty in environmental impact assessments: Open techniques. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 60, p. 24-39, 2016.

CARVALHO, D. L.; LIMA, A. V. Metodologias para avaliação de impactos ambientais de aproveitamentos hidrelétricos. In: **XVI Encontro Nacional de Geógrafos**. 2010, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 2010. p. 1-11.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. In: **Banco de dados: número de estabelecimentos na construção civil**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/empresas-de-construcao/estabelecimentos-na-construcao>>. Acesso em 21 abr. 2017.

_____. In: **Banco de dados: evolução do valor médio/mediano do cimento Portland 32 – em R\$/kg**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>> Acesso em 14 abr. 2017.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F., FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. v. 13, n. 5, p. 3821-3830, 2014.

DE PAULA, E. M. S.; SILVA, E. V.; GORAYEB, A. Percepção ambiental e dinâmica geológica: premissas para o planejamento e gestão ambiental. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 26, n.3, p. 511-518, 2014.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. In: **Sumário Mineral 2015**. Brasília, v. 35, p.135, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>> Acesso em: 12 abr. 2017.

ENGIDASEW, T. A.; BARBIERI, G. Geo-engineering evaluation of Termaber basalt rock mass for crushed stone aggregate and building stone from Central Ethiopia. **Journal of African Earth Sciences**, v. 99, p. 581–594, 2014.

EPA – Laws & Regulations. In: **United States Environmental Protection Agency**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/laws-regulations>>. Acesso em 15 abr 2017

ESPINOZA, R. D.; ROJO, J. Towards sustainable mining (Part I): Valuing investment opportunities in the mining sector. **Resources Policy**, v.52, p. 7-18, 2017

FADUL, A. Entrevista: Plano Nacional de Agregados para a Construção Civil deve sair do papel. In: **FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2015 Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/entrevista-plano-nacional-de-agregados-minerais-para-construcao-civil-deve-sair-do-papel/>>. Acesso em 26 abr. 2017.

FARINACCIO, A.; TESSLER, M. G. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 10, n. 4, p. 419-434, 2010.

FERREIRA V. J.; VILAPLANA A. S. G.; ARMINGOL T. G.; USON A. A.; GONZALEZ C. L.; SABIRON A. M. L.; FERREIRA G. Evaluation of the steel slag incorporation as coarse aggregate for road construction: technical requirements and environmental impact assessment. **Journal of Cleaner Production**. v. 130, p. 175-186, 2016.

FONSECA JUNIOR, C. A. F.; FERREIRA, G. E. Mercado de Agregados no Brasil. **XX Jornada de Iniciação Científica – CETEM**, Rio de Janeiro, 2012.

FONSECA, A.; SÁNCHEZ, L. E.; RIBEIRO, J. C. J. Reforming EIA systems: A critical review of proposals in Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 62, p. 90-97, 2017.

GOH, E.; EFFENDI, S. Overview of an effective governance policy for mineral resource sustainability in Malaysia. **Resources Policy**. v. 52, p. 1-6, 2017.

GOMES, L. P.; PERUZATTO, M.; SANTOS, V. S.; SELBITO, M. A. Indicadores de sustentabilidade na avaliação de granjas suínícolas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.2, p. 143-154, 2014.

GONÇALVES, E. V.; LIRA, D. F. O licenciamento ambiental nas atividades de mineração. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. 15, n. 102, 2012. Disponível em:<http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?artigo_id=12009&n_link=revista_artigos_leitura>. Acesso em 29 nov 2016.

HE, M.; JIA, X.; COLI, M.; LIVI, E.; SOUSA, L. Experimental study of rockbursts in underground quarrying of Carrara marble. **International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences**, v. 52, p. 1–8, 2012.

HEID, N.; HILL, S. M. Biogeochemical sampling for mineral exploration in arid terrains: Tanami Gold Province, Australia. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 104, p. 105–117, 2010.

HERAS, M. M. Development of soil physical structure and biological functionality in mining spoils affected by soil erosion in a Mediterranean-Continental environment. **Geoderma**, v. 149, p. 249–256, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. In: **Banco de Dados Agregados**. 2013. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/987>>. Acesso em 17 abr. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Senso do Piauí**, 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_piaui.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.

IBRAM – Instituto Brasileiro De Mineração. In: **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira** - Agregados, Brasília: Ed. Sete, 2015. p.21-22

INGRAO, C.; GIUDICE, A. L.; TRICASE, C.; MBOHWA, C.; RANA R. The use of basalt aggregates in the production of concrete for the prefabrication industry: Environmental impact assessment, interpretation and improvement. **Journal of Cleaner Production**. v. 75, p. 195-204, 2014.

IQA – The Institute of Quarrying Australia. In: **Annual Reports**. Sidney, Australia, 2012. Disponível em: <<https://www.quarry.com.au>>. Acesso em 20 abr. 2017.

JASKOSKI, M. Environmental Licensing and Conflict in Peru's Mining Sector: A Path-Dependent Analysis. **World Development**, v. 64, p. 873–883, 2014.

JAY, S.; JONES, C.; SLINN, P.; WOOD, C. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 287–300, 2007.

JOSA, R.; JORBA, M.; VALLEJO, V. R. Opencast mine restoration in a Mediterranean semi-arid environment: Failure of some common practices. **Ecological Engineering**, v. 42, p. 183–191, 2012.

KABIR, S.; AL-SHAYEB, A.; KHAN, I. M. Recycled Construction Debris as Concrete Aggregate for Sustainable Construction Materials. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1518-1525, 2016.

KEKOVALI, K.; KALAFAT, D. Detecting of Mining-Quarrying Activities in Turkey Using Satellite Imagery and its Correlation with Daytime to Nighttime Ratio Analysis. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 42, n. 1, p. 227–232, 2014.

KUNDU, S.; AGGARWAL, A.; MAZUMDAR, S.; DUTT, K. B. Stabilization characteristics of copper mine tailings through its utilization as a partial substitute for cement in concrete: preliminary investigations. **Environmental Earth Science**, v. 75, p. 227-236, 2016.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a Construção Civil**. 2009. Disponível em: <http://www.sindibrita.org.br/servicos/agregados_para_construcao_civil.pdf> Acesso em 25 abr. 2017.

LIMA, H. M.; FLORES, J. C. C.; COSTA, F. L. Plano de Recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo. **Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 4, p. 397-402, 2006.

LIRA, M.; RABBANI, E. K.; BARKOKEBAS JUNIOR, B.; LAGO, E. Risk evaluation and exposure control of mineral dust containing free crystalline silica: a study case at a quarry in the Recife Metropolitan Area. **Work**, v. 41, p. 3109-3116, 2012.

LOBOS, V.; PARTIDARIO, M. Theory versus practice in Strategic Environmental Assessment (SEA). **Environmental Impact Assessment Review**. v. 48, p. 34-46, 2014.

LYHNE, I.; LAERHOVEN, F.; CASHMORE, M.; RUNHAAR, H. Theorising EIA effectiveness: A contribution based on the Danish system. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 62, p. 240-249, 2017.

MAGNO, L. Ordenamento territorial da mineração no Brasil e conflitos ambientais. **Geografias**. v. 11, n. 1, p. 84-107, 2015.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MILGROM, T. Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. **Landscape and Urban Planning**, v. 87, p. 172-179, 2008.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINERÍA-MIEM. In: **Minerya Y Geologia**. Disponível em: <<http://www.miem.gub.uy>>. Acesso em: 25 abr 2017.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. In: **Ministerio de Obras Públicas Y Comunicaciones**. Disponível em: <<http://www.ssme.gov.py>>. Acesso em 25 abr 2017.

MURESAN, G. A.; GLIGOR, V. The mining risks and the landscape impact on the regional system of the Apuseni Mountains. **Riscuri și Catastrofe**, v. 16, n. 14, p. 117-130, 2015.

OLIVEIRA, C. M.; ESPÍNDOLA, I. B. Harmonization of legal environmental standards in MERCOSUR countries. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 1-18, 2015.

ORTIZ, O. J. R.; TAUTA, J. F. C.; LEÓN, A. L. Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo. **Revista Científica General José María Córdova**, v. 11, n. 12, p. 215-232, 2013.

PAIVA, I. C. P. S. B. R.; OLIVEIRA, A. K. M.; BONONI, V. L. R. Análise da abordagem socioeconômica no contexto do licenciamento ambiental de empreendimentos sucroenergéticos no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Sociedade e Natureza**, v. 27, n. 1, p. 97-110, 2015.

PARSONS, I. Spoiled land: Parting Shots. **Elements**, p. 431-432, 2011.

PENG, X.; SHI, G. L.; ZHENG, J.; LIU, J. Y.; SHI, X. R.; XU, J.; FENG, Y. C. Influence of quarry mining dust on PM_{2.5} in a city adjacent to a limestone quarry: Seasonal characteristics and source contributions. **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 940-949, 2016.

PIAUI. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Legislação ambiental do Estado do Piauí**. Teresina: SEMAR, 2014. 431 p.

PRADO FILHO, J. F.; SOUZA, M. P. O licenciamento ambiental da mineração no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais – uma análise da implementação de medidas de controle ambiental formuladas em EIAs/RIMAs. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 343-349, 2004.

RAO, K. B.; DESAI, V. B.; MOHAN, D. J. Experimental Investigations on Mode II Fracture of Concrete with Crushed Granite Stone Fine Aggregate Replacing Sand. *Materials Research*, v. 15, n. 1, p. 41-50, 2012.

ROBINSON JUNIOR, G. R.; LARKINS, P. M. Probabilistic prediction models for aggregate quarry siting. *Natural Resources Research*, v. 16, n. 2, p. 135-146, 2007.

ROCHA, E. C.; CANTO, J. L.; PEREIRA, P. C. Avaliação de impactos ambientais nos países do MERCOSUL. *Ambiente & Sociedade*. v. 8, n. 2, 2005.

RODRIGUES, G. L.; MANTOVANI, L. E.; DUARTE, U.; LOPES, K. Estudo Comparativo entre as poeiras respiráveis de basalto e gnaiss na produção de brita de Londrina e Curitiba, no estado do Paraná, e sua influência para os trabalhadores. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 30, n. 112, p. 37-47, 2005.

RODRIGUES, G. S. S. C. A análise interdisciplinar de processos de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais: conflitos entre velhos e novos paradigmas. *Revista Sociedade e Natureza*, v. 22, n. 2, p. 267-282, 2010.

ROSSI, E. **Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil**: estudo de caso. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. 2013. 150f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

SAENGSUPAVANICH, C. Unwelcome environmental impact assessment for coastal protection along a 7-km shoreline in Southern Thailand. *Ocean & Coastal Management*, v. 61, p. 20-29. 2012.

SAHA, D. C.; PADHY, P. K. Effects of stone crushing industry on *Shorea robusta* and *Madhuca indica* foliage in Lalpahari forest. *Atmospheric Pollution Research*, v. 2, n. 4, p. 463-476, 2011.

SAMPER, P. V.; Investigación, innovación y licenciamiento ambiental: elementos fundamentales del Crecimiento Verde. *Revista de Ingeniería*, v. 43, p. 60-66, 2015.

SANTIAGO, A. O. Environmental Licensing in Brazil: Revisiting the Borders between State and Civil Society. *Encuentro Latinoamericano*, v. 3, n.2, p. 48-67, 2016.

SHI-CONG, K.; CHI-SUN, P. Properties of concrete prepared with crushed fine stone, furnace bottom ash and fine recycled aggregate as fine aggregates. *Construction and Building Materials*, v. 23, p. 2877–2886, 2009.

SILVA, A. R. B. **Mineração na escola**. Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, 2015. 141 p.

SILVA, A. W. L.; SELIG, P. M. Avaliação Ambiental Estratégica orientada pela transdisciplinaridade. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v. 20, n. 2, p. 165-174.

SILVA, T. S. Métodos de avaliação de impactos ambientais utilizados na Revista Brasileira de Gestão Ambiental. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental GVAA*. v. 9, n. 1, p. 09-14, 2015.

SILVEIRA, M.; ARAÚJO NETO, M. D. Licenciamento ambiental de grandes empreendimentos: conexão possível entre saúde e meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n.9, p. 3829-3838, 2014.

SINDUSCON – PI – Sindicato das Indústrias da Construção do Estado do Piauí. In: **Notícias**. Teresina, 2017. Disponível em: <<http://www.sindicatodaindustria.com.br/sindusconpi/>>. Acesso em 20 abr. 2017.

SNIC – Sindicato Nacional da Industria do Cimento. In: **Relatório Anual**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>>. Acesso em 15 abr. 2017.

SOUZA, K. V.; VILLA VERDE, R. B. R.; ALAMINO, R. C. J.; FERNANDES, F. R. C. Mineração na Região Nordeste do Brasil: quadro atual e perspectivas. In: FERNANDES, F. R. C.; ALAMINO, R. C. J.; ARAUJO, E. R. (Org.). **Recursos minerais e comunidades: impactos humanos, socioambientais e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. p. 117-123.

TABATABAEI, J.; MOHAMMADI, F. Environmental Effects of Mining Industries in Meymeh Region, North West of Isfahan. **APCBEE Procedia**, v.5, p. 388-393, 2013.

TAKANO, C. C.; FLORES, J. C. C.; LIMA, H. M. An Analysis of the Rate for Controlling, Monitoring and Supervision of Exploration and Mining Activities of Mineral Resources (TFRM). **Revista Escola de Minas**, v. 69, n. 1, p. 105-110, 2016.

UBAQUE, C. A. G.; VACA, M. C. G.; RODRÍGUES, C. F. A. Evaluación y diagnóstico de passivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. **Tecnura**, v. 18, n. 42, p. 90-102, 2014.

UEPG – Union Européenne des Produsteurs de Granulates. In: **Current trends for the European Aggregates Sector**. Disponível em: <<http://www.uepg.eu/statistics/current-trends>>. Acesso em 19 abr. 2017.

_____. In: **Estimates of Aggregates Production data 2015**. Disponível em: <<http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data/data-2015>>. Acesso em 19 abr. 2017.

USGS – U. S. Geological Survey. In: **Mineral Commodity Summaries**, Virginia, U.S.A, 2017. <Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/>>. Acesso em 18 abr. 2017.

VALVERDE, F. M. e TSUCHIYA, O. Y. Agregados para a Construção Civil no Brasil. Comissão De Serviços De Infraestrutura Do Senado Federal. In: **ANEPAC – Associação Nacional de Entidades de Produtores de Agregados para a Construção Civil**. Brasília, 2009. p. 40.

VASOVIC, D.; KOSTIC, S.; RAVILIC, M.; TRAJKOVIC, S. Environmental impact of blasting at Drenovac limestone quarry (Serbia). **Environmental Earth Science**, v. 72, p. 3915–3928, 2014.

VÁSQUEZ, L. B. L. **Estudio y evaluación de impacto ambiental em ingeniería civil**. San Vicente: Editorial Club Universitario, 2012. 240 p.

VÁZQUEZ, L. S.; ESPINOSA, M. G.; EGUIGUREN, M. B. Perception of socio-environmental conflicts in mining areas: the case of the Mirador Project in Ecuador. **Ambiente & Sociedade**. v. 19, n. 2, p. 23-44, 2016.

VILLARROYA, A.; BARROS, A. C.; KIESECKER, J. Policy Development for Environmental Licensing and Biodiversity Offsets in Latin America. **Plos One**, v. 9, n. 9, p. 1-13, 2014.

VILLAS BÔAS, R. C. **Indicadores de sustentabilidade para a indústria extrativista mineral: estudos de casos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT/CNPq, 2011. 56 p.

VOULVOULIS, N.; SKOLOUT J. W. F.; OATES C. J.; PLANT, J. A. From chemical risk assessment to environmental resources management: the challenge for mining. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 7815–7826, 2013.

WANG, Y. M.; YANG, J. B.; XU, D. L. Environmental impact assessment using the evidential reasoning approach. **European Journal of Operational Research**. v. 174, p. 1885-1913, 2006.

ZHOURI, A.; OLIVEIRA, R. Development and environmental conflicts in Brazil. Challenges for anthropology and anthropologists. **Vibrant**, v. 9, n. 1, p. 181-208, 2012.

APÊNDICE A – Questionário aplicado nas indústrias

1. Caracterização geral da indústria:

- a) Tipo de Sociedade
- b) Quantidade de sócios
- c) Regime de contribuição
- d) Possui incentivo fiscal?
- e) Tempo da empresa no mercado
- f) Área total
- g) Área ocupada pelo britador
- h) Área da mina
- i) Tempo previsto de exploração da mina
- j) Tamanho da área desmatada para instalação da empresa
- k) Distância da comunidade mais próxima
- l) Distância de Monsenhor Gil
- m) Distância de Teresina: 70 km

2. Processo de extração

- a) Método de extração
- b) Tipo de explosivo
- c) Quantidade de explosivo utilizada em cada detonação
- d) Quantidade necessária para a produção durante um mês
- e) Plano de fogo
- f) Raio de afastamento dos funcionários
- g) Utilização de EPI
- h) Detonação feita pela própria empresa ou terceirizada?

3. Processo de britagem (beneficiamento)

- a) Fluxograma do processo de britagem
- b) Classificação das britas produzidas

Tabela 1 – Dimensões da brita

Tipo de Brita	Granulometria (mm)	% de produção
Pó de Brita	0,0 a 3,20	
Pedrisco de brita	3,2 a 5,40	
Brita 0	3,20 a 12,70	
Brita 1	12,70 a 19,05	
Outras		

- c) Especificidades do britador:
 - Marca
 - Modelo
 - Ano
 - Quantidade de equipamentos
 - Tipo de equipamentos
- d) Há aspersores de água?

3 Transporte

- a) Frota
 - Marca
 - Modelo
 - Ano
 - Quantidade
- b) Frota própria ou terceirizada?
- c) Máquinas: escavadeira hidráulica/pá carregadeira/rompedor
 - Marca
 - Modelo
 - Ano
 - Quantidade

4 Outras informações

- a) Consumo de combustível das máquinas
- b) Consumo de combustível da frota
- c) Consumo de combustível dos geradores
- d) Utilização de energia elétrica/consumo mensal
- e) Consumo de água/capacidade dos reservatórios
- f) Há poço artesiano? Possui outorga?
- g) Destinação dos resíduos
- h) Quantidade de funcionários e as funções
- i) Há resistência ao uso de EPIs?
- j) Os funcionários são moradores da comunidade próxima?
- k) Há fiscalizações periódicas (SEMAR e DNPM)?
- l) O custo de recuperação ambiental é computado no preço de venda?
- m) Formação de preços (custo do frete)
- n) Mercado consumidor: principais clientes
- o) Principais fornecedores
- p) Há medida de controle de emissões?
- q) Há algum plano de gestão ambiental?

APÊNDICE B – Cálculos para a obtenção do ICV

Processo	Substância	Fórmula	Ind. B	Ind. C	Ind. C	Unidade dimensional	Ajuste para 1 m³ de brita Ind. B	Ajuste para 1 m³ de brita Ind. C	Ajuste para 1 m³ de brita Ind. C	Unidade funcional Ind. B	Unidade funcional Ind. C	Unidade funcional Ind. C	Unidade dimensional	Observações
				Britador 1	Britador 2			Britador 1	Britador 2		Britador 1	Britador 2		
Entradas: processo de detonação da rocha (extração)	Explosivos – ANFO	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{fuel oil}$	9.750	8.000	8.000	kg/20000m³ de brita	6,6667E-05	6,6667E-05	6,6667E-05	0,65	0,533333333	0,533333333	kg/m³ de brita	Detonação da rocha
	Diesel perfuratriz	Hidrocarboneto	4.000	4.000	4.000	L/20000m³ de brita	6,6667E-05	6,6667E-05	6,6667E-05	0,266666667	0,266666667	0,266666667	L/m³ de brita	Diesel para as máquinas
	Diesel rompedor	Hidrocarboneto	0	500	800	L/20000m³ de brita	6,6667E-05	6,6667E-05	6,6667E-05	0	0,033333333	0,053333333	L/m³ de brita	Diesel para as máquinas
	Diesel pá carregadeira	Hidrocarboneto	500	0	0	L/20000m³ de brita	6,6667E-05	6,6667E-05	6,6667E-05	0,033333333	0	0	L/m³ de brita	Diesel para as máquinas
Saídas: processo de detonação da rocha (extração)	Monóxido de carbono	CO	34000	34000	34000	kg/kg de explosivo	0,65	0,533333333	0,533333333	22100	18133,33333	18133,33333	kg/m³ de brita	Emissões do explosivo
	Óxido Nitroso	N ₂ O	8000	8000	8000	kg/kg de explosivo	0,65	0,533333333	0,533333333	5200	4266,66667	4266,66667	kg/m³ de brita	Emissões do explosivo
	Monóxido de carbono	CO	0,374	0,374	0,374	g/L de diesel	0,3	0,3	0,32	0,1122	0,1122	0,11968	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxidos de nitrogênio	NO _x	5,2496	5,2496	5,2496	g/L de diesel	0,3	0,3	0,32	1,57488	1,57488	1,679872	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Material particulado	MP	0,0476	0,0476	0,0476	g/L de diesel	0,3	0,3	0,32	0,01428	0,01428	0,015232	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Hidrocarbonetos	NMHC	0,0374	0,0374	0,0374	g/L de diesel	0,3	0,3	0,32	0,01122	0,01122	0,011968	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Metano	CH ₄	0,204	0,204	0,204	g/L de diesel	0,3	0,3	0,32	0,0612	0,0612	0,06528	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)

	Óxido Nitroso	N ₂ O	0,102	0,102	0,102	g/L de diesel	0,3	0,3	0,32	0,0306	0,0306	0,03264	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Dióxido de carbono	CO ₂	8,8502	8,8502	8,8502	kg/L de diesel	0,3	0,3	0,32	2,65506	2,65506	2,832064	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
Entrada: transporte para a britagem	Diesel caminhão	Hidrocarboneto	500	1600	1600	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,033333333	0,106666667	0,106666667	L/m ³ de brita	Diesel para caminhões
	Diesel escavadeira hidráulica	Hidrocarboneto	4.500	3.600	3.600	L/2000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,3	0,24	0,24	L/m ³ de brita	Diesel para máquinas
Saída: transporte para a britagem	Monóxido de carbono	CO	0,374	0,374	0,374	g/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	0,124666667	0,1396267	0,1396267	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxidos de nitrogênio	NO _x	5,2496	5,2496	5,2496	g/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	1,749866667	1,9598507	1,9598507	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Material particulado	MP	0,0476	0,0476	0,0476	g/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	0,015866667	0,0177707	0,0177707	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Hidrocarbonetos	NMHC	0,0374	0,0374	0,0374	g/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	0,012466667	0,0139627	0,0139627	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Metano	CH ₄	0,204	0,204	0,204	g/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	0,068	0,07616	0,07616	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxido Nitroso	N ₂ O	0,102	0,102	0,102	g/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	0,034	0,03808	0,03808	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Dióxido de carbono	CO ₂	8,8502	8,8502	8,8502	kg/L de diesel	0,33333333	0,1066667	0,1066667	2,950066667	3,3040747	3,3040747	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
Entrada: processo de britagem	Energia elétrica	Energia elétrica	0	36.000	48.000	kWh/20000m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0	2,4	3,2	kWh/m ³ de brita	Energia para britagem
	Diesel Gerador	Hidrocarboneto	15000	0	0	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	1	0	0	L/m ³ de brita	Diesel para britagem
	Graxa para equipamentos	Hidrocarboneto	20	60	32	kg/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,001333333	0,004	0,002133333	kg/m ³ de brita	Graxa para equipamentos

	Água	H ₂ O	5.000	24.000	24.000	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,333333333	1,6	1,6	L/m ³ de brita	Água: beneficiamento e instalações
Saída: processo de britagem	Monóxido de carbono	CO	101,3	101,3	101,3	g/kWh de Energia elétrica	0	2,4	3,2	0	243,12	324,16	g/m ³ de brita	Emissões da Energia elétrica
	Monóxido de carbono	CO	0,374	0,374	0,374	g/L de diesel	1	0	0	0,374	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxidos de nitrogênio	NO _x	5,2496	5,2496	5,2496	g/L de diesel	1	0	0	5,2496	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Material particulado	MP	0,0476	0,0476	0,0476	g/L de diesel	1	0	0	0,0476	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Hidrocarbonetos	NMHC	0,0374	0,0374	0,0374	g/L de diesel	1	0	0	0,0374	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Metano	CH ₄	0,204	0,204	0,204	g/L de diesel	1	0	0	0,204	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxido Nitroso	N ₂ O	0,102	0,102	0,102	g/L de diesel	1	0	0	0,102	0	0	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Dióxido de carbono	CO ₂	8,8502	8,8502	8,8502	kg/L de diesel	1	0	0	8,8502	0	0	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
Entrada: carregamento dos caminhões	Diesel pá carregadeira	Hidrocarboneto	500	1600	1600	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,033333333	0,106666667	0,106666667	L/m ³ de brita	Diesel para as máquinas
Saída: carregamento dos caminhões	Monóxido de carbono	CO	0,374	0,374	0,374	g/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,012466654	0,039893346	0,039893346	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxidos de nitrogênio	NO _x	5,2496	5,2496	5,2496	g/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,174986492	0,559957508	0,559957508	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)

	Material particulado	MP	0,0476	0,0476	0,0476	g/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,001586665	0,005077335	0,005077335	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Hidrocarbonetos	NMHC	0,0374	0,0374	0,0374	g/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,001246665	0,003989335	0,003989335	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Metano	CH ₄	0,204	0,204	0,204	g/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,006799993	0,021760007	0,021760007	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxido Nitroso	N ₂ O	0,102	0,102	0,102	g/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,003399997	0,010880003	0,010880003	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Dióxido de carbono	CO ₂	8,8502	8,8502	8,8502	kg/L de diesel	0,0333333	0,1066667	0,1066667	0,295006372	0,944021628	0,944021628	kg/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
Entrada: transporte centros consumidores	Diesel caminhões	Hidrocarboneto	15.000	48.000	48.000	L/20000 m³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	1	3,2	3,2	L/m³ de brita	Diesel para caminhões
Saída: transporte centros consumidores	Monóxido de carbono	CO	0,374	0,374	0,374	g/L de diesel	1	3,2	3,2	0,374	1,1968	1,1968	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Óxidos de nitrogênio	NO _x	5,2496	5,2496	5,2496	g/L de diesel	1	3,2	3,2	5,2496	16,79872	16,79872	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Material particulado	MP	0,0476	0,0476	0,0476	g/L de diesel	1	3,2	3,2	0,0476	0,15232	0,15232	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Hidrocarbonetos	NMHC	0,0374	0,0374	0,0374	g/L de diesel	1	3,2	3,2	0,0374	0,11968	0,11968	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Metano	CH ₄	0,204	0,204	0,204	g/L de diesel	1	3,2	3,2	0,204	0,6528	0,6528	g/m³ de brita	Emissões do combustível (diesel)

	Óxido Nitroso	N ₂ O	0,102	0,102	0,102	g/L de diesel	1	3,2	3,2	0,102	0,3264	0,3264	g/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
	Dióxido de carbono	CO ₂	8,8502	8,8502	8,8502	kg/L de diesel	1	3,2	3,2	8,8502	28,32064	28,32064	kg/m ³ de brita	Emissões do combustível (diesel)
Entrada: detonação	Óleo lubrificante máquinas	Hidrocarboneto	500	240	240	ml/20000m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,033333333	0,016	0,016	ml/m ³ de brita	Óleo lubrificante
Entrada: transporte para britagem	Óleo lubrificante caminhão	Hidrocarboneto	0,5	20	46	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	3,33333E-05	0,001333333	0,003066667	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante
	Óleo lubrificante escavadeira hidráulica	Hidrocarboneto	5	46	74	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,000333333	0,003066667	0,004933333	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante
Entrada: britagem	Óleo lubrificante gerador da britagem	Hidrocarboneto	2	0	0	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,000133333	0	0	L/m ³ de brita	Óleo para gerador
	Óleo hidráulico sistema de britagem	Hidrocarboneto	20	25,6	24	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,001333333	0,001706667	0,0016	L/m ³ de brita	Óleo para sistema de britagem
Entrada: carregamento dos caminhões	Óleo lubrificante pá carregadeira	Hidrocarboneto	500	240	240	ml/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,033333333	0,016	0,016	ml/m ³ de brita	Óleo lubrificante
Entrada: Transporte consumidor final	Óleo lubrificante transporte final	hidrocarboneto	40	128	129,6	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,002666667	0,008533333	0,00864	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante
Saída	Óleos de descarte do processo como um todo	hidrocarboneto	71	176	240	L/20000 m ³ de brita	6,6667E-05	6,66667E-05	6,66667E-05	0,004733333	0,011733333	0,016	L/m ³ de brita	Óleo lubrificante usado

Fonte: Autores.

APÊNDICE C – Registros fotográficos: Indústria A

Figura 1 – Britador



Fonte: Autores

Figura 2 – Oficina, máquinas e frota



Fonte: Autores

Figura 1 – Tanque de combustível



Fonte: Autores

Figura 4 – Escritório e refeitório



Fonte Autores

Figura 5 – Vegetação do entorno



Fonte: Autores

Figura 6 – Vegetação do entorno, região da mina



Fonte: Autores

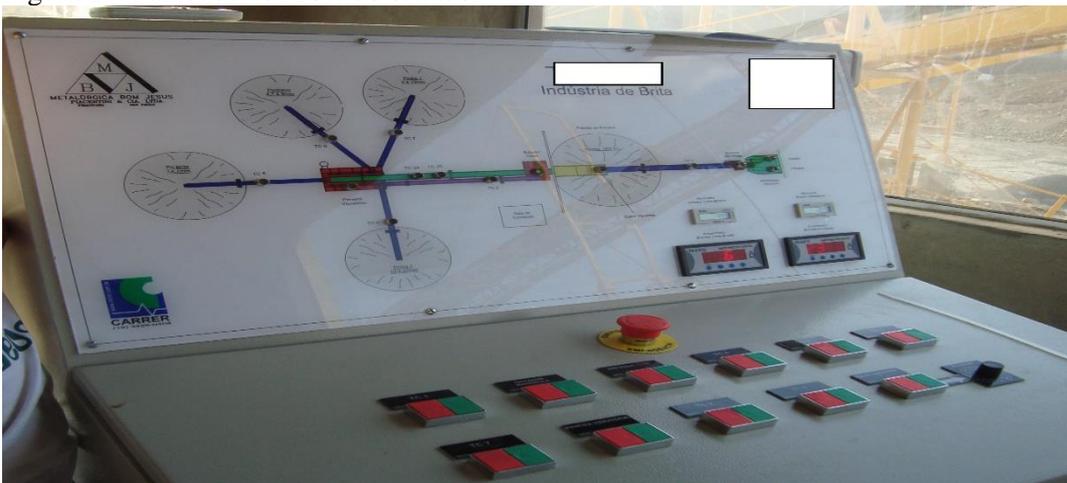
APÊNDICE D – Registros fotográficos: Indústria B

Figura 1 - Britador



Fonte: Autores

Figura 2 – Painel de controle do britador



Fonte: Autores

Figura 3 – Escritório e refeitório



Fonte: Autores

Figura 4 – Retirada da camada superficial do solo



Fonte: Autores

Figura 5 – Carregamento dos explosivos para a detonação



Fonte: Autores

Figura 6 – Transporte da pedra *in natura* para a britagem



Fonte: Autores

Figura 7 – Pedra britada



Fonte: Autores

Figura 8 – Carregamento para transporte aos centros consumidores



Fonte: Autores

Figura 9 – Máquinas e frota



Fonte: Autores

APÊNDICE E – Registros fotográficos: Indústria C

Figura 1 – Britador 1



Fonte: Autores

Figura 2 – Britador 2



Fonte: Autores

Figura 3 – Oficina



Fonte: Autores

Figura 4 – Tanque de combustível



Fonte: Autores

Figura 5 – Caixa coletora: óleos de descarte



Fonte: Autores

Figura 6 – Escritório e refeitório



Fonte: Autores

Figura 7 – Pedra *in natura*



Fonte: Autores

Figura 8 – Pedra após detonação



Fonte: Autores

Figura 9 – Paiol para armazenagem dos explosivos



Fonte: Autores