

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar

Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental

Campus Pombal

Viviane Araújo de Sousa

**MATERIAL PARTICULADO NA ATMOSFERA GERADO PELA EXTRAÇÃO  
E BENEFICIAMENTO DO QUARTZITO**

Pombal - PB

2018

Viviane Araújo de Sousa

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Co-orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Jussara Silva Dantas

Pombal - PB

2018

S725m      Sousa, Viviane Araújo de.  
Material particulado na atmosfera gerado pela extração e  
beneficiamento do quartzito / Viviane Araújo de Sousa. – Pombal, 2018.  
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia  
Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de  
Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".

"Co-orientação: Profa. Dra. Jussara Silva Dantas".

Referências.

1. Poluição atmosférica. 2. Difração de raios X. 3. Impactos  
ambientais. I. Nogueira, Virgínia de Fátima Nogueira. II. Dantas, Jussara  
Silva. III. Título.

CDU 502.3:504.5(043)

Viviane Araújo de Sousa

**MATERIAL PARTICULADO NA ATMOSFERA GERADO PELA EXTRAÇÃO  
E BENEFICIAMENTO DO QUARTZITO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título Bacharel em Engenharia Ambiental.

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira (Orientadora)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jussara Silva Dantas (Co-orientadora)

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz (Examinador Interno)

---

Msc. Aline Carla Medeiros (Examinadora Externa)

Pombal – PB, 10 de Dezembro de 2018.

*Aos meus pais Maria Vildete e Verinaldo Medeiros, esse será o nosso primeiro  
sonho realizado, de muitos que virão.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e todo o discernimento necessário para que eu pudesse chegar até aqui e por ser o meu porto seguro em todos os momentos de segurança e insegurança.*

*Aos meus pais, Maria Vildete e Verinaldo Medeiros por não medir esforços para a minha formação, pela educação excelente, por me apoiar nas decisões mais difíceis e não me deixar esmorecer a cada obstáculo. E principalmente, agradeço pelos ensinamentos sobre humildade, caráter e amor.*

*Aos meus irmãos Nelson Neto e Vágner Araújo, por todo o apoio fornecido durante a minha formação humana e acadêmica. Da mesma maneira, agradeço a todos os familiares que fizeram parte da realização desse sonho, em especial a Fábio Costa, que contribuiu de maneira excepcional para o meu crescimento profissional.*

*A minha orientadora Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira e a minha co-orientadora Jussara Silva Dantas, minhas mães de graduação, por todo o conhecimento compartilhado e apoio durante essa caminhada, por toda a preocupação dentro e fora da universidade, vocês foram essenciais nesta reta final, muito obrigada por tudo.*

*À banca de avaliação, composta pelo Professor Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz e a Msc. Aline Carla Medeiros que contribuíram de maneira excepcional ao trabalho.*

*Aos Laboratórios de Tecnologia e Caracterização de Materiais, da Universidade Federal de Campina Grande, na pessoa do professor Gelmires Neves, pela excepcional contribuição por meio do fornecimento do espaço e de equipamentos necessários para o desenvolvimento deste trabalho, assim como ao Laboratório de Referência em Dessalinização, da Universidade Federal de Campina Grande, pelo auxílio nos procedimentos.*

*A professora Andrea Brandão e ao técnico Luiz Fernando, por todo o conhecimento partilhado, as experiências e todas as oportunidades proporcionadas ao longo da graduação e o mais importante, obrigada pelo excelente convívio acadêmico e a amizade construída.*

*As valiosas amizades que tive o prazer de construir, Airton Oliveira, Alice Pedrosa, Crislane Gameleira, Crislayne Araujo, Fágna Cavalcanti, Ianka Carolina, Mariana Figueiredo, Polyana Kedna e Tayse Barbosa, muito obrigada por todo o carinho, preocupação, apoio, conselhos e por se manterem presentes na minha vida, vocês contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e foram fundamentais para a realização desse sonho.*

*A todas as minhas colegas de convívio durante essa caminhada, em especial a Tayse Barbosa, Polyana Kedna, Lídia Nogueira, Bárbara Dantas e Aretha Martins, agradeço principalmente a paciência e as experiências adquiridas.*

*Por fim, agradeço ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar e a Universidade Federal de Campina Grande pela experiência como um todo.*

*A todos aqueles que influenciaram nesta caminhada. Meus sinceros agradecimentos.*

## RESUMO

A exploração de quartzitos constitui-se como a principal atividade econômica do município de Várzea, estado da Paraíba, gerando empregos, a aproximadamente um terço da população. A rocha é extraída na Serra do Poção e beneficiada nas Indústrias de Beneficiamento, localizadas na zona urbana do município, para posteriormente ser comercializada. Os procedimentos realizados em ambas as etapas resultam numa série de impactos ambientais, que afetam o meio ambiente e a saúde da população. Dentre estes, a emissão de material particulado na atmosfera é responsável por diversos danos à flora, fauna, solo e ar, além da incidência de doenças na população. Desta forma, este trabalho tem como objetivo a identificação do transporte pelo vento do material particulado originado na extração e nas Indústrias de Beneficiamento do quartzito para a zona urbana do município. Foi realizada a caracterização mineralógica e a análise química das amostras de material particulado utilizando o método de difração de raios X e fluorescência de raios X, respectivamente. A análise química permite a identificação qualitativa das amostras e auxilia na avaliação dos potenciais efeitos do material particulado sobre o meio ambiente e a saúde humana. As amostras de material particulado são compostas essencialmente de quartzo, componente majoritário, mica e feldspato microlíneo. O elevado teor de sílica identificado na análise química das amostras indica que a exposição da população e dos trabalhadores ao material particulado das minas e das indústrias, pode ocasionar doenças e agravos à saúde. De maneira geral, a emissão de material particulado pelas mineradoras do município tem prejudicado a qualidade de vida da população e o meio ambiente.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Difração de raios X. Impactos ambientais.

## **ABSTRACT**

The exploitation of quartzites constitutes the main economic activity of the municipality of Várzea, state of Paraíba, generating jobs, approximately one-third of the population. The rock is extracted in Serra do Poção and benefited in the Processing Industries, located in the urban area of the municipality, to be later sold. The procedures performed in both stages result in a series of environmental impacts that affect the environment and the health of the population. Among these, the emission of particulate matter in the atmosphere is responsible for several damages to flora, fauna, soil and air, in addition to the incidence of diseases in the population. In this way, this work has as objective the identification of the wind transport of the particulate material originated in the extraction and in the Processing industries of the quartzite to the urban zone of the municipality. The mineralogical characterization and the chemical analysis of the samples of particulate material were carried out using the method of X-ray diffraction and X-ray fluorescence, respectively. The chemical analysis allows the qualitative identification of the samples and assists in the evaluation of the potential effects of the particulate material on the environment and human health. Samples of particulate matter are composed essentially of quartz, major component, mica and microcline feldspar. The high silica content identified in the chemical analysis of the samples indicates that the exposure of the population and workers to the particulate matter of mines and industries can lead to diseases and health problems. In general, the emission of particulate matter by the miners of the municipality has affected the quality of life of the population and the environment.

Keywords: Air pollution. Particulate matter. Quartzite.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lavra a céu aberto, área de extração da Serra do Poção, município de Várzea, Paraíba, agosto/2018.....	18
Figura 2: Blocos divididos em placas e ferramentas utilizadas na divisão na área de extração da Serra do Poção, município de Várzea, Paraíba, agosto/2018.....	19
Figura 3: Depósito de resíduos de quartzito na zona urbana de Várzea, Paraíba, agosto/2018. (A) Resíduo grosseiro. (B) Resíduo úmido.....	20
Figura 4: Resíduo gerado nos processos de beneficiamento do quartzito na zona urbana de Várzea, Paraíba, agosto/2018. ....	22
Figura 5: Mapa de localização do município de Várzea em relação ao Estado da Paraíba.....	25
Figura 6: Imagem de satélite da área urbana de Várzea demonstrando a proximidade com as indústrias de beneficiamento.....	25
Figura 7: Mapa de localização dos locais de amostragem .....	26
Figura 8: Organograma da exposição do material particulado .....	27
Figura 9: Coleta do material particulado nas indústrias de beneficiamento .....	28
Figura 10: Coleta do material particulado na área urbana .....	28
Figura 11: Coleta do material particulado na área de extração .....	28
Figura 12: Difratoograma de raios X da amostra B .....	31
Figura 13: Difratoograma de raios X da amostra E .....	31
Figura 14: Difratoograma de raios X da amostra CX1 .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química da amostra E .....	33
Tabela 2: Composição química da amostra CX1 .....	33
Tabela 3: Composição química da amostra B .....	34
Tabela 4: Determinação de sílica na água (mg/L).....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\text{Al}_2\text{O}_3$  – Óxido de Alumínio

$\text{Ag}_2\text{O}$  – Óxido de Prata

$\text{BaO}$  – Óxido de Bário

C - Carbono

$\text{CaO}$  – Óxido de Cálcio

$\text{CdO}$  – Óxido de Cadmio

$\text{CuO}$  – Óxido de Cobre

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  – Óxido de Ferro

$\text{K}_2\text{O}$  – Óxido de Potássio

$\text{MgO}$  – Óxido de Magnésio

$\text{MnO}$  – Óxido de Manganês

MP – Material Particulado

$\text{P}_2\text{O}_5$  – Pentóxido de Difósforo

$\text{Rb}_2\text{O}$  – Óxido de Rubídio

$\text{SiO}_2$  – Dióxido de Silício (Sílica)

$\text{SO}_3$  – Tróxido de Enxofre

$\text{SrO}$  – Óxido de Estrôncio

$\text{TiO}_2$  – Dióxido de Titânio

$\text{Y}_2\text{O}_3$  – Óxido de Ítrio

$\text{ZnO}$  – Óxido de Zinco

$\text{ZrO}_2$  – Óxido de Zircônio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
1.1.1	<i>Objetivo Geral .....</i>	14
1.1.2	<i>Objetivos específicos .....</i>	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Importância da exploração de rochas ornamentais para a economia do país .....</i></b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Rochas ornamentais .....</i></b>	<b>16</b>
2.2.1	<i>Quartzitos .....</i>	17
<b>2.3</b>	<b><i>Extração e beneficiamento do quartzito no município de Várzea/PB..</i></b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Principais fontes de poluição da atividade mineradora.....</i></b>	<b>20</b>
2.4.1	<i>Poluição hídrica .....</i>	21
2.4.2	<i>Poluição do solo e subsolo.....</i>	21
2.4.3	<i>Poluição atmosférica .....</i>	23
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Localização da área de estudo.....</i></b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Amostragem .....</i></b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b><i>Coleta .....</i></b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b><i>Análise do material particulado .....</i></b>	<b>29</b>
3.4.1	<i>Análise Química .....</i>	29
3.4.2	<i>Difração de Raios X .....</i>	29
<b>3.5</b>	<b><i>Análise de água .....</i></b>	<b>29</b>
3.5.1	<i>Determinação de sílica.....</i>	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o Brasil apresenta expressivo potencial no setor de mineração, a busca pela exploração dos bens naturais do seu território, principalmente bens minerais, contribui de maneira decisiva para o desenvolvimento econômico (SIMONATO; MAGALHÃES; DOMINGUES, 2017).

No município de Várzea, estado da Paraíba, aproximadamente um terço da população está envolvida na atividade de exploração do quartzito. A produção mensal é de aproximadamente, 25 mil metros quadrados e estão em funcionamento, pelo menos, 25 indústrias de beneficiamento (serrarias). Cada indústria beneficia aproximadamente 3000 mil metros de pedras por mês, onde é comercializado a um valor, que equivale em média de R\$15,00 reais por metro, contudo, a atividade é a principal fonte de renda do município e alicerça a economia da localidade e de áreas adjacentes (SOUZA *et al.* 2018).

A importância da exploração de rochas ornamentais, para a economia do estado da Paraíba e do Brasil é indiscutível, porém de acordo com o progresso da atividade surgem diversos impactos ambientais, prejudicando o meio ambiente, a saúde humana e conseqüentemente a qualidade de vida da população (VIDAL; CAMPOS; CORREIA, 2015).

Os impactos causados pela mineração são variados e cada jazida possui características próprias, porém as alterações atmosféricas é uma condição comum desta atividade. Os efeitos da poluição do ar podem prejudicar diretamente a saúde e o bem estar da população, os materiais, fauna e flora, e também de maneira indireta afetam o solo e os recursos hídricos através do transporte e deposição dos poluentes pela ação dos ventos. Os poluentes atmosféricos, em função do seu estado físico, são classificados em: material particulado, gases e vapores (AMORIM, 2016; CAPAZ e NOGUEIRA, 2016).

Os problemas mais comuns decorrentes do material particulado – MP em suspensão são os agravos da incidência e severidade de doenças respiratórias, redução da visibilidade e o acúmulo de materiais sobre estruturas, vegetação e solo. Além das doenças respiratórias, existe uma forte associação entre poluição do ar por MP e a ocorrência de problemas cardiovasculares, neurológicos e de diversos

tipos de câncer. A presença de elementos químicos na composição do MP, mesmo em pequenas concentrações, pode ter efeitos sobre a ocorrência de doenças. No Brasil, são poucos os estudos relacionando o MP aos agravos à saúde humana (AMORIM, 2016; NASCIMENTO *et al.* 2017).

As observações em campo deste trabalho permitiram verificar que os empreendimentos onde são realizados os processos de beneficiamento do quartzito estão localizados dentro do perímetro urbano do município de Várzea. Essa proximidade leva à exposição direta dos habitantes ao material particulado em suspensão. Esta situação tem sido motivo de preocupação para a população, em vista da ocorrência de doenças associadas ao MP.

Diante do exposto, é fundamental realizar levantamentos e identificar o transporte de material particulado resultante das indústrias de beneficiamento de quartzito. Especialmente se estas indústrias estão localizadas em áreas muito próximas a habitações humanas. Dessa forma, será possível mensurar os possíveis efeitos dessa atividade minerária sobre a saúde dessas populações.

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo Geral*

O objetivo deste trabalho é identificar o transporte do material particulado das Indústrias de Beneficiamento para a zona urbana realizar um levantamento dos efeitos adversos causados através do aporte desse material resultante dos processos de extração e beneficiamento do quartzito na área urbana de Várzea, Estado da Paraíba.

### *1.1.2 Objetivos específicos*

- Caracterizar a composição mineralógica do material particulado coletado nos pontos de avaliação;
- Identificar a advecção pelo vento do material particulado em corpos d'água;
- Realizar levantamento de dados em órgãos de saúde sobre pessoas com problemas respiratórios relacionados à extração de quartzito;
- Apontar os efeitos nocivos do material particulado sobre a saúde humana e ao meio ambiente.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Importância da exploração de rochas ornamentais para a economia do país

As atividades mineradoras em geral, são uma das principais fontes de obtenção de insumos essenciais para a vida humana, se apresentando como um dos principais fatores para o avanço do desenvolvimento de uma região. Isso a torna um dos setores do país que se destaca como elemento fundamental para o avanço tecnológico, econômico e social (FARIAS, 2002).

A extração mineral no Brasil é favorecida, devido à formação geológica e extensão territorial, contendo diversos tipos de minerais de interesse econômico advindos do embasamento cristalino e bacias sedimentares. O subsolo brasileiro é considerado um dos mais produtivos, a nível mundial, quando se trata de recursos minerais possuindo importantes jazidas minerais. O Brasil produz cerca de 5% das rochas ornamentais distribuídos em diferentes áreas do seu território. Do ponto de vista comercial, as rochas ornamentais e de revestimento são basicamente classificadas em granitos e mármore, ardósias, quartzitos, serpentinitos, basaltos, conglomerados naturais e compõe cerca de 90% da produção mundial (CHIODI FILHO, 2001; FARIAS, 2002; SANTOS *et al.* 2014).

No ano de 2013, que foi considerado um ano de crise para a economia brasileira, a contribuição do setor de rochas para a balança comercial do país foi significativa, com um aumento das exportações ao contrário do que prevaleceu em outros segmentos econômicos. Além disso, o Brasil é o único país com grande destaque no mundo ocidental que tem a capacidade de elevar consideravelmente a produção e o consumo de rochas ornamentais e de revestimento. Hoje, os maiores produtores deste setor são China, Índia, Turquia, Irã, que estão integrados à esfera oriental. Assim, o Brasil tem uma grande possibilidade de desenvolver um modelo referencial de atuação nesse setor, uma vez que é o único em destaque na esfera ocidental (ABIROCHAS, 2014).

De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, o Brasil exportou rochas ornamentais para 117 países no ano de 2017, os três principais destinos foram EUA, China e Itália. As exportações brasileiras de rochas ornamentais e seus diversos produtos comerciais somaram

US\$ 1.107,1 milhões e 2,36 milhões de toneladas em 2017. Já em 2018, as exportações somaram US\$ 198,9 milhões e 423,68 mil toneladas (ABIROCHAS, 2014).

Esse tipo de rocha possibilitou grande destaque no país, apresentando crescimento considerável nas últimas décadas em relação à produção e consumo. As rochas ornamentais são utilizadas amplamente na construção civil para revestimentos, tornando o Brasil um dos grandes produtores e exportadores mundiais. Os principais estados brasileiros exportadores são Espírito Santo e Minas Gerais, além de serem os grandes centros da produção nacional. O estado da Paraíba ocupa o sétimo lugar no ranking nacional com a produção de quartzito, embora não possua maior produção, é na região do Semiárido que se encontra a maior diversidade geológica do país (SANTOS *et al.* 2014).

A produção de quartzito na Paraíba avançou a partir da década de 40. As principais áreas com potencial para exploração encontram-se nos municípios de Junco do Seridó e Várzea. Esse municípios possuem relevante área de extensão exploratória com cerca de 25 quilômetros, se destacando entre as maiores reservas de quartzito do Brasil. Os primeiros mercados de comercialização foram a capital do estado, João Pessoa, seguido por Campina Grande e os estados vizinhos, como Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte (ABIROCHAS, 2018; SOUZA *et al.* 2018; SOUZA *et al.* 2002; VIDAL; CAMPOS; CORREIA, 2015).

## **2.2 Rochas ornamentais**

As rochas ornamentais correspondem a tipos litológicos extraídos em blocos e/ou placas, que podem ser cortados em formas diversas e beneficiados através de esquadrejamento, polimento e lustro. O enquadramento por classe e a indicação para uma correta aplicação de rochas do tipo ornamental, depende das variações de seus conteúdos mineralógicos, do tamanho, da forma e dos arranjos dos grãos dos minerais que as compõem. Estas rochas podem conter preferencialmente cristais uniformes, ou podem se caracterizar pela presença de cristais de tamanhos muito variados, irregulares ou não (COSTA; CAMPELLO; PIMENTA, 2000).

Diferente daquelas utilizadas como materiais de construção em geral, cuja principal característica é a firmeza física, as rochas ornamentais tem como fator de

extrema importância o alto brilho da superfície polida. Possuem ampla utilização como revestimentos externos de prédios, pisos, paredes, mesas, pias, entre outras aplicações. Existem ainda, as rochas semi-ornamentais, que não são polidas e que eventualmente são usadas na decoração (VARGAS; MOTOKI; NEVES, 2001).

As variações dos tamanhos das rochas são resultantes da atuação de processos envolvendo diferentes graus de cristalização, recristalização, seleção e transporte. Essas diferenças podem significar alterações significativas nas taxas de resistência a compressões e flexões, com grande variação em termos de porosidade e absorção d'água (COSTA *et al.* 2000).

Santos *et al.* (2016) relatam que a classificação das rochas ornamentais é feita segundo alguns critérios, como a composição e a coloração, conteúdo mineralógico e em critérios composicionais. Em geral são designadas em: granitos, quartzitos, mármore, ardósias, esteatitos e serpentinitos (pedra sabão). Em relação ao aspecto estético são determinadas a partir do resultado da interação de três fatores que dependem das características petrográficas do material: coloração, textura e granulação.

### 2.2.1 Quartzitos

Quartzitos são rochas metamórficas originadas da cristalização do arenito, frequentemente confundidos entre si, porém a diferença é a presença de minerais micáceos. O mineral predominante na composição é o quartzo, contendo de 70 a 95% recristalizados e envolvidos ou não por cimento silicoso. Além deste, apresenta alguns constituintes menores, como a biotita, turmalina, muscovita, sericita e dumortierita, com composição química silicosa (FRANCKLIN JUNIOR, 2009; SANTOS, 2016).

Este tipo de rocha apresenta alto grau de recristalização e granulação predominantemente fina, podendo ser foliados ou laminados, apresenta textura granoblástica, coloração variada e podem apresentar propriedades típicas dos chamados granitos comerciais, devido à semelhança (COSTA *et al.* 2000).

Apresenta uma tendência a ser coesa, com estrutura cristalina densa e organizada de modo que a força do cimento entre as partículas propicie uma

resistência interna bastante alta, nestes casos, a extração será a partir de blocos, sendo possível a obtenção de chapas/placas regulares, com posterior processo de beneficiamento (SANTOS *et al.* 2014).

### 2.3 Extração e beneficiamento do quartzito no município de Várzea/PB

A extração do quartzito na região ocorre, geralmente, de forma clandestina sem o cumprimento dos critérios básicos para o controle ambiental regular da atividade. A exploração é realizada com a abertura de lavras a céu aberto, ou seja, em bancadas (Figura 1), o desmonte da rocha é feito através de explosivos e deve ser extraído em blocos para posteriormente se transformarem em placas regulares, com espessura e comprimento consideráveis (FALEIRO e LOPES, 2010).

**Figura 1: Lavra a céu aberto, área de extração da Serra do Poção, município de Várzea, Paraíba, agosto/2018.**



**Fonte: Sousa (2018).**

Aproveitando os planos de clivagem da rocha é feita a divisão dos blocos em placas com o uso de ferramentas manuais (Figura 2), onde há grandes desperdícios de pequenas placas com tamanhos irregulares. O carregamento do minério na frente da lavra é feito manualmente e o carregamento do minério até as indústrias de beneficiamento, em caminhões (FRANCKLIN JUNIOR, 2009; SOUZA *et al.* 2018).

**Figura 2: Blocos divididos em placas e ferramentas utilizadas na divisão na área de extração da Serra do Poção, município de Várzea, Paraíba, agosto/2018.**



**Fonte: Sousa (2018).**

Na etapa de beneficiamento, é feito o corte e a serragem das placas. Este processo pode ser feito manualmente ou de forma mecanizada com a utilização de serras diamantadas, posteriormente as placas são aparelhadas em ladrilhos quadrados ou retangulares, que são comercializadas em tamanhos e formatos padronizados. O principal uso desses ladrilhos de quartzito continua sendo como revestimentos na construção civil (LEITE e GONÇALVES-FUJACO, 2013; VIDAL; CAMPOS; CORREIA, 2015).

Além dos riscos de acidentes no manuseio dos equipamentos de corte e serragem, o maior problema enfrentado é a intensa produção de material particulado - MP, que permanece em suspensão no ar podendo ser inalados pelos trabalhadores que estão expostos, sujeitos a desenvolver em longo prazo, doenças respiratórias e/ou pulmonares, como é o caso da silicose (LEITE e GONÇALVES-FUJACO, 2013).

O excesso de rejeito gerado no processo de beneficiamento é preocupante do ponto de vista ambiental. É possível que 92% do material extraído sejam materiais de descarte, que são destinados de maneira incorreta no entorno das indústrias (serrarias). Isso acontece devido ao quartzito ser utilizado, fundamentalmente, em revestimentos. Dessa forma, deve obedecer aos padrões de espessura e comprimento para que se obtenha um bom produto após o beneficiamento. Por isso

o material extraído que não possuir a estrutura padrão para produzir as placas, passa a ser considerado rejeito (FRANCKLIN JUNIOR, 2009; RAMIRIO *et al.* 2008).

Na etapa de beneficiamento são gerados dois tipos de rejeitos, um mais grosseiro (Figura 2 A) e um extremamente fino (material particulado) produzido durante o desgaste da rocha nos processos de corte e serragem. Uma parcela do rejeito fino é transformada em resíduo úmido (Figura 2 B), gerado por meio da aspersão com água nos locais próximos as máquinas. Ambos os rejeitos são acumulados em pilhas no entorno ou no interior das indústrias (SOUZA *et al.* 2018).

**Figura 3: Depósito de resíduos de quartzito na zona urbana de Várzea, Paraíba, agosto/2018. (A) Resíduo grosseiro. (B) Resíduo úmido.**



Fonte: Sousa (2018).

#### **2.4 Principais fontes de poluição da atividade mineradora**

A atividade de mineração está relacionada a inúmeros impactos ambientais e sociais que são provocados por todas as etapas envolvidas no processo de exploração dos recursos naturais. A poluição ambiental atua em diversos aspectos da qualidade do meio ambiente. Os recursos hídricos, o solo, o subsolo e a qualidade do ar estão entre os principais aspectos que sofrem influência direta destas atividades (ALVES *et al.* 2017; SILVA e FERREIRA, 2017).

#### *2.4.1 Poluição hídrica*

As causas comuns de poluição hídrica associada à mineração são decorrentes da produção de lamas, disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos e em alguns casos, a poluição de natureza química, ocasionada por efluentes que se dissolvem na água utilizada no tratamento do minério ou no carreamento dos rejeitos pela água que passa na área de mineração (SILVA, 2007).

A poluição hídrica pode gerar diferentes impactos, como a diminuição no fluxo de água de rios, a perda da qualidade da água superficial ou subterrânea, diminuição da capacidade de recarga dos aquíferos e redução do volume de água em poços, conseqüentemente ocasionando o comprometimento do abastecimento de água oriundos desses corpos d'água. Assim, os impactos da atividade de extração mineral sobre os corpos d'água são extensos e não se limitam apenas ao local da mina, podendo comprometer integralmente as bacias hidrográficas e a qualidade de vida da população afetada. Um importante problema relacionado à poluição hídrica, é que depois de gerada em um determinado ponto, tende a seguir o curso d'água, na maioria das vezes, abrangendo a hidrografia de áreas adjacentes (ÁVILA; MONTE-MÓR, 2007; MILANEZ, 2017).

Nas indústrias de beneficiamento são produzidos diversos tipos de rejeitos, que podem ser sólidos, líquidos, gasosos, detritos, óleos ou substâncias oleosas. Alguns destes rejeitos são descartados de maneira inadequada no solo, ocasionando o carreamento dos rejeitos, ou lançados diretamente nos cursos d'água. Ambos resultam no perecimento da qualidade dos cursos d'água (BRITO e MASTRODI NETO, 2016).

Em geral, os casos mais graves da poluição dos recursos hídricos ocorrem durante o processo de extração. Para a ampliação das lavras são feitas escavações cada vez mais profundas, que podem ir além das águas subterrâneas, resultando na retirada da água para garantir acesso ao minério, dessa maneira ocorre o rebaixamento do lençol freático e o comprometimento da recarga dos aquíferos, causando riscos de contaminação dos corpos d'água (MILANEZ, 2017).

#### *2.4.2 Poluição do solo e subsolo*

A mineração a céu aberto implica na remoção da vegetação, alteração da superfície topográfica e da paisagem, provocando perda ou destruição de solos superficiais férteis reduzindo as terras agricultáveis. A atividade provoca a desestabilização dos terrenos causando erosões, assoreamentos, alteração nas condições físicas, químicas e biológicas do solo e limitações no desenvolvimento da vegetação de cobertura (SILVA e FERREIRA, 2017).

Dentre os problemas enfrentados nos processos realizados na exploração dos recursos naturais, o descarte inadequado dos rejeitos tem importante relevância quanto à sua composição, pois podem apresentar poluentes tóxicos que provocam a contaminação do solo e subsolo, afetar a saúde da população da área minerada e áreas adjacentes. (ALVES *et al.* 2017).

Outra questão associada à exploração é o esgotamento dos recursos, segundo Milanez (2017) quando os recursos da área minerada são exauridos os empreendimentos são fechados, deixando para trás a descaracterização do relevo pela abertura das lavras, o acúmulo de resíduos e os diversos impactos gerados nas atividades de exploração.

Nos processos de beneficiamento das rochas são produzidos resíduos finos que depositados no solo mantêm-se expostos podendo ser facilmente carreados pelo vento ou pela água para áreas próximas dos empreendimentos. A disposição inadequada dos resíduos ocasiona a supressão da vegetação e na exposição de áreas à impermeabilização, além dos impactos visuais (Figura 4) (SOUZA *et al.* 2018; SILVA e FERREIRA, 2017).

**Figura 4: Resíduo gerado nos processos de beneficiamento do quartzito na zona urbana de Várzea, Paraíba, agosto/2018.**



Fonte: Sousa (2018)

### 2.4.3 Poluição atmosférica

Os efeitos provocados pela poluição atmosférica dos materiais particulados constitui uma das principais causas de doenças respiratórias crônicas, isso tem afetado diretamente a saúde da população mesmo quando seus níveis encontram-se abaixo dos limites de emissão determinados na Resolução CONAMA 436/11 (FARIA BUENO *et al.* 2010).

Em geral, a composição dos materiais particulados em suspensão no ar é variável, dependendo da natureza das fontes de emissão. Podem ser compostas por carbono, hidrocarbonetos, cinzas, sulfato de amônio (pela conversão de dióxido de enxofre), óxido de ferro e poeiras resultante de pedreiras (DUCHIADE, 1992).

Os principais poluentes do ar estão o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos (hidrocarbonetos, aldeídos, etc), além de material particulado inalável (MP) que incluem as partículas grossas (MP<sub>2,5-10</sub>) e finas (MP<sub>2,5</sub>) (MARQUES, 2011).

De acordo com a Resolução CONAMA n°003/90 entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (BRASIL, 1990).

A poluição atmosférica causa vários problemas para a saúde humana como irritação e infecção respiratória, falta de ar, alteração da defesa imunológica, náusea, dores de cabeça, doenças nos rins e prejuízos neurológicos (chumbo), câncer, além de danos ao pulmão, coração e cérebro. Estudos mostram que o aumento ou a queda das concentrações de poluentes no ar e material particulado inalável tem sido associada ao aumento ou queda de morbidade (MAR *et al.* 2000; MARCILIO E GOUVEIA, 2007).

A poluição do ar é evidenciada em todas as fases das atividades mineradoras. Durante a extração realizada por meio da abertura de lavras a céu aberto é provocado à emissão de material particulado e gases para a atmosfera. A poluição por material particulado é causada durante os processos de escavações, explosões, movimentação do material por escavadeiras, perdas nos transportes e pela ação dos ventos nos depósitos a céu aberto (NASCIMENTO, 2017).

As minas que estão localizadas dentro do perímetro urbano podem levar os habitantes à exposição do material particulado, além dos trabalhadores que são expostos diretamente, portanto, se apresentam como risco a saúde da população e conseqüentemente, a qualidade de vida (LIMA, 2009).

De modo geral, a poluição atmosférica afeta as paisagens naturais, vegetação, fauna, solo, água, saúde humana e estruturas artificiais. Na vegetação ocorre a redução da taxa de crescimento ou até mesmo a interrupção do processo reprodutivo da planta. Quanto à vida animal, ocasiona doenças do aparelho respiratório, diminuição das fontes de alimento e redução da capacidade de reprodução. Os efeitos dos poluentes que afetam a saúde humana com maior periodicidade são as doenças crônicas do aparelho respiratório (asma, bronquite, enfisema e pneumoconiose), irritação dos olhos, redução da capacidade pulmonar, doenças cardiovasculares (SILVA e FERREIRA, 2017).

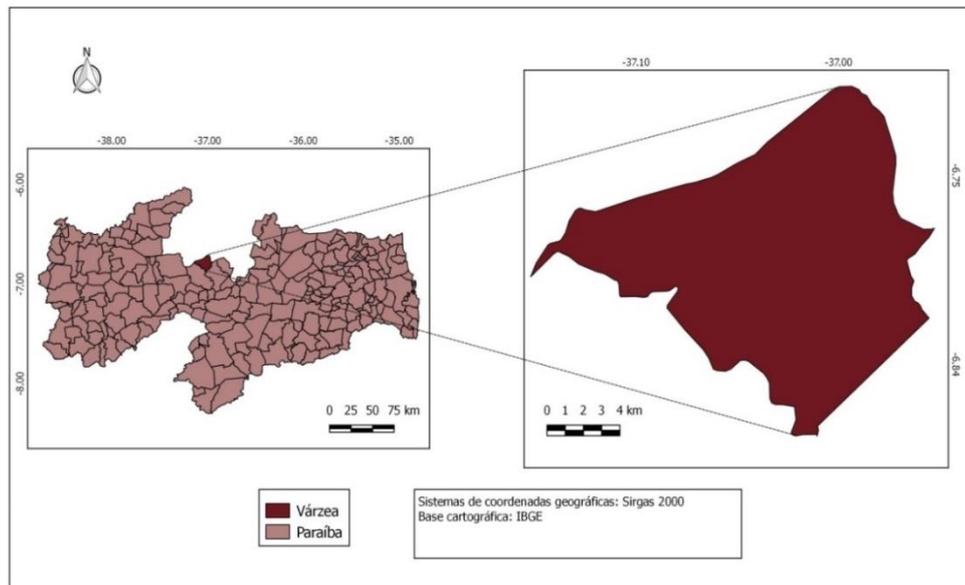
### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Localização da área de estudo**

O Município de Várzea, estado da Paraíba (Figura 3), possui uma área de 190,526 km<sup>2</sup>, a população no último censo apresenta um total de 2.504 habitantes e a população estimada em 2018, o total de 2.779 habitantes, a densidade demográfica é de 13,15 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018). Situado na região do “Polígono das Secas” e a 320 km da capital João Pessoa, o município faz parte do semiárido nordestino, com vegetação caatinga que predomina sobre toda área. A principal fonte de renda é a atividade mineral e a atividade primária de agricultura de subsistência.

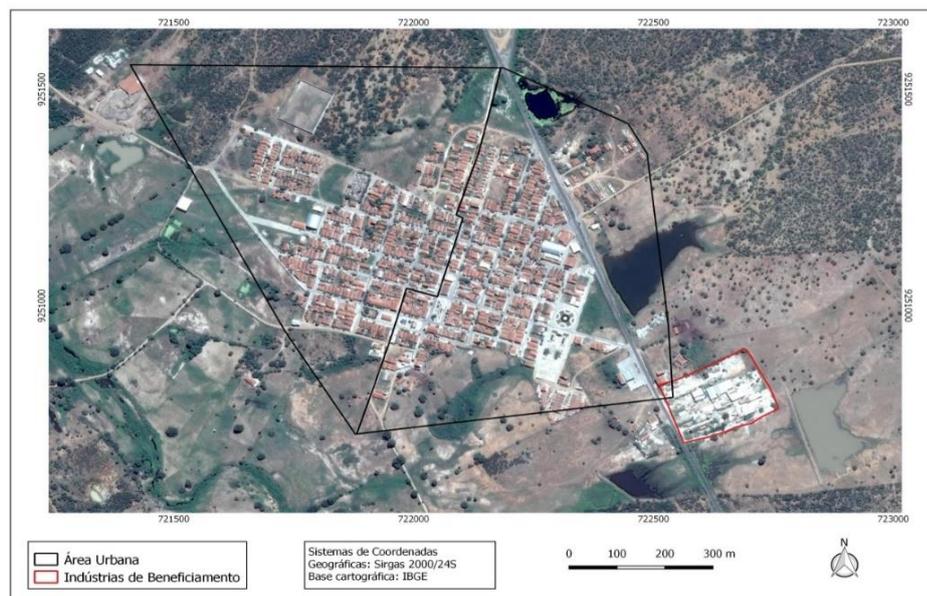
A proximidade da área urbana de Várzea com as indústrias de beneficiamento pode ser observado através da imagem de satélite, Figura 6.

**Figura 5: Mapa de localização do município de Várzea em relação ao Estado da Paraíba.**



Fonte: Elaborado pela autora, com dados do IBGE (2018).

**Figura 6: Imagem de satélite da área urbana de Várzea demonstrando a proximidade com as indústrias de beneficiamento.**

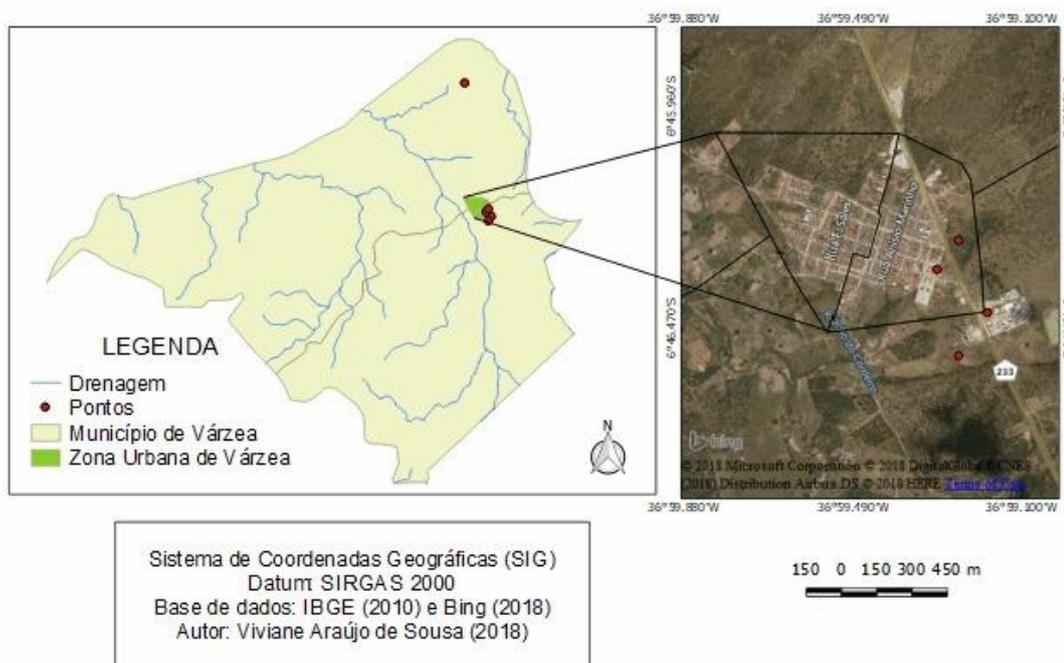


Fonte: Elaboração pela autora, com base cartográfica do IBGE (2018) e imagem do Google Earth.

### 3.2 Amostragem

Para determinar o aporte pelo vento do material particulado foram determinados quatro (4) pontos distribuídos pela área de influência das indústrias de beneficiamento, e mais um (1) ponto no local da extração da rocha, totalizando cinco (5) pontos de controle (FIGURA 7), dos quais foram três (3) pontos para amostras de material particulado e dois (2) para amostras de água.

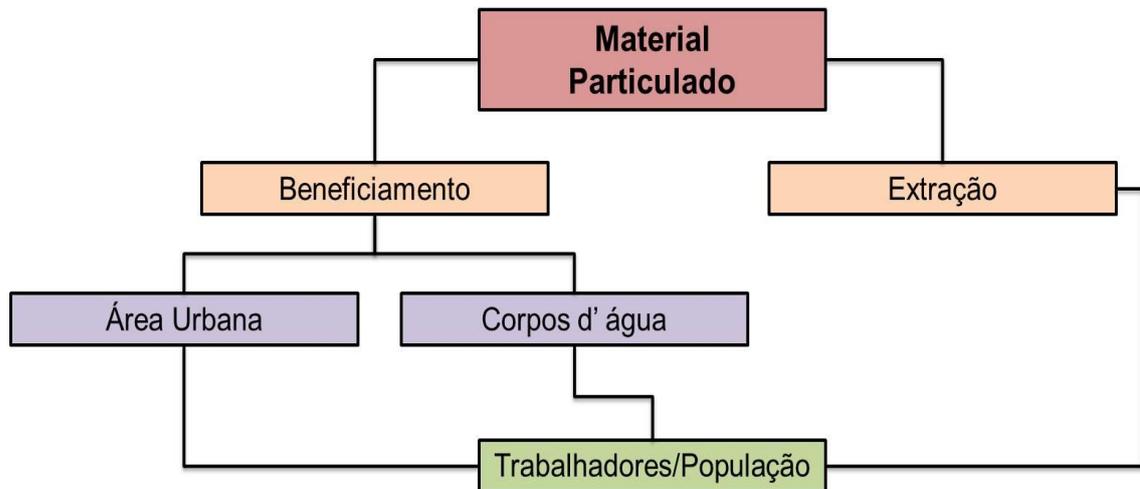
**Figura 7: Mapa de localização dos locais de amostragem**



**Fonte: Sousa (2018)**

A determinação dos pontos de controle foi definida de acordo com os locais onde a exposição da população ao material particulado seja representativa. No organograma a seguir (Figura 8) é demonstrada a sequência dos locais de amostragem em relação à população.

**Figura 8: Organograma da exposição do material particulado**



Fonte: Sousa (2018)

O ponto um (1) localiza-se na área minerada onde é realizada a extração da rocha; o ponto dois (2) está situado nas indústrias de beneficiamento (serrarias); o ponto três (3) se localiza na Praça Waldemar Marinho, determinado com base na proximidade das indústrias e na maior circulação de pessoas; o ponto quatro (4) localiza-se no Açude Municipal e o ponto cinco (5) se localiza na Barragem Dois Riachos, ambos são cursos d'água que estão inseridos na área de influência das indústrias e nas proximidades da área urbana. Os pontos são identificados da seguinte maneira: Açude - Amostra A1; barragem - Amostra A2; área urbana - Amostra B; indústrias de beneficiamento Amostra CX1; área de extração - Amostra E.

A marcação dos pontos foi realizada com o auxílio da ferramenta GPS - Global Positioning System, da marca Garmin, modelo GPSMAP 78s.

### 3.3 Coleta

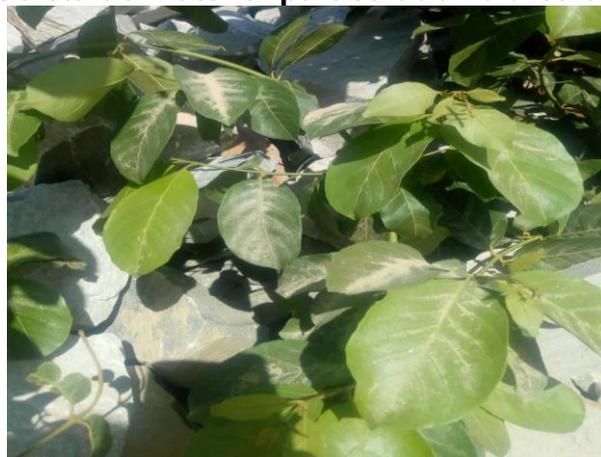
Para a coleta do material particulado foram utilizados sacos plásticos do modelo zip lock e pincéis de cerdas finas. A coleta foi realizada nas indústrias de beneficiamento do quartzito - Amostra CX1 (Figura 9), na área urbana do município - Amostra B (Figura 10) e na área de extração - Amostra E (Figura 11).

**Figura 9: Coleta do material particulado nas indústrias de beneficiamento**



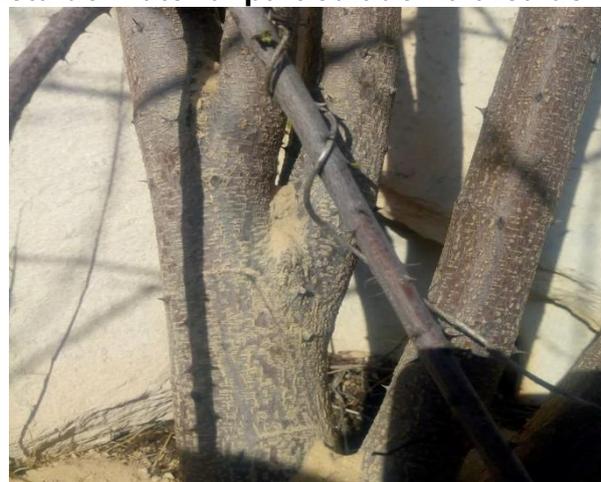
Fonte: Sousa (2018)

**Figura 10: Coleta do material particulado na área urbana**



Fonte: Sousa (2018)

**Figura 11: Coleta do material particulado na área de extração**



**Fonte: Sousa (2018)**

A água foi coletada em dois corpos d'água, no açude municipal - Amostra A1 e em uma barragem privada - Amostra A2, localizados entre a área urbana e as indústrias de beneficiamento. A coleta foi realizada em garrafas plásticas (pet) de 500 ml, visto que o mais indicado para este tipo de amostra são os recipientes plásticos, devido à possibilidade dos recipientes de vidro contribuir no aumento do conteúdo de sílica.

### **3.4 Análise do material particulado**

#### *3.4.1 Análise Química*

A análise química foi realizada por meio de fluorescência de raios X usando um espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva da marca Shimadzu, modelo EDX-720.

#### *3.4.2 Difração de Raios X*

O procedimento de difração de raios x foi realizado utilizando um difratômetro de raios X, da marca Shimadzu, modelo XRD-6000 com radiação  $\text{CuK}\alpha$ , tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, tamanho de passo de 0,02 e tempo por passo de 0,60 segundos, com velocidade de varredura de  $2^\circ$  e ângulo  $2\theta$  variando de 5 a  $60^\circ$ . Para a identificação das fases cristalinas, utilizaram-se os padrões de difração de raios x de cada amostra e o programa Untitled-XRD: Análise qualitativa e as fichas cristalográficas JCPDS contidas no banco de dados PCPDFWIN do programa XRD6000.

Os procedimentos realizados para determinação da análise química e difração de raios x, foram realizados nos Laboratórios de Tecnologia e Caracterização de Materiais, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

### **3.5 Análise de água**

#### *3.5.1 Determinação de sílica*

A determinação da sílica na água foi realizada a partir do Método do Molibdato de Amônio, onde a sílica reativa ao molibdato reage com o molibdato de

amônio em pH aproximadamente 1,2 com formação de ácido molibdossilícico, de colocação amarela. A intensidade da cor é proporcional à concentração de sílica contida na amostra. A intensidade é medida em espectrofotômetro a 410 nm.

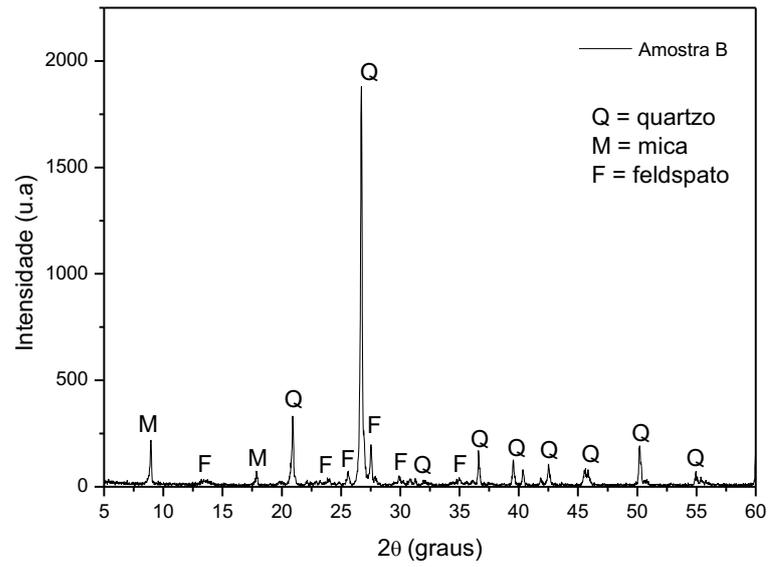
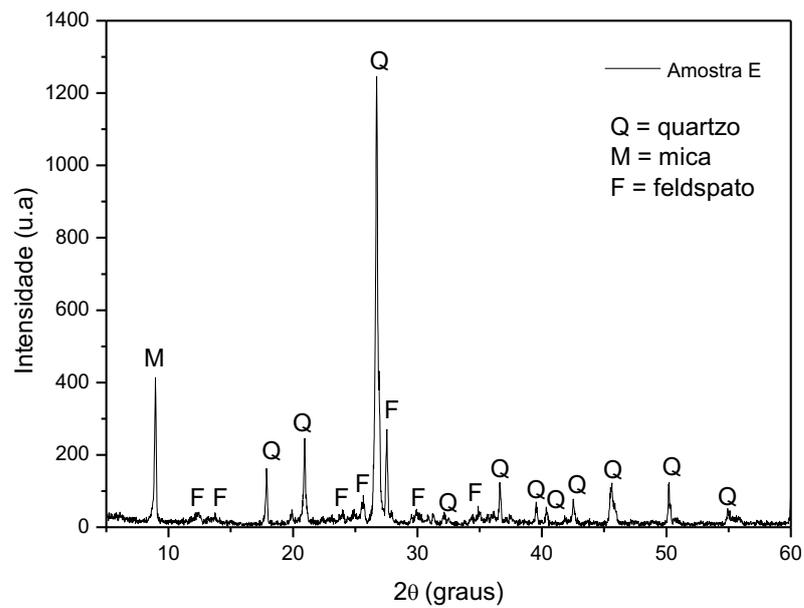
Este método se aplica em amostras de águas naturais, de abastecimento, efluentes domésticos e industriais.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

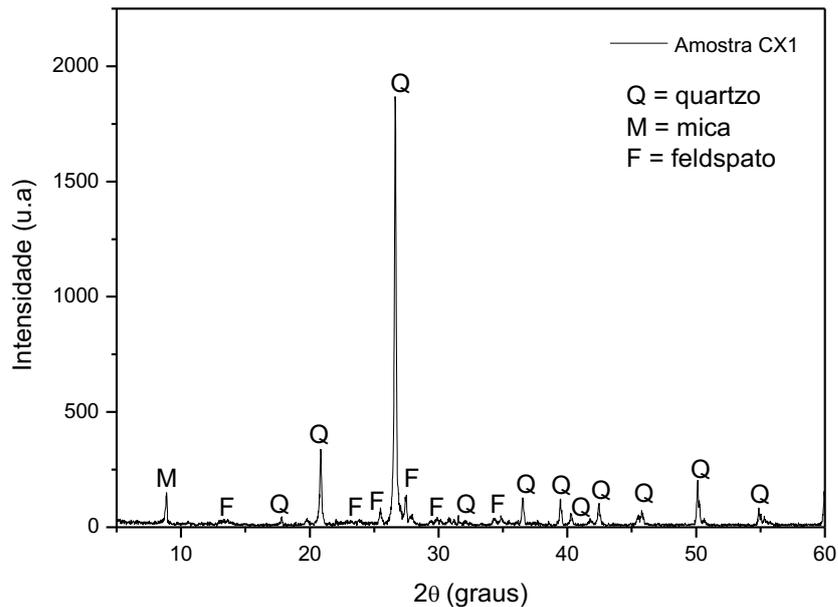
Através da difração de raios-X foram identificadas as fases cristalinas das amostras de material particulado, representadas por meio de difratogramas, apresentados adiante. Na análise por fluorescência de raios-X foi identificada a composição química das amostras, em %. A difração de raios-X contribui na identificação das estruturas dos compostos encontrados na composição química, permitindo a identificação qualitativa das amostras.

Observa-se que as fases cristalinas nos difratogramas das amostras E, B e CX1 são similares (Figuras 12, 13 e 14), apresentando picos com os seguintes minerais: Quartzo, Mica e Feldspato. Estes resultados respaldam com os apresentados por Babisk *et al.* (2012) e Medeiros (2015), porém nos resultados apresentados por esses autores o feldspato se apresenta como Microlina, designada como um feldspato alcalino.

Os picos de quartzo são os mais expressivos, confirmando o alto teor de sílica, o alto grau de recristalização e a textura granoblástica. Os picos de mica indicam intensidades maiores que os picos de feldspato, no entanto, o feldspato se sobressai prevalecendo em fração maior, constatando a presença do óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) apresentado na análise química a seguir. Souza (2015) afirma que a presença de micas pode explicar o fato dos quartzitos se apresentarem como foliados ou laminados.

**Figura 12: Difratoograma de raios X da amostra B****Figura 13: Difratoograma de raios X da amostra E**

**Figura 14: Difratoograma de raios X da amostra CX1**



A análise química das amostras revelaram, como esperado, a sílica ( $\text{SiO}_2$ ) como componente majoritário, com frações de 65,35% (Tabela1 – Amostra E), 77,87% (Tabela 2 – Amostra CX1) e 78,85% (Tabela 3 – Amostra B), demonstrando um caráter essencialmente quartzoso, este resultado é semelhante aos obtidos por Babisk *et al.* (2012) e Medeiros (2015).

Seguido do quartzo, os componentes apresentados pela análise foram os óxidos de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) com maior concentração no setor de beneficiamento, 20,57% (Tabela1 – Amostra E), e o óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) com 7,49% também a maior concentração no beneficiamento (Tabela 1– Amostra E). Babisk *et al.* (2012) relatam que estes óxidos se apresentam na rocha como impurezas na forma de feldspato e mica.

Coutinho Júnior *et al.* (2013) e Gaspar Junior; Souza; Moreno (2007) também encontraram o óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) nas análises química das suas amostras, e constataram ser resultante da estrutura do feldspato potássico, comprovando a alcalinidade do feldspato evidenciado nas fases cristalinas.

Resende (2007) relatou que a composição química de partículas grossas de materiais particulados predominam o cálcio, alumínio, sílica, magnésio e ferro. A composição química das amostras analisadas apresentou compostos similares aos

expostos por Resende (2007), porém na condição de óxidos. Assim como a sílica e o óxido de alumínio, o óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), o óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) e o óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), foram identificados em todas as amostras.

A análise das amostras indicaram em média, 0,31% de dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), analisando os dados expostos por Bruno (2005) o titânio é um dos principais constituintes de materiais particulados presente na atmosfera. Em relação ao trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ), foi observada uma média de 0,23%, segundo Almeida (1999) o trióxido de enxofre é um poluente secundário formado a partir da reação do óxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), que é um poluente primário, com o oxigênio. Os compostos óxido de manganês ( $\text{MnO}$ ), óxido de rubídio ( $\text{Rb}_2\text{O}$ ), óxido de estrôncio ( $\text{SrO}$ ), óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ) e carbono ( $\text{C}$ ) apresentaram valores abaixo de 0,05% em todas as amostras.

O pentóxido de difósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), o óxido de zircônio ( $\text{ZrO}_2$ ) e o óxido de Ítrio ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) foram identificados apenas na Amostra E (Tabela 1).

**Tabela 1: Composição química da Amostra E**

Resultado qualitativo - Amostra E							
$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$
65.35%	20.57%	7.49%	2.97%	1.60%	0.91%	0.58%	0.21%
$\text{SO}_3$	$\text{MnO}$	$\text{ZrO}_2$	$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{SrO}$	$\text{Y}_2\text{O}_3$	$\text{ZnO}$	$\text{C}$
0.20%	0.05%	0.04%	0.03%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%

O óxido de cobre ( $\text{CuO}$ ), óxido de prata ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) e óxido de cádmio ( $\text{CdO}$ ) foram evidenciados apenas na amostra CX1 (Tabela 2), com valores de 0,14%, 0,12% e 0,08%, respectivamente.

**Tabela 2: Composição química da Amostra CX1**

Resultado qualitativo - Amostra CX1							
$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{SO}_3$	$\text{TiO}_2$
77.87%	12.42%	4.51%	2.15%	1.01%	0.98%	0.35%	0.22%
$\text{CuO}$	$\text{ZnO}$	$\text{Ag}_2\text{O}$	$\text{CdO}$	$\text{MnO}$	$\text{Rb}_2\text{O}$	$\text{SrO}$	$\text{C}$
0.14%	0.13%	0.12%	0.08%	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%

O óxido de bário (BaO) foi evidenciado apenas na amostra B, apresentando 0,17% na composição, o óxido de cobre (CuO) também encontrado na amostra CX1, apresentou valor de apenas 0,01% na amostra B (Tabela 3).

**Tabela 3: Composição química da Amostra B**

Resultado qualitativo - amostra B						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>
78.85%	12.41%	5.59%	1.23%	1.01%	0.76%	0.15%
BaO	TiO <sub>2</sub>	Rb <sub>2</sub> O	CuO	SrO	C	
0.17%	0.15%	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%	

Na Tabela 4 estão as análises dos corpos d'água. A determinação da sílica nos corpos d'água analisados indicou um teor de 14,1 mg/L na água coletada no açude e de 19,5 mg/L na barragem. Segundo Abranches (2014) a sílica é possivelmente encontrada em águas naturais, com concentrações variando entre 1 e 30 mg/ L, concentrações mais elevadas são encontradas em águas salobras. Os resultados obtidos nas análises deste trabalho encontram-se, portanto, dentro dos limites de concentrações em águas doces.

Ainda de acordo com Abranches (2014) a presença de sílica em águas para fins industriais deve ser analisada, em virtude que a sílica quando combinada com a dureza pode ocasionar incrustações. Porém, para fins potáveis não apresenta inconveniências.

**Tabela 4: Determinação de sílica na água (mg/L)**

Sílica – SiO <sub>2</sub> (mg/L)	
Açude	Barragem
14,1	19,5

Das três amostras analisadas de material particulado, a Amostra B apresentou maior teor de sílica com 78,85%. Em relação ao óxido de potássio e ao óxido de alumínio, a Amostra E se sobressai apresentando valores de 20,57% e 7,49%. Essa observação está relacionada com as fases cristalinas, visto que os resultados encontrados a partir da análise de difração de raios X demonstram picos característicos dos principais componentes presentes na amostra. O difratograma da

Amostra E apresenta picos de mica e feldspato mais elevados em relação às demais. Da mesma maneira, comparando os difratogramas em relação aos picos de quartzo, a amostra B demonstra a maior intensidade.

É provável que a maior produção de material particulado seja nas indústrias de beneficiamento, devido ao corte e serragem da rocha, em virtude disso, as indústrias usam aspersores ou jatos d'água nos locais onde são realizadas essas atividades transformando a maior parte do material em suspensão em resíduo úmido. Na área de extração o material particulado resulta basicamente do desmonte da rocha. O desmonte normalmente é realizado uma vez por semana, nas sextas-feiras e a mina fica fechada até a segunda-feira. Desta forma, os procedimentos utilizados por ambos os empreendimentos ameniza o material em suspensão e a exposição dos trabalhadores, o que pode explicar o fato de que esses locais apresentam material particulado com teores de sílica menores que o encontrado na área urbana.

Almeida (1999) afirma que os ventos são importantes agentes na dispersão dos poluentes atmosféricos. Resende (2007) relata que a ação dos ventos pode atuar negativamente no transporte de material particulado para o ar. Fabri, Júnior e Leite (2012) citam que a emissão de material particulado de minerações é responsável por um dos maiores transtornos sofrido pelos trabalhadores e pela população próxima a área minerada, devido ao material permanecer em suspensão no ar pode ser transportado pelo vento por extensas áreas, ocasionando e agravando problemas respiratórios.

Diante do que foi exposto é provável que haja transporte de material particulado das indústrias de beneficiamento para a zona urbana do município pela ação dos ventos, devido ao elevado teor de sílica identificado na amostra B. Da mesma forma, a presença de sílica nos corpos d'água indicam uma provável advecção pelo vento do material particulado.

Segundo informações obtidas no DATASUS entre os meses de janeiro e setembro de 2018, o Brasil apresenta mais de 800 mil casos de internações com incidência e agravos de doenças respiratórias, em relação à região Nordeste, a Paraíba é 6º (sexto) estado com maior índice de internações, apresentando em aproximadamente 16 mil casos.

De acordo com dados obtidos na Secretaria Municipal de Saúde do Município em outubro de 2018, estão cadastrados no Sistema de Informação de Atenção Básica um total de 2.802 habitantes, dos quais, 171 apresentam algum tipo de doença respiratória, esse dado equivale a aproximadamente 10% da população cadastrada. Os dados são obtidos através de um cadastro domiciliar preenchido pelos agentes municipais de saúde e atualizados periodicamente, a atualização mais recente foi realizada em setembro de 2018. Os dados de doenças respiratórias não são relacionados com as causas.

Segundo relatos de Gruenzner (2003) a sílica encontrada em minerais é designada como cristalina e tende a permanecer em suspensão no ar, as partículas deste tipo de sílica são facilmente inaladas e são consideradas tóxicas ao aparelho respiratório. Os efeitos sobre a saúde são identificados como carcinogênicos. Devido ao aporte desse material evidenciado nas análises, existe a percepção de que o material particulado causa danos à saúde da população do município, sobretudo aos trabalhadores que são expostos diariamente e em maior intensidade.

## **5 CONCLUSÕES**

A análise por difração de raios X identificou a composição mineralógica das amostras essencialmente de quartzo, como componente majoritário, mica e feldspato microlíneo. A análise química demonstrou sílica, óxido de alumínio e óxido de potássio como principais constituintes.

O elevado teor de sílica presente na amostra coletada na área urbana do município é um forte indício que ocorre o aporte de material particulado pelo vento originado das indústrias de beneficiamento. A presença de sílica nos corpos d'água pode ser originada da advecção pelo vento do material particulado, porém os valores encontrados atestam uma concentração aceitável.

A Secretaria Municipal de Saúde não forneceu dados sobre as origens das doenças, assim não é possível afirmar com clareza que os casos de doenças respiratórias estão de fato vinculados à atividade mineradora. Mas vale ressaltar os elevados valores de sílica evidenciada nas amostras de material particulado e os efeitos nocivos que este componente apresenta a saúde, demonstrando grandes possibilidades da atuação sobre a incidência e agravos de doenças desta natureza e que de fato, a população está exposta aos efeitos do material particulado.

A emissão de material particulado possui impactos estéticos e sanitários. Existe a percepção que a atividade mineradora afeta a saúde da população, causa danos aos materiais e ao meio ambiente em geral. Em virtude de que a atividade é a principal fonte econômica do município, é necessário iniciativas na área de educação ambiental e saúde pública, medidas de mitigação e melhorias na infraestrutura dos empreendimentos, proporcionando qualidade de vida para os trabalhadores e a população em geral.

## **6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

A inclusão de dados do sistema de saúde do município relacionando a incidência de doenças respiratórias, bem como o uso de amostradores de grandes volumes para avaliar as concentrações existentes do material particulado na atmosfera.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Dossiê Brasil**. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://abirochas.com.br/dossie-brasil/>>. Acesso em: 11 Jul. 2018.

ABRANCHES, Maria Júlia. Determinação da sílica e do ferro na água. **Prezi**. 2014. Disponível em: <<https://prezi.com/n3numzxjhcxy/determinacao-da-silica-e-do-ferro-na-agua/>> Acesso em: 4 dez. 2018.

ALMEIDA, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. 1999. 194 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas, São Paulo, 1999.

ALVES, Wellington et al. Environmental strategies for the mining sector: evidences from a Brazilian company. **REBRAE**, v. 10, n. 2, p. 186-203, 2017.

AMORIM, Luiz Felipe Duarte de. **Avaliação do impacto atmosférico nas operações de uma mineradora de calcário**. 2016. 42 f. Trabalho de conclusão de curso em engenharia da produção - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2016.

ÁVILA, J. L. T.; MONTE-MÓR, R. L. M. Urbanização e Impactos Ambientais: uma análise da relação entre as características dos espaços urbanos e a poluição hídrica na região do médio Rio Doce (MG). In: Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 7., 2007. Fortaleza, CE, **Anais...** Fortaleza, 2007. p 1-18.

BABISK, Michelle Pereira et al. Incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha. **HOLOS**, v. 6, p. 169-177, set. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 22 de agosto de 1990. Seção 1, p. 15937-15939. Disponível em: <[ww2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100](http://ww2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100)>. Acesso em: 3 de dez. de 2018.

BRASIL, DATASUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>. **Ministério do Meio Ambiente**. Acesso em: 1 de dez de 2018.

BRITO, Beatriz Duarte Correa de; MASTRODI NETO, Josué. As esferas de responsabilidade pelo dano ambiental: aplicação ao caso Samarco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 39, p. 43-57, nov. 2016.

BRUNO, Ricardo Luiz. **Material particulado atmosférico na cidade de São Carlos SP: quantificação e identificação de fontes**. 2005. 187 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

CAPAZ, Rafael; NOGUEIRA, Luiz. **Ciências Ambientais para Engenharia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

CHIODI FILHO, C. Situação e perspectivas brasileiras no setor de rochas ornamentais e de revestimento. In: Simpósio brasileiro de rochas ornamentais/Seminário de rochas ornamentais do nordeste; 1. 2. 2001. Salvador, **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. p. 2-12.

COSTA, Antônio Gilberto; CAMPELLO, Marcos Santos; PIMENTA, Vitor Brugnara. Rochas ornamentais e de revestimento de Minas Gerais: Principais ocorrências, caracterização e aplicações na indústria da construção civil. **Revista Geonomos**, v. 8, n. 1, 2000.

COUTINHO JÚNIOR, Tercilio. A.; CARVALHO, Sebastião. G.; ZANARDO, Antenor. Características Mineralógicas e Químicas do Minério da Mina Morro Alto: Possibilidades de Fabricação de Revestimento Cerâmico Monoporoso por Via Seca. **Cerâmica Industrial**, v.18, p. 28-40, 2013.

DUCHIADE, Milena P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 311-330, 1992.

FABRI, Erika Silva; JÚNIOR, Hermínio Arias Nalini; LEITE, Mariangela Garcia Praça. Exploração de rochas ornamentais e meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, v. 26, p. 189-197, jul./dez. 2012.

FALEIRO, Flávio Fernandes; LOPES, Luciana Maria. Aspectos da mineração e impactos da exploração de quartzito em Pirenópolis-GO. **Ateliê Geográfico**. Goiânia, GO, v. 4, n. 3, ago. 2010 p.148-162.

FARIA BUENO, Flávia et al. Qualidade do ar e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Divinópolis, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 32, n. 2, 2010.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. Mineração e meio ambiente no Brasil. **Relatório do CGEE/PNUD**, v. 76, p. 2, out. 2002.

FRANCKLIN JUNIOR, Ivan. **Estudo tecnológico em rejeitos de quartzitos do sudoeste de Minas Gerais para utilização como agregado graúdo no concreto**. 2009. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

GASPAR JUNIOR, Lineo Aparecido; SOUZA, Marcos Henrique de Oliveira; MORENO, Maria Margarita Torres. Utilização de Rochas Metamórficas como Aditivos às Argilas de uma Mina do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes – SP. **Cerâmica Industrial**, v.12, p. 36-39, 2007.

GRUENZNER, Gerrit. **Avaliação da poeira de sílica: um estudo de caso em uma pedreira na região metropolitana de São Paulo**. 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de Minas e de Petróleo. São Paulo, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em:<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em setembro de 2018.

LEITE, Mariangela Garcia-Praça; GONÇALVES-FUJACO, Maria Augusta. A atividade de beneficiamento de quartzitos na cidade de Ouro Preto-Brasil: características gerais e principais impactos ambientais. **Economía, sociedad y territorio**, v. 13, n. 41, p. 227-243, 2013.

LIMA, Elisângela Maria de **Doenças respiratórias associadas à atividade de mineração no município de Parelhas, região do seridó norte-rio grandense**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Regional de Pós Graduação em

Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

MAR, T. F.;NORRIS, G.A.; KOENIG, J. Q; LARSON, T. V. Associations between Air Pollution and Mortality in Phoenix, 1995–1997. **Environmental Health Perspectives**, v. 108, n. 4, p. 347, 2000.

MARCILIO, Izabel; GOUVEIA, Nelson. Quantifying the impact of air pollution on the urban population of Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, p. S529-S536, 2007.

MARQUES, Rodrigo. **Avaliação temporal da composição química das águas de chuva e do material particulado inalável: estudo aplicado à cuiabá-mt.** 2011. 129 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo, 2011.

MEDEIROS, Paula Simone Soares. **Incorporação de resíduo de quartzito em massas cerâmicas para uso em louça sanitária.** 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

MILANEZ, Bruno. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 16, jan.-jun. p. 1-10, 2017.

NASCIMENTO, Antônio Paula et al. Associação entre concentração de partículas finas na atmosfera e doenças respiratórias agudas em crianças. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, nov. 2017.

RAMIRIO, Rodrigo Fabiano et al. Estudo comparativo de rejeitos de quartzito com outros agregados comercialmente utilizados como materiais de construção no Sudoeste de Minas Gerais. **Ciência et Praxis**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2008.

RESENDE, Fernando. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: Avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios.** 2007. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2007.

SANTOS, D. A. et al. Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de Várzea–PB. **HOLOS**, v. 4, p. 1-12, 2014.

SANTOS, Jeferson dos. **Caracterização de resíduos de rochas ornamentais: aplicação de conceitos mecanoquímicos**. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2016.

SILVA, João Paulo Souza. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista espaço da Sophia**, v. 8, n. 1, p. 1-13, nov. 2007.

SILVA, Lilian Marcellino; FERREIRA, Rafael Lopes. Impacto ambiental pela mineração de carvão no Sul de Santa Catarina. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 4, p. 1-18, 2017.

SIMONATO, T. C.; MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Urbanização, economia e mineração em Minas Gerais: aspectos contemporâneos de conflitos históricos. In: ENANPUR, 7., 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017, p. 1-13.

SOUZA, Marcondes Mendes de. **Estudo da adição de resíduos de quartzitos para obtenção de grés porcelanato**. 2015. 111 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SOUZA, Marcondes Mendes de et al. Estudo da caracterização microestrutural após a sinterização de resíduos de quartzitos em substituição ao quartzo na massa cerâmica para obtenção de grés porcelanato. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE – CONRESOL, 1., 2018, Gramado, **Anais...** Gramado: IBEAS, 2018, p 1-7.

SOUZA, A. P. F.; LIMA, A. D. A.; GOPIMATH, T. R.; NADLER, H. C. S. Uma abordagem técnica e ambiental sobre os depósitos de quartzitos no estado da Paraíba. In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. 2., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: CETEM/MCTI, 2002 p. 1-6.

VARGAS, Thais; MOTOKI, Akihisa; NEVES, José Luíz Peixoto. Rochas ornamentais do Brasil, seu modo de ocorrência geológica, variedade tipológica, exploração

comercial e utilidades como materiais nobres de construção. **Revista de Geociências**, v. 2, n. 2, p. 119-132, 2001.

VIDAL, F. W. H.; CAMPOS, A. R.; CORREIA, J. C. G.. **Quartzito de Várzea do Seridó: tecnologia de lavra e de beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2015, p. 1-91.