

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GLEICY HELLY MARTINS CAVALCANTE

**ANÁLISE DE IMPACTOS DE RUÍDO CAUSADOS PELO DESMONTE DE ROCHA
COM EXPLOSIVOS SOB A ÓTICA DA NBR ISO 14.001**

**CAÇAPAVA DO SUL
2016**

GLEICY HELLY MARTINS CAVALCANTE

**ANÁLISE DE IMPACTOS DE RUÍDO CAUSADOS PELO DESMONTE DE ROCHA
COM EXPLOSIVOS SOB A ÓTICA DA NBR ISO 14.001**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Raul Oliveira Neto

**Caçapava do Sul
2016**

FOLHA DE APROVAÇÃO

GLEICY HELLY MARTINS CAVALCANTE

ANÁLISE DE IMPACTOS DE RUÍDO CAUSADOS PELO DESMONTE DE ROCHA COM EXPLOSIVOS SOB A ÓTICA DA NBR ISO 14.001

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 14 de Dezembro de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luis Eduardo de Souza
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr^a. Luciana Arnt Abichequer
UNIPAMPA

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich
UNIPAMPA

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, pois sem Ele nada eu seria.

Aos meus pais José Cortez Cavalcante e Marlene Martins Cavalcante pela confiança, incentivo, investimento e também por suportar minhas ausências com paciência e compreensão.

Ao meu segundo pai de coração José Linhares de Borba e sua família, eterna gratidão por todo carinho e suporte oferecido.

Aos amigos, em especial Jandir Pereira Blasius e Bruna Antunes de Oliveira, companheiros de todas as horas, aos quais eu me espelhei e que me deram força para juntos fazermos o curso.

Sou grata também aos representantes da Empresa de onde esta pesquisa foi desenvolvida, Engenheiro Ambiental e Sanitarista Bruno Acosta Flores e Tecnólogo em Mineração Evandro Gomes dos Santos, pela oportunidade, receptividade e apoio fundamental durante a fase de aquisição de dados deste trabalho.

Finalmente, agradeço aos professores Dr. Luis Eduardo de Souza e Dr. Raul de Oliveira Neto pela orientação, paciência, confiança e cordialidade comigo.

RESUMO

O emprego de explosivos é considerado a maneira mais eficiente e economicamente viável para desmonte de rocha na mineração. Contudo, sabe-se que apenas uma porção da energia dos explosivos é de fato utilizada na fragmentação da rocha, sendo que o restante desta energia acaba provocando impactos ao meio ambiente, tais como ruído e sobrepressão atmosférica. Este evento pode levar a existência de conflitos entre a Empresa mineradora e a população vizinha, causando transtornos e interferindo diretamente na sua qualidade de vida. Nesse sentido, este trabalho propôs monitorar os níveis de ruído em estruturas próximas às áreas de desmonte de rochas com explosivos e avaliar os respectivos danos e incômodos sobre a comunidade vizinha de uma Empresa mineradora de calcário localizada no município de Caçapava do Sul, como também, verificar dos aspectos do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em desacordo com os requisitos da NBR ISO 14.001:2015. Para o monitoramento do ruído decorrente das detonações foram utilizados dois tipos de equipamentos, o sismógrafo de engenharia e o decibelímetro digital, que captam os níveis sonoros de acordo com os limites estabelecidos pela NBR 9653:2005. Foi interpretado um total de 90 dados dos monitoramentos, dos quais 36 identificaram níveis de ruído maiores ou iguais a 134 dB, ultrapassando o limite da norma. Os dados para análise administrativa e análise da população circunvizinha foram obtidos a partir da aplicação de dois questionários e de uma lista de verificação elaborada com base na ISO 14001:2015. A análise dos dados mostrou que o SGA existente na Empresa atende parcialmente aos requisitos da NBR ISO 14001:2015, embora seus registros e documentações ainda não sejam suficientes. Conclui-se, portanto, que para o total atendimento ao SGA e, conseqüentemente, sua certificação, é necessário controlar e monitorar estes parâmetros via análises periódicas do impacto da poluição sonora, implantar planos de ações e avaliar sistematicamente a sua classificação e a significância.

Palavras chave: poluição sonora, detonação, sistema de gestão ambiental.

ABSTRACT

The use of explosives is considered the most efficient and economically viable way to rock blasting operations in mining. However, it is known that only a portion of the energy of the explosives is actually used in the rock fragmentation, with the rest of this energy eventually causing impacts to the environment, such as noise and air overpressure. This event may cause conflicts between the Mining Company and the neighboring population, causing disruption and directly interfering with their quality of life. Therefore, this work proposed to monitor the noise levels in structures near the areas of rockblasting and to evaluate the respective damages and discomforts on the neighboring community of a limestone mining company located in the city of Caçapava do Sul, as also, verify aspects of the environmental management system (EMS) in disagreement with the requirements of NBR ISO 14.001: 2015. Two types of equipment, the engineering seismograph and the digital decibel meter, were used to monitor the noise caused by the detonations, which capture the noise levels according to the limits established by NBR 9653. A total of 90 monitoring data were interpreted, which 36 identified noise levels greater than or equal to 134 dB, exceeding the limit of the standard. Data for administrative analysis and analysis of the surrounding population were obtained from the application of two questionnaires and a checklist elaborated based on ISO 14001: 2015. The analysis of the data showed that the existing EMS in the Company partially attends the requirements of NBR ISO 14001: 2015, although its records and documentation are not enough. It is concluded, therefore, that for full compliance with the EMS and, consequently, its certification, it is necessary to control and monitor these parameters through periodic analyzes of the impact of sound pollution, implement action plans and systematically evaluate their classification and significance.

Keywords: noise pollution, detonation, environmental management system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fases do gerenciamento ambiental para o melhoramento continuado.....	15
Figura 2 – Mapa de risco do desmonte de rocha	16
Figura 3 – Identificação do nível de atendimento da Empresa aos itens da NBR ISO 14001	17
Figura 4 – Ciclo ou onda senoidal	18
Figura 5 – Formato da onda de sobrepressão atmosférica	18
Figura 6 – Efeitos associados a diferentes níveis de ruído	19
Figura 7 – Onda sonora em Pascal de múltiplas linhas de disparos	20
Figura 8 – Efeito da distância sobre uma fonte de ruído pontual	21
Figura 9 – Obtenção da equação de atenuação em diagramas log-log	24
Figura 10 – Demonstração da árvore exercendo função de barreira acústica	26
Figura 11 – Variáveis de plano de fogo para uma bancada típica.....	27
Figura 12 - Efeitos da variação do afastamento	29
Figura 13 – Zonas de desempenho do tampão.....	30
Figura 14 – Efeito da iniciação lateral na transmissão de energia ao maciço	31
Figura 15 – Condição normal de atmosfera: temperatura decrescendo com a altitude	32
Figura 16 – Influência das condições atmosféricas no nível de propagação do ruído	32
Figura 17 – Efeito da combinação do vento com a inversão térmica sobre a propagação do ruído	33
Figura 18 – Mapa de localização da área de estudo.....	36
Figura 19 – Dinâmica dos ventos alísios e ventos de Oeste no Rio Grande do Sul..	38
Figura 20 – Mapa geológico regional simplificado.....	40
Figura 21 – Heterogeneidade do maciço existente no depósito da cava da Corticeira	41
Figura 22 – Microsismógrafo de engenharia	43
Figura 23 – Representação entre o ponto de detonação até o ponto de monitoramento	44
Figura 24 – Decibelímetro digital portátil	44
Figura 25 - Percentual do tempo de residência da população na Comunidade	47
Figura 26 – Porcentual dos impactos de maior incômodo sobre a Comunidade	48

Figura 27– Percentual dos principais meios de subsistência das famílias	48
Figura 28 - Carreta de perfuração PWH-5000.....	50
Figura 29 – Emulsão encartuchada.....	50
Figura 30 - Carregamento da coluna utilizando ANFO.....	51
Figura 31- Mapa de localização dos pontos de monitoramentos	52
Figura 32 - Gráfico de distribuição de frequências absolutas dos níveis sonoros provenientes das detonações.....	53
Figura 33 - Gráfico do modelo de regressão para o ruído.....	54
Figura 34 - Tamponamento da carga explosiva com brita	55
Figura 35 - Tamponamento utilizando embalagens plásticas	55
Figura 36 - Amarração em superfície com o emprego de cordel detonante.....	56
Figura 37 - Cordel exposto e maticões com amarração pronta para o desmonte secundário sem o uso de tampões.....	57
Figura 38 - Gráfico da relação entre os níveis de ruído suas respectivas estações do ano	57

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Variáveis que influenciam os níveis de propagação do ruído.....	28
Tabela 2 – Efeitos da sobrepressão acústica sobre estruturas comuns	34
Tabela 3 – Dados climatológicos do período 1961 a 1990.....	37
Tabela 4 - Padrões de pontuação dos níveis de atendimento à NBR ISO 14001.....	42
Tabela 5 - – Nível de atendimento da Empresa à ISO 14001.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BR – Rodovia Federal

CPRM – Companhia de Prospecção de Recursos Minerais

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EPA – *United States Environmental Protection Agency*

IAAO – Instrumento de Análise Ambiental e Operacional

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ISO – *International Organization for Standardization*

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO	I
AGRADECIMENTO	I
RESUMO	I
ABSTRACT	II
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELA	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VI
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introdução	1
1.2 Estado da arte	3
1.3 Meta	11
1.3.1 Objetivos específicos	11
1.4 Metodologia	11
1.4.1 Organização desta monografia	12
CAPÍTULO 2	14
2.1 Identificação do ruído como impacto significativo	14
2.2 Ruído e sobrepressão atmosférica decorrentes do desmonte de rocha com explosivos	17
2.3 Propagação do ruído e modelos de atenuação	21
2.1 Efeitos das barreiras	25
2.2 Fatores que incrementam os níveis de ruídos	27
2.2.1 Condições meteorológicas	31
2.3 Efeitos associados aos ruídos	33
CAPÍTULO 3	35
3.1 Área de estudo	35
3.2 Clima	37
3.3 Ventos	38
3.4 Contexto geológico	39
3.4.1 Geologia regional	39
3.4.2 Geologia local	40
3.4.3 Instrumento para análise ambiental e operacional do desmonte de rocha com explosivos com base na NBR ISO 14001:2015	41
3.5 Equipamentos e técnicas de monitoramento	43

CAPÍTULO 4	45
4 Resultados e Discussões	45
4.1 Caracterização da empresa	45
4.2 Perfil da vizinhança	46
4.3 Práticas operacionais	49
4.3.1 Perfuração, carregamento e amarração dos furos	49
4.3.2 Campanhas de monitoramento	51
4.4 Resultados da aplicação da Lista de Verificação (<i>checklist</i>)	58
4.5 Recomendações de medidas preventivas e corretivas para o impacto do ruído e sobrepressão atmosférica	59
CAPÍTULO 5	61
5 Considerações finais	61
5.1 Recomendações	62

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

A indústria mineira é um dos setores básicos da economia, sendo considerada fonte de renda e contribuinte para os índices de crescimento do país. Apesar de gerar vários impactos ambientais negativos, principalmente para as comunidades vizinhas, é incontestável a importância da mineração para a sociedade. A exemplo citam-se as vantagens relacionadas ao capital físico, como o fornecimento de matéria prima para a construção civil e, social, como a geração de empregos e renda à comunidade que, quando associados a um planejamento de gestão ambiental adequado, funcionam como polo estratégico de desenvolvimento local e regional.

Os fatores geológicos ligados à localização natural da jazida e ao grande volume de reservas estão diretamente relacionados com a proximidade dos empreendimentos mineiros aos centros urbanos (BACCI, 2006). Contudo, há também outros fatores que influenciam esta proximidade, como o rápido crescimento tecnológico e industrial associado à falta de planejamento urbano, o que conduz grande parte da população para as regiões periféricas, causando certo desconforto e conflito social.

Segundo a NBR ISO 14.001 (ABNT,1996), impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. Com a expectativa de melhoria do desempenho ambiental do empreendimento mineiro, foi fundamentada a série ISO 14.000, uma família de normas que atua como instrumento de avaliação e gestão ambiental. À medida que essas normas são empregadas, torna-se possível prevenir ou eliminar impactos ambientais, como também, reduzir custos aplicados em procedimentos de remediação.

Neste contexto, entre a considerável gama de impactos que a mineração causa, considera-se de suma importância àqueles causados sobre o meio antrópico, como os oriundos de explosivos empregados em operações de desmonte de rochas. Envolvendo riscos consideráveis, por vezes com consequências fatais, associados ao lançamento de fragmentos, tais operações geram vibrações, transmitidas pelo terreno e através da atmosfera (ruído), causando incômodos e danos às estruturas

existentes na própria mina, assim como aquelas ao seu entorno (DALLORA NETO & FERREIRA, 2006; SILVA, 2007).

A poluição sonora gerada na detonação pode levar a existência de conflitos entre a empresa mineradora e a população vizinha, interferindo diretamente na sua qualidade de vida. Apesar da ocorrência de danos estruturais provenientes desse impacto ser rara, é um dos principais motivos de queixas e reclamações, uma vez que os níveis de ruído maiores que 120 dB produzem efeitos desagradáveis como irritabilidade, medo e, principalmente, susto causado por eventos inesperados.

Os estudos referentes a este fenômeno, em conjunto com a necessidade, não apenas de minimizar os efeitos deletérios ao meio ambiente, mas também de aprimorar a qualidade de vida da população residente na área vizinha, constituem uma prática importante que deve acompanhar o planejamento e a execução dos trabalhos do desmonte de rocha.

Dessa forma, no presente estudo serão analisadas questões relacionadas à sobrepressão atmosférica e ruído, provocadas durante o desmonte de rochas com uso de explosivos em uma empresa mineradora de calcário, localizada no município de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, e seus efeitos gerados na área de interesse, como também, em sua vizinhança imediata.

Alguns trabalhos experimentais foram realizados nessa área ao longo do tempo com o objetivo de relacionar matematicamente o nível de vibração, tamanho de carga e distância do desmonte, como também verificar os níveis de ruídos no entorno da área. A partir disto e, seguindo os requisitos da NBR ISO 14001:2015, serão realizados novos monitoramentos, para a obtenção de dados em registros sismográficos e decibelímetros e de parâmetros dos planos de fogo a eles vinculados, permitindo assim, uma análise comparativa para a obtenção de uma equação probabilística de atenuação para o local, além de estabelecer um diagnóstico dos níveis de ruído relacionados com as operações de desmonte.

Nesse intuito, a compreensão dos fenômenos será baseada em considerações teóricas fundamentais, que envolvem conceitos de elasticidade, propagação de ondas, mecanismos de detonação, impactos ambientais associados e variáveis que atuam na atenuação do problema (DALLORA NETO, 2004).

Essa equação servirá como referencial para adoção de medidas preventivas e mitigadoras, de acordo com os limites estabelecidos em normas regulamentadoras, o que permitirá a verificação do modelo do sistema de gestão ambiental existente na

empresa e a adequação aos requisitos necessários para a certificação ambiental através da NBR ISO 14.001:2015.

1.2 Estado da arte

De acordo com Sebrae (2012), o desempenho ambiental relacionado com as atividades da indústria passou a afetar decisivamente as empresas a partir da década de 1990. A exigência de produtos mais saudáveis transcendeu as fronteiras nacionais e hoje constitui um requisito de peso no comércio internacional.

Gravina (2008) afirma que a empresa moderna vive um dilema entre adaptar-se a este processo de necessidade de melhoria e correr o risco de perder espaços arduamente conquistados num mercado extremamente competitivo e globalizado.

Embora um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) apresente vantagens para as empresas a um médio espaço de tempo, sua implantação agrega custos ao processo produtivo e demanda muitos esforços por parte dos colaboradores, representando uma das principais dificuldades enfrentadas pelo meio organizacional (VILHENA *et al.*, 2000; ALMEIDA *et al.*, 2014).

A adequação desse sistema torna-se vantajosa quando comparada a outros instrumentos de gestão disponíveis, sendo que o SGA é o que permite o controle dos aspectos ambientais do empreendimento durante sua construção e implantação, de forma organizada (FREITAS *et al.*, 2001).

Sánchez (2008) conceitua o SGA como um conjunto de medidas de ordem técnica e gerencial que tem por objetivo assegurar que o empreendimento seja operado de acordo com a legislação ambiental e outras diretrizes relevantes, de modo que, além de acentuar os efeitos benéficos, minimiza os riscos e impactos adversos.

De outra maneira, a *United States Environmental Protection Agency* (EPA) define o SGA como sendo uma série de processos que objetivam capacitar a estrutura organizacional da empresa a fim de reduzir seus impactos ambientais e aumentar sua eficiência operacional (EPA, 2002).

Esse sistema de gestão pode ser visto como uma inovação, desde que a metodologia seja adequada à cultura e características da empresa, considerando os objetivos que se almejam com a mudança (Santos, 2015). O SGA encontra-se, inclusive, normalizado por meio da NBR ISO 14.001 (ABNT, 2004).

A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma organização não governamental de entidades nacionais de normatização que congrega atualmente 160 institutos nacionais de padronização, inclusive o Brasil, responsáveis por criar e rever as certificações ambientais (ALMEIDA *et al.*, 2014; GRAVINA, 2008; ISO, 2009; SEBRAE, 2012).

A ISO 14.000 é uma família de normas de adesão voluntária que tem como objetivo padronizar ações favoráveis à qualidade ambiental, podendo ser implementada em qualquer tipo ou porte de organizações, visto que somente a ISO 14.001 é passível de certificação ambiental (ALMEIDA *et al.*, 2014; ISO, 2009; SANTOS, 2015).

Baumbach (2011) e Hassegawa (2007) esclarecem que o SGA indicado pela NBR ISO 14001:2015 é estruturado a partir de cinco elementos fundamentais para sua implantação, sendo eles: política ambiental, planejamento, implementação e operação, verificação e análise realizada pela gerência. Sabe-se que esta norma não substitui a legislação local vigente, contudo a reforça no momento em que exige seu cumprimento integral para que seja concedida a certificação ambiental (OLIVEIRA, 2010; BAPTISTA, 2013).

De maneira geral, a NBR ISO 14001:2015 estabelece que o SGA, estruturado de acordo com seus padrões, deve estar inserido em um modelo de melhoria contínua, seguindo o fundamento do ciclo PDCA, sigla em inglês que significa planejar, fazer, checar e agir, que representa um conjunto de informações básicas para vários sistemas de gestão (ABNT, 2004).

Ao analisar os benefícios que a certificação ambiental proporciona, percebeu-se, com o tempo, que eles vão além da garantia da qualidade e da padronização dos serviços empresariais. A implantação das normas uniformiza a produção, facilita o treinamento da mão de obra, reduz o consumo de materiais e o desperdício, fornece procedimentos para cálculos e projetos, além de responder à legislação específica. Estes impulsos fornecidos para a eliminação das más práticas justificam a melhoria no controle dos processos e o aumento da produtividade (OLIVEIRA, 2010; SANTOS, 2007; SEBRAE, 2012).

A ISO 14001 tem sido objeto de diversos estudos e teses disponíveis na literatura, nos últimos anos. Bons exemplos, como apresentado por Almeida (2014), Hassegawa (2007), Baumbach (2011) e Freitas *et al.* (2001), nos quais a norma é explicada detalhadamente, podem ser encontrados.

Diante do exposto, percebe-se a grande importância da certificação ambiental para as empresas de um modo geral, sobretudo as do ramo mineiro, considerando o potencial de impacto negativo que seus processos causam sobre a vizinhança e, também, o alto poder de alteração no meio biológico e físico relacionado com o processo de extração do minério a céu aberto ou subterrâneo (AQUINO, 2012).

Granha(1999) identifica em seu estudo os principais pontos de estrangulamento para implantação da NBR ISO 14.001:2004 no setor de mineração no Brasil, afirmando que a capacidade de adaptação às diretrizes exige um esforço de investimento muito grande, sendo a maior pressão exercida sobre as pequenas e médias empresas. Em contrapartida, no momento em que empresa implanta a ISO 14001, ela recebe algumas vantagens que automaticamente gera prestígio para si.

Sabendo disso, Hasegawa (2007) propôs um método de verificação do SGA, de acordo com a NBR ISO 14001:2004, chamado Instrumento de Análise Ambiental e Operacional (IAAO) e o aplicou em empresas de pequeno porte, com a finalidade de se constatar falhas operacionais e administrativas. Sabe-se que este método de verificação estabelece critérios de análise específicos para cada tipo de impacto ambiental, sendo assim, torna-se de igual modo eficiente para diagnosticar os impactos causados pelo desmonte de rocha com explosivos com base na NBR ISO 14001:2015.

A utilização de explosivos é uma das operações mais comuns na etapa do desmonte de rochas, sendo associada, segundo Koppe *et al.* (2001), à eficiência de sua técnica que permite a aplicabilidade nos mais variados tipos de maciços rochosos, e ao baixo custo em relação ao desmonte mecânico.

Bhandari (1997) define o explosivo como uma substância sólida ou líquida que quando submetido a estímulo adequado é convertido em substância gasosa a curto intervalo de tempo. De outra maneira, Persson (1994) complementa que os explosivos são substâncias simples, mas que devem possuir estabilidade química suficiente para não reagir espontaneamente sob qualquer estímulo como atrito, impacto ou temperatura elevada.

Olofsson (1990) e Sen (1995) examinam as principais características a serem observadas no momento de seleção dos explosivos utilizados no desmonte, sendo seus parâmetros e limites de segurança definidos pela NBR 9653 (ABNT, 2005) e NRM-16 (DNPM, 2001).

Apesar da principal causa de mortes relacionada com a utilização de explosivos seja devido à ocorrência de ultralançamentos, a sobrepressão atmosférica e o ruído potencialmente causam danos às propriedades e barulhos inesperados, tornando-se uma das principais motivações para queixas e reclamações da população vizinha à operação de desmorte (SOUZA *et al.*, 2013; PONTES & SILVA, 2015).

Os danos causados estão associados à dissipação da fração de energia liberada pelo explosivo na detonação que não é transformada em trabalho útil, a qual é produzida durante o rápido movimento do maciço e da ejeção de gases em pressões extremamente altas (PERSSON, 1994). Ferreira (2006) afirma que a propagação da fração de energia é, em sua maior parte, através do maciço circundante sob a forma de vibrações, e da atmosfera sob a forma de ruído e sobrepressão atmosférica.

Segundo Olofsson (1990), as ondas de pressão estão dentro de uma ampla gama de frequências, tipicamente entre 0,1 Hz e 200 Hz, sendo que parte dessas ondas encontra-se na faixa de frequência audível para os seres humanos, acima de 20 Hz (ruído), e o restante que é composto por som não audível e deslocamento de ar (concussão), abaixo de 20 Hz.

Embora se trate de uma onda de pressão, Konya (1995) afirma que as medições e limites normatizados geralmente são em decibel (dB), definido a partir do nível do ruído (dB) em função da sobrepressão atmosférica em pascal (Pa).

Para uma melhor compreensão dos aspectos de operação do desmorte de rocha, Dallora Neto & Ferreira (2006) dizem que eles ocorrem através de processos cíclicos que compreendem a perfuração do maciço rochoso em diâmetro e distâncias predeterminadas, da introdução de explosivos nos furos, da detonação desse explosivo e da remoção da rocha assim fragmentada.

Este planejamento antecede o projeto de desmorte da bancada ao qual dá se o nome de plano de fogo e está associado a fatores responsáveis pelo incremento dos níveis de impactos gerados.

Há um considerável número de fatores que influenciam a propagação e a intensidade da sobrepressão atmosférica. Bhandari (1997) os classifica em dois fatores distintos: controláveis e incontroláveis.

Segarra *et al.* (2010), em seu estudo de previsão de ruídos, explica que os fatores controláveis possuem maior influência no ruído gerado em superfícies mais

próximas ao ponto de detonação, são eles: fatores geológicos (tipo e espessura do maciço), geometria do desmonte (afastamento e espaçamento), características da carga explosiva (tipo e quantidade de explosivos, carga máxima por espera, tampão) e o tempo (intervalos de retardo e sentido de iniciação do fogo).

Em lugares mais afastados, observa-se que o ruído não é tão intenso quanto em locais próximos à fonte. No entanto, esses valores podem ser alterados pelos ditos fatores incontrolláveis ou meteorológicos, uma vez que o ruído a longa distância é mais sensível às condições atmosféricas do que a curta distância (KUZU, 2009).

Sabe-se que algumas condições meteorológicas como a velocidade do vento e sua direção, temperatura, tempo encoberto e umidade, afetam diretamente a intensidade da onda (BHANDARI, 1997). E, partindo deste princípio, Capelli *et al.* (2016) fez um importante estudo considerando algumas condições ambientais pré determinadas, a fim de se obter os níveis de propagação de ondas sonoras e seus modelos de previsão.

Sen (1995) e Farhad (2014) apresentam o comportamento da onda de som em diferentes condições atmosféricas, inferindo que, em fenômenos como os de inversão térmica, os ruídos possuem intensidades muito superiores àquelas observáveis em condições climáticas normais, podendo ser percebidos a grandes distâncias da fonte geradora.

Ratcliff (2011) explica que esse evento ocorre visto que a velocidade do som no ar depende diretamente da temperatura e que, normalmente, a temperatura diminui com a altitude, fazendo com que as ondas de som se curvem, afastando-se do solo. Porém, com o efeito da inversão juntamente com a ação dos ventos, as ondas de som se curvavam em direção à superfície.

Com relação ao plano de fogo, a tradicional maneira para controlar os níveis de ruídos, está associada, principalmente, à diminuição da carga máxima por espera, a adequação da malha dos furos, ao tampão e à direção de iniciação de fogo, visto que a adequação destes fatores permite a diminuição da intensidade de propagação do ruído (CHIAPPETTA, 1989).

Sen (1995) e Bhandari (1997) indicam que a carga dos explosivos é um dos mais importantes fatores que afetam a sobrepressão atmosférica. A quantidade de carga que deve ser colocada em cada furo é definida com base no diâmetro, na densidade do explosivo e na altura da coluna (RICHARDS, 2012).

A iniciação lateral dos furos é outro fator considerável que implica na perda de energia necessária à fragmentação. Bhandari (1997) explica que nesse caso a iniciação da carga é realizada por cordéis detonantes, o que provoca a ejeção do tampão antes mesmo de o explosivo detonar, facilitando a ejeção dos gases gerados para a atmosfera. A existência de outras situações que incrementam os níveis de ruído, relacionadas às técnicas operacionais do desmonte, como as linhas de cordel detonante e espoletas expostas na superfície, são detalhadas por Olofsson (1990) e Konya & Walter (1991).

Em uma detonação, ondas são produzidas a partir de quatro fontes principais, são elas: pulso de pressão de ar (APP), produzido a partir de deslocamento da rocha; pulso de pressão da rocha (RPP), produzido a partir de vibração do solo; pulso de liberação de gás (GRP), liberação de gases através da rocha fragmentada diretamente para a atmosfera; pulso de liberação do tampão (SRP): ejeção de gás a partir da boca do furo (KUZU, 2009; RATCLIFF, 2011).

Com a frequente mudança das condições atmosféricas, os valores da propagação dessas ondas são menos previsíveis do que os das vibrações no solo. É por esse motivo que Kuzu (2009) afirma que o método mais eficaz para manter os níveis das ondas sonoras dentro dos padrões exigidos é, a princípio, controlando e otimizando os parâmetros do desmonte.

A otimização do desmonte requer o conhecimento prévio do grau de fraturamento natural, no intuito de se definir os compartimentos existentes no maciço rochoso, ou seja, da caracterização geológico-estrutural e geomecânica do maciço (GALIZA *et al.*, 2011).

Gokhale (2011) apresenta detalhadamente as propriedades da rocha e sua mecânica de fragmentação pelos processos de detonação e, também, os trabalhos produzidos por Richart (1970), Bollinger (1980), Dowding (1985), permitem uma melhor avaliação sobre o comportamento da deformação de materiais rochosos.

Com base nos parâmetros que influenciam o ruído, muitas tentativas têm sido feitas com a finalidade de estabelecer correlações para a previsão de seus níveis. Em Kuzu (2009), é estabelecida uma nova relação empírica entre ruído e alguns parâmetros predeterminados (a distância entre o ponto de detonação e o local monitoramente e a carga máxima por espera dos explosivos), que segundo o autor são as variáveis de maior importância.

Rodriguez (2007) desenvolveu um modelo semi-empírico para a previsão da sobrepressão provocada por detonações dentro de um túnel. O método proposto pelo autor foi testado com vários casos e provou-se que ele pode ser usado em diferentes condições, concluindo que a propagação da onda a longas distâncias prejudicam as barreiras existentes no entorno.

Hajihassani *et al.* (2014) utilizaram 62 conjuntos de dados para investigação de parâmetros como diâmetro do furo, profundidade do furo, carga máxima por espera, tampão e número de linhas a fim de estimar o ruído por abordagens empíricas e propor um modelo matemático obtido a partir das operações de detonação.

Com o mesmo objetivo de prever e de criar modelos de atenuação, Gokhale (2010) e Ratcliff (2011) apresentam equações aplicadas para o cálculo de níveis de sobrepressão. Em Souza *et al.* (2013), são analisados, além do modelo de previsão, aspectos para a obtenção de um modelo de atenuação dos níveis de ruídos, sendo possível a comparação entre diferentes eventos com distâncias variáveis entre a fonte geradora da onda e o ponto de monitoramento.

Para a obtenção de resultados com adequado grau de confiança faz-se necessário a realização de um número representativo de monitoramentos prévios de maneira a permitir o estabelecimento de um modelo matemático para cada situação específica, cujo princípio fundamental é assumir que o meio de propagação é um fator incontrolável (OLOFSSON, 1990; SILVA, 2005; PONTES, 2013).

As pesquisas relacionadas aos impactos gerados pelo uso de explosivos no desmonte de rocha, em sua maioria, fazem uso de microssismógrafos de engenharia durante o monitoramento. Souza *et al.* (2013), afirmam que os sismógrafos geram relatórios oferecendo excelente evidência em caso de reclamações posteriores ou litígios em função de alegação de danos provocados por desmonte.

Não obstante, a instrumentação para medição de ruído é a única que tem regulamentação internacional e a que apresenta a maior versatilidade à opção de modelos, desde simples até complexas análises de níveis sonoros, com diferentes graus de exatidão (FERNANDES, 2002).

Visto isso, Silva (2013) apresenta em seu estudo o uso do decibelímetro como método alternativo e eficaz para a mensuração dos níveis de ruído provenientes do desmonte, em ambientes externos e/ou internos aos locais

indicados pelo reclamante. As condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade dos níveis de ruídos nas comunidades são fixadas pela NBR 10.151 (ABNT, 2000).

Segundo Braga *et al.* (2005), o controle do ruído pode ser feito na fonte, no percurso ou no receptor. A redução do ruído seja na fonte ou após a emissão, deve constituir uma das principais prioridades dos programas de gestão do ruído e incidir na concepção e na manutenção do equipamento e instalações (SILVA, 2013).

Visando a redução do ruído após a emissão, Griffiths (1978), realizou um grande número de observações em uma pedreira com o objetivo de atenuar os níveis de ruídos para o seu estudo de caso e, também, para a aplicação em outras pedreiras com características semelhantes. Foram examinadas atenuações dadas por barreiras implantadas a uma determinada distância das detonações, na qual se obteve resultados positivos quanto à redução da magnitude do som.

Fernandes (2002) explica como tais medidas devem ser tomadas no sentido de atenuar o efeito do ruído sobre as pessoas, considerando que o controle não significa supressão da causa, mas sim, uma manipulação do efeito.

Medidas mitigadoras de cunho biológico e medidas de aspectos técnicos do desmonte que visam reduzir os níveis de ruídos e sobrepressão atmosférica também são apresentadas em Sugiyama (2014), Silva (2013) e Coutinho (2013).

Estudos conduzidos por Hanson (2004) e Cabral *et al.* (2014) apresentam conceitos básicos necessários para o estudo do som e do ruído, correlacionando os principais mecanismos de geração com os monitoramentos realizados nas regiões propostas. Tais estudos revelam o quanto a sociedade necessita dos padrões mínimos de conforto acústico para exercer suas atividades.

Dorneles (2013), Fontanelli, (2014) e Ferreira (2015) apresentam metodologias utilizadas para diagnóstico dos níveis de ruídos, em campanhas de monitoramento de desmonte de rocha realizadas na mesma área de lavra de calcário a qual este trabalho é realizado, o que permite, assim, a comparação entre os dados obtidos durante as respectivas campanhas e aqueles obtidos no presente estudo.

Desta forma, este trabalho pretende, através de um estudo de caso, monitorar estruturas próximas às detonações a fim de prever os níveis de ruído, como também analisar os instrumentos de gestão ambiental da empresa e suas interfaces para a obtenção da certificação ambiental.

1.3 Meta

A partir dos problemas apontados de impacto da poluição sonora decorrente de explosivos empregados em operações de desmonte de rocha, levando em consideração o estado da arte e os métodos envolvidos, o presente trabalho propõe monitorar os níveis de ruído em estruturas próximas às áreas de desmonte de rocha com explosivos e avaliar os respectivos danos e incômodos sobre a comunidade vizinha de uma Empresa mineradora de calcário, como também, verificar dos aspectos do SGA em desacordo com os requisitos da NBR ISO 14.001:2015.

1.3.1 Objetivos específicos

Com vistas a atingir a meta proposta, esse trabalho buscou cumprir os seguintes objetivos específicos:

- i. diagnosticar a maneira com que o desmonte de rocha com explosivos e setores da empresa relacionados a ele, se ajustam aos requisitos exigidos pela NBR ISO 14001:2015;
- ii. propor ações que visem promover a melhoria contínua do desempenho dos processos relacionados ao desmonte de rocha com explosivos a fim de diminuir a poluição sonora decorrente das detonações.

1.4 Metodologia

Com base nos objetivos propostos, desenvolveu-se uma estrutura de trabalho considerando as seguintes etapas:

- i. revisão da literatura;
- ii. representação gráfica da área de estudo;
- iii. análise ambiental e operacional do desmonte de rocha com explosivos com base na NBR:14001:2015 o que engloba a elaboração de um questionário e de uma lista de verificação a serem aplicados no estudo de impacto do ruído;
- iv. entrevistas com o setor administrativo da empresa para obtenção de informações referentes ao SGA e aplicação dos questionários;

- v. elaboração de um questionário sobre a percepção da vizinhança acerca dos impactos causados pela empresa;
- vi. entrevistas com a população residente na comunidade do entorno da empresa e aplicação do questionário;
- vii. delimitação da área de influência e definição dos pontos de monitoramento;
- viii. monitoramento dos níveis de ruído utilizando sismógrafo e decibelímetro;
- ix. análise e interpretação dos dados obtidos nas etapas de monitoramento de acordo com as normas reguladoras vigentes;
- x. desenvolvimento da equação de atenuação de ruído a partir dos registros provenientes dos monitoramentos;
- xi. aplicação da lista de verificação e apresentação de medidas preventivas e corretivas para o impacto do ruído e sobrepressão atmosférica, de acordo com a ISO 14001:2015.

1.4.1 Organização desta monografia

O presente trabalho se encontra estruturado em capítulos que estão organizados da seguinte forma:

O capítulo 2 é dedicado a avaliar o nível em que o desmonte de rocha com explosivos e setores relacionados a ele se ajustam aos requisitos exigidos pela NBR ISO 14001:2015, bem como a metodologia utilizada para o levantamento das informações. Além disso, descreve-se detalhadamente os conceitos básicos aplicados ao estudo de ruído e sobrepressão atmosférica proveniente do desmonte de rocha com explosivos e os fatores que influenciam a sua propagação e atenuação.

O capítulo 3 apresenta as características do estudo de caso, como a localização da área, arcabouço geológico e características fisiográficas. Da mesma forma, são discutidos também os instrumentos utilizados para a análise ambiental e operacional do desmonte de rocha com explosivos com base na NBR ISO 14001:2015 (questionário para a caracterização da empresa (Anexo A), questionário para o levantamento da situação atual do aspecto e impacto ambiental do ruído (Anexo B), lista de verificação ambiental - *checklist* (Anexo C)) e os tipos de equipamentos e técnicas a serem utilizados durante a campanha de monitoramento.

O capítulo 4 é dedicado à apresentação dos resultados obtidos a partir das diferentes metodologias empregadas. Discutem-se aspectos como a caracterização da Empresa e o perfil da vizinhança, as atuais práticas operacionais de desmonte como também os resultados e análises dos dados obtidos durante as campanhas de monitoramento do ruído, como o modelo de equação de atenuação. Por fim, mostra-se o resultado da aplicação da lista de verificação, bem como as recomendações de medidas preventivas para o impacto do ruído e sobrepressão atmosférica.

O capítulo 5 encerra este trabalho, sintetizando a análise dos resultados obtidos nas diferentes metodologias empregadas. São apresentadas as conclusões obtidas a partir dos estudos realizados, bem como sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

O capítulo 2 apresenta a definição do impacto ambiental proveniente do desmonte de rocha com relação à sua classificação e significância, estabelecendo um planejamento com base em objetivos e metas a serem implantadas atendendo as premissas da NBR ISO 14001:2015.

São discutidas questões específicas, nomeadas aqui como requisitos, a fim de analisar a conformidade existente entre o planejamento e práticas gerenciais da organização com a norma, além de apresentar a metodologia de verificação dos processos referidos ao desmonte de rocha que ainda não estão sendo utilizados pelo SGA existente na Empresa.

De outro modo, são apresentados e discutidos os conceitos básicos aplicados ao estudo de ruído e sobrepressão atmosférica juntamente com os vários fatores e critérios que influenciam a sua propagação, como também o modelo de predição a ser empregado.

Por fim, identificam-se as características técnicas e operacionais do desmonte de rocha com explosivos e o potencial de dano provocado pela transmissão do ruído nas regiões adjacentes aos pontos de detonação.

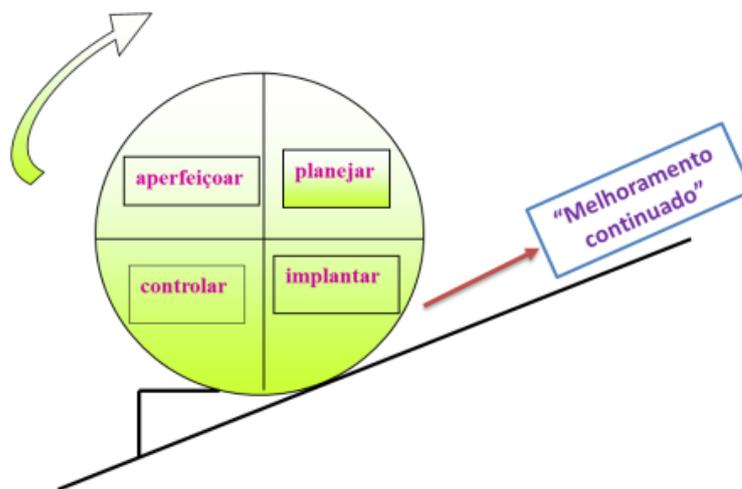
2.1 Identificação do ruído como impacto significativo

A avaliação dos impactos ambientais tem como maior objetivo a identificação das ações humanas e de seus efeitos decorrentes. A partir da avaliação e classificação do grau de importância dessas ações, cria-se um suporte para a definição e elaboração de projetos que necessitam de monitoramento e correção.

Baptista (2013) propôs em seu estudo de caso, realizado na mesma cava de mineração a qual este trabalho é proposto, um modelo de indicadores de impactos ambientais de acordo com a premissa básica da NBR ISO 14001:2004, que de maneira geral, baseia-se na metodologia conhecida como PDCA (planejar, fazer, checar e agir) modelo este que visa à melhoria contínua e que constitui um referencial teórico básico para diversos sistemas de gestão.

O ciclo PDCA fornece subsídios de avaliação de objetivos e práticas que, ao serem associados à filosofia da NBR ISO 14001:2015, atendem prontamente às fases do gerenciamento ambiental, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1- Fases do gerenciamento ambiental para o melhoramento continuado



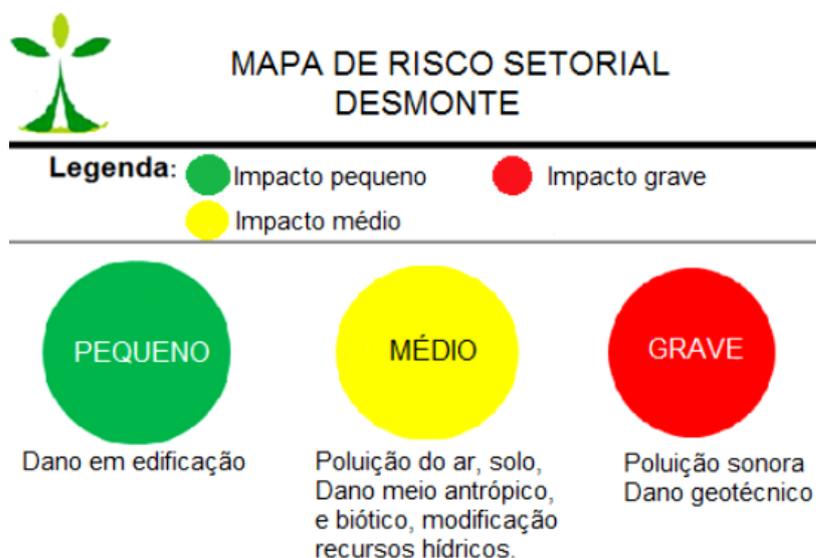
Fonte: ABNT (2004)

Sanches (2008) afirma ainda que quando se objetiva alcançar um padrão de desempenho saudável, é fundamental o compromisso organizacional com a abordagem sistemática e melhoria contínua de seu SGA. Pois, é através dela que a Empresa irá se mobilizar sobre a área de influência interna (empregados e colaboradores) e externa (população no raio de influência direta ou indireta) para conquistar a qualidade ambiental desejada.

Deste modo, Baptista (2013) buscou avaliar os impactos significativos dos processos da mina através de uma matriz de análise e caracterização ambiental, e a partir dela, fixou atributos e parâmetros correlacionados à frequência de ocorrência x comunidade vizinha x gravidade e controle do impacto, ambos baseados na NBR ISO 14001:2004.

Através desta metodologia o autor supracitado concluiu que entre todas as atividades existentes no processo de extração do calcário, incluindo sondagem, decapeamento, perfuração e carregamento, e com base nos parâmetros legais exigidos, o desmonte de rocha é classificado como impacto grave, principalmente no que tange aos níveis de ruído e sobrepressão atmosférica produzidos durante os processos técnicos e operacionais da atividade (Figura 2). Este fato é compreendido, pois ao considerar as duas áreas de influência (campos próximos e campos distantes), percebe-se que a poluição sonora é o principal responsável pelas reclamações produzidas por parte da comunidade.

Figura 2 – Mapa de risco do desmonte de rocha

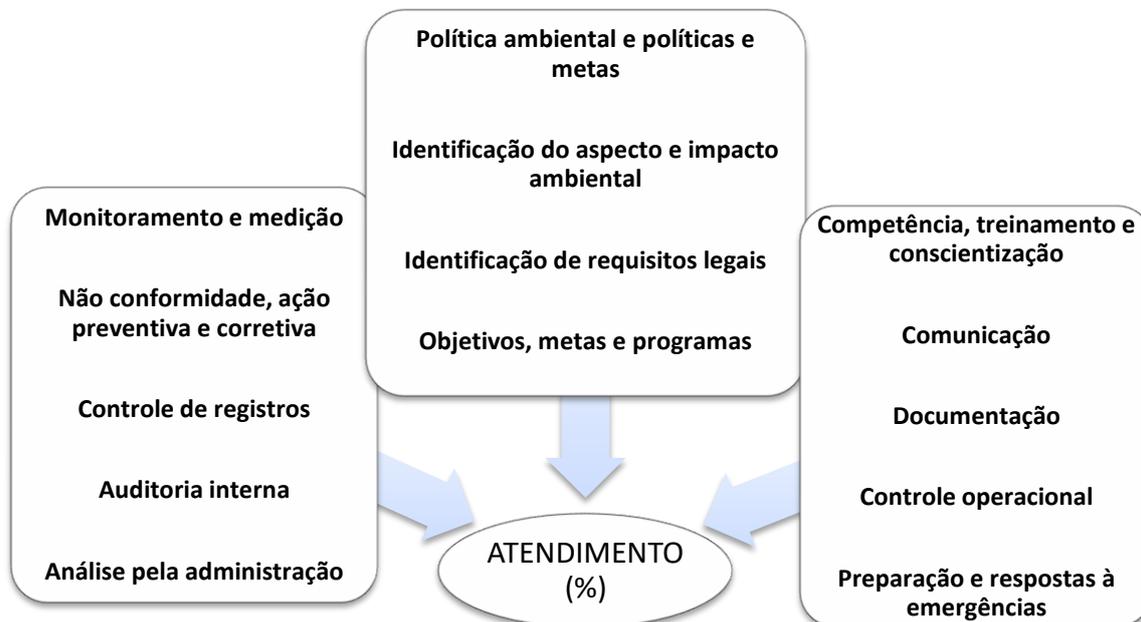


Fonte: Baptista (2013)

Neste sentido, para que se possa tratar de impactos graves como o ruído e a sobrepressão atmosférica, deve-se instituir indicadores como metas, plano de ações e monitoramentos, a serem implantados, de maneira padronizada e atendendo aos parâmetros do processo da NBR ISO 14001:2015 (HASSEGAWA, 2007; BAPTISTA, 2013; BARCELLOS, 2015).

De acordo com Barcellos (2015), a análise inicial de riscos associados à atividade e a identificação dos aspectos e impactos ambientais é uma das ações mais importantes do planejamento do SGA embasado na NBR ISO 14001, sendo que por meio dele são investigados os pontos prováveis de danos ambientais (Figura 3).

Figura 3 – Identificação do nível de atendimento da Empresa aos itens da NBR ISO 14001



Fonte: autor (2016)

Hasegawa (2007) afirma que as pesquisas de caráter qualitativo são tipicamente multimetodológicas, ou seja, dispõem de uma grande variedade de ferramentas de coleta de dados. Seguindo esta abordagem, serão utilizadas neste trabalho várias ferramentas de aquisição de dados, como: entrevistas com os funcionários e a comunidade vizinha, bem como a análise de documentos e registros, e monitoramentos em campo dos níveis de ruído (ABNT, 2004).

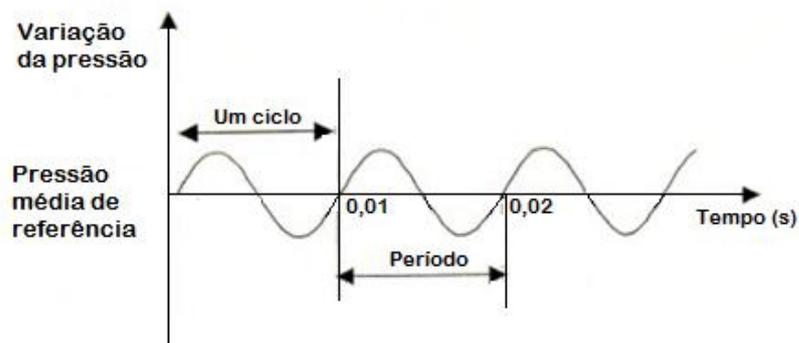
2.2 Ruído e sobrepressão atmosférica decorrentes do desmonte de rocha com explosivos

Segundo Ferreira (2006), som e ruído não são sinônimos. O ruído pode ser definido como um tipo de som, mas em contrapartida som não é necessariamente um ruído. A variação da pressão atmosférica que se enquadra dentro dos limites de frequências que o ouvido responde é definida como som. Por sua vez, ruído é considerado como a sensação desagradável e/ou indesejável provocada pelas ondas sonoras, sendo que o incômodo causado depende de algumas características como frequência e intensidade (FERNANDES, 2002).

Conforme salientado anteriormente, a unidade utilizada para medir a frequência da onda sonora é o Hertz (Hz), que corresponde à frequência de um som

que executa uma vibração completa ou ciclo por segundo. A onda completa designa-se às variações de pressão que, iniciando no zero, apresentam todos os valores positivos e negativos possíveis (SANTOS, 2000). A Figura 4 ilustra esse ciclo em determinado ponto no espaço.

Figura 4 – Ciclo ou onda senoidal



Fonte: adaptado de Astete *et al.* (1978)

A sobrepressão atmosférica é como uma onda senoidal de pressão, como mostra a Figura 4. O eixo x representa o tempo (em segundos) e o eixo y representa a pressão, relatada em decibéis (dB).

Figura 5 – Formato da onda de sobrepressão atmosférica



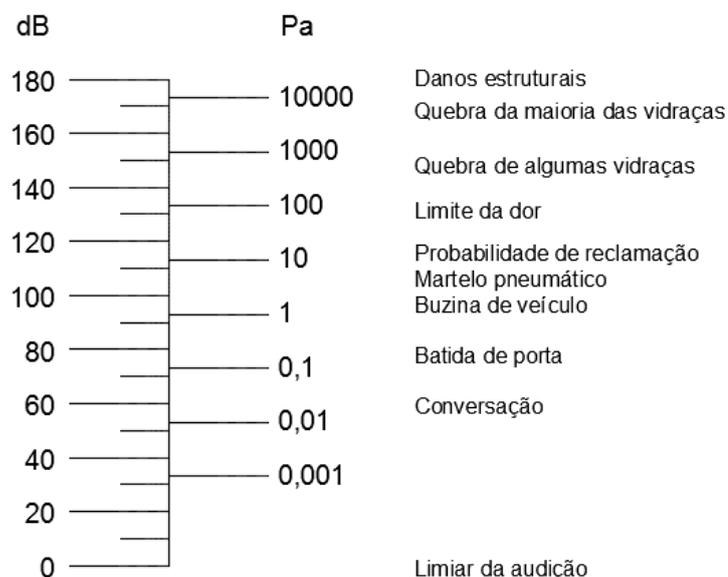
Fonte: adaptado de Ratcliff (2011)

Na Figura 5 percebe-se que o evento tem duração de 1,4 segundos. O ciclo completo, destacado de vermelho, cerca de 0,2 segundos. Desde modo, é correto afirmar que a frequência seria 1 ciclo dividido por 0,2 segundos, ou seja, 5 ciclos por segundo (5 Hertz).

A intensidade ou amplitude pode ser definida como a quantidade de energia vibratória que se propaga nas áreas próximas, a partir da fonte emissora, podendo ser expressa em termos de pressão (N/m² ou Pascal) (ALMEIDA, 1982). Durante a detonação a intensidade da onda decai com a distância e, normalmente, a atenuação das ondas de sobrepressão atmosférica é muito maior do que a taxa de decaimento com a qual as ondas de vibração do solo viajam.

Segundo Santos (2000), a intensidade do ruído está diretamente relacionada com a amplitude das flutuações de pressão transmitidas através do ar e que chegam ao ouvido. As vibrações geradas nas proximidades de um motor potente, por exemplo, podem atingir uma pressão sonora superior a 200 Pa (140 dB), que corresponde a um milhão de vezes a pressão mínima audível. Essa larga escala de valores é difícil de ser manipulada (Figura 6).

Figura 6 – Efeitos associados a diferentes níveis de ruído



Fonte: Adaptado de Konya (1995)

Para facilitar esse manuseio, utilizam-se os chamados níveis de pressão sonora em decibel (dB) que é, por natureza, logarítmico, em vez de pressão sonora. A Equação 1 calcula o nível de pressão sonora através seguinte relação (RATCLIFF, 2011):

$$L_p = 20 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

onde:

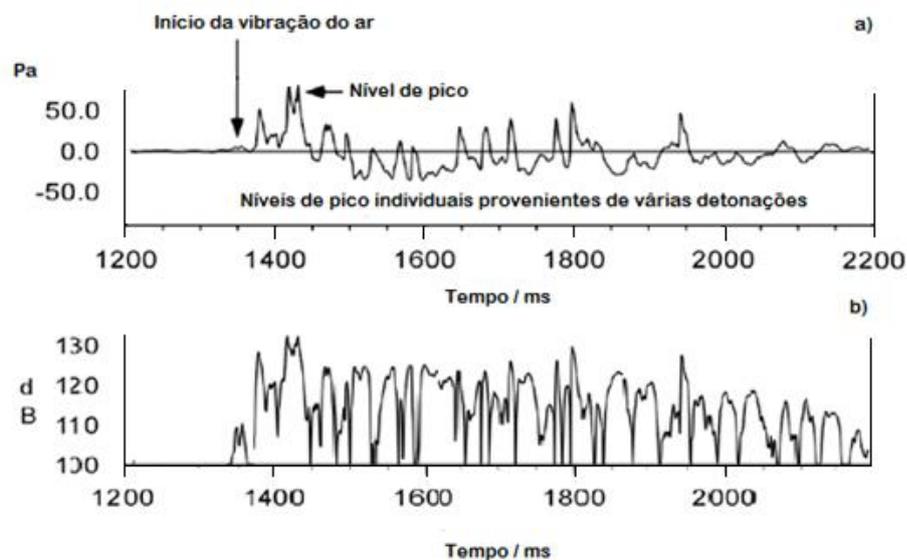
L_p = o nível de pressão sonora (dB);

p = a pressão sonora instantânea (Pa);

p_0 = a pressão sonora de referência (0,00002 Pa = 20 μ Pa).

Além de reduzir a escala de valores que devem ser tratados, o uso do logaritmo também corresponde mais aproximadamente à forma com que os ouvidos humanos captam o som. A Figura 7 apresenta uma comparação entre as formas de propagação da onda sonora em decibel e pascal proveniente da uma detonação em vários pontos predeterminados.

Figura 7 – Onda sonora em Pascal de múltiplas linhas de disparos



Fonte: Richards (2012)

A comparação da relação logarítmica entre o nível de pressão sonora e a pressão sonora mostra uma diferença muito significativa. Observa-se na Figura 6(a) o relato de vários picos de pressão ao longo do tempo de detonação e medidas de níveis positivos e negativos, enquanto que na Figura 6(b), as medidas em decibéis são sempre positivas.

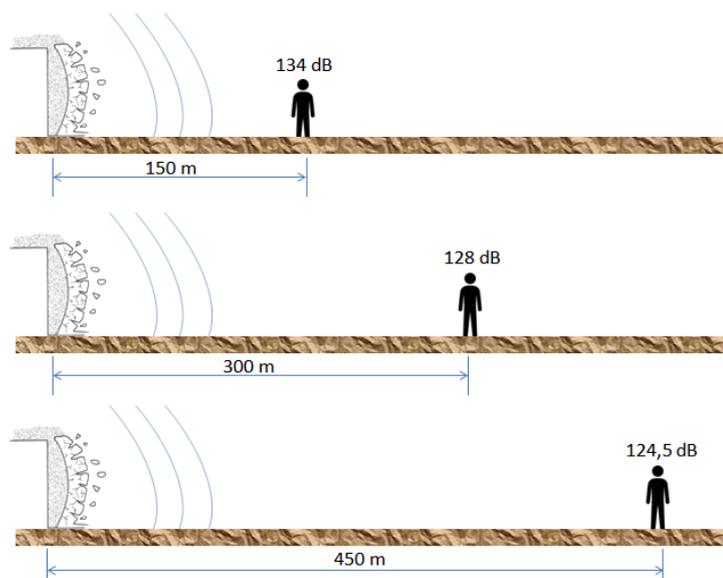
2.3 Propagação do ruído e modelos de atenuação

A propagação do som no ar a partir de uma fonte localizada acontece em todas as direções, sendo a distância entre a fonte e o receptor um fator importante a ser considerado quando há pretensão de mensurar os níveis de propagação. O estudo da acústica é fundamentado na Lei dos Inversos dos Quadrados, que afirma que à medida que a distância entre a fonte sonora e o receptor é dobrada, os níveis sonoros são reduzidos (SANTOS, 2007).

Ainda segundo Santos (2007), este fenômeno físico só tem aplicação plena em ambientes ao ar livre, visto que, em ambientes fechados, há a existência de barreiras que servem como superfícies refletivas, induzindo o som projetado a se comportar de maneira diferente.

Assim, de acordo com o modelo do inverso do quadrado e desconsiderando os demais fatores de influência, para uma fonte de ruído localizada, o fator de atenuação é de 6 dB com uma distância duplicada em relação à fonte. Quando a distância for triplicada o fator será de 9,5 dB e, seguindo esse princípio, se poderia afirmar que se uma detonação com explosivos gerar um nível de ruído de 134 dB a 150 metros do ponto da detonação, este ruído seria de 128 dB a 300 metros e, a 450 metros de distância, o ruído percebido seria de 124,5 dB, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Efeito da distância sobre uma fonte de ruído pontual



Fonte: adaptado de Hanson (2004)

A relação entre o nível de ruído e as diferentes distâncias de uma fonte localizada pode ser determinada sob a seguinte forma (SANTOS, 2007):

$$L_A = L_{ref} - 20 \log \left(\frac{d}{d_{ref}} \right) \quad \text{Equação (2)}$$

onde:

L_A = nível sonoro a uma distância r (dB);

L_{ref} = nível sonoro de referência (dB);

d = distância entre fonte do ruído e o receptor (m);

d_{ref} = distância de referência (m).

Apesar de o ruído ser inversamente proporcional à distância, como a atmosfera não é um meio isotrópico, nem sempre é simples prever o seu nível à determinada distância. Isso acontece, pois as ondas possuem velocidades e formas de propagação distintas, além de serem influenciadas por fatores que contribuem diretamente nos níveis da sua intensidade. Para o desmonte de rocha com explosivos, os principais fatores controláveis que influenciam os níveis de ruído são: a carga máxima por espera e a forma de confinamento dos explosivos (RATCLIFF, 2011).

Para a obtenção de um modelo de qualidade e predição dos níveis de ruído com adequado grau de confiança, é necessária a realização de estudos experimentais, na área de interesse ou nas regiões vizinhas, a fim de relacionar matematicamente os parâmetros específicos existentes (KONYA, 1995; OLOFSSON, 1990; SEN, 1995).

Na ausência de monitoramento, é possível obter a distância escalonada específica DE ao relacionar a distância entre a fonte geradora da onda de sobrepressão acústica e o ponto de monitoramento com a carga máxima por espera, como mostra a equação abaixo (PERSSON, 1994; ABNT, 2005).

$$DE = \frac{d}{\sqrt[3]{Q_{me}}} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

DE = distância escalonada para o ruído;

d = distância entre a fonte geradora do ruído e o ponto de monitoramento (m);

Q_{me} = carga máxima por espera (kg).

Diversos trabalhos experimentais têm sido realizados com esta finalidade, sugerindo alguns métodos empíricos. McKenzie (1993), por exemplo, sugere em seu estudo um modelo de equação (Equação 4) que abrange as características específicas do desmonte, relacionando a carga máxima por espera com a distância existente entre a fonte de ruído e pontos monitorados:

$$dB = k - c \times \log \frac{d}{\sqrt[3]{Q_{me}}} \quad \text{Equação (4)}$$

onde:

dB = nível de ruído (dB);

d = distância (m);

Q_{me} = carga máxima por espera (Kg);

k e c = constantes específicas definidas nos monitoramentos.

Assim, para o estudo de caso de McKenzie (1993), os valores definidos de k e c foram de 165 e 24, respectivamente. Portanto, aplicando a Equação 4, obtém-se:

$$dB = 165 - 24 \times \log \frac{d}{\sqrt[3]{Q_{me}}} \quad \text{Equação (5)}$$

De acordo com as análises apresentadas, Kuzu (2009) e Segarra *et al.* (2010), relacionam matematicamente o nível do ruído, tamanho de carga e distância, adotando a seguinte relação empírica:

$$dB = \frac{k}{(DE)} \quad \text{Equação (6)}$$

onde:

dB = nível de ruído (dB);

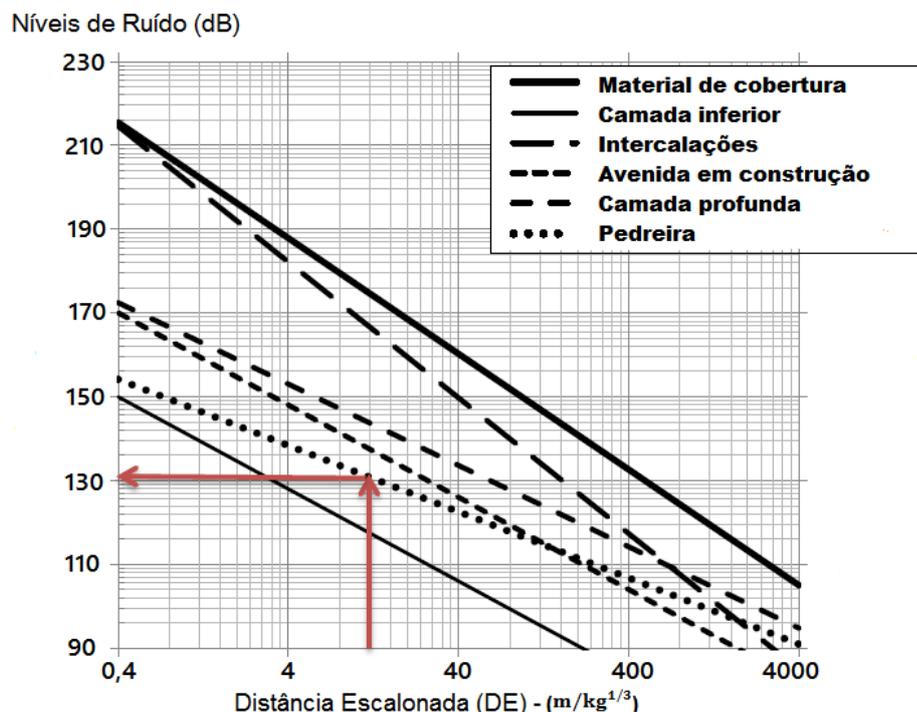
DE = distância escalonada calculada a partir da Equação 3 (m/kg);

k e α = constantes que dependem, principalmente, da geometria do desmonte, do tipo de explosivo, e da rocha desmontada.

A Equação 6 é amplamente aplicada em desmontes, sendo que os valores das constantes k e α são definidos especificamente para cada região de interesse mediante a realização de experimentos.

Para efeito de definição dos valores destas constantes e, conseqüentemente, da equação de atenuação, relacionam-se os dados referentes às distâncias escalonadas DE com os níveis de ruído, medidos pelo sismógrafo, através de calibração (regressão linear). A Figura 9 demonstra essa relação a partir de monitoramentos realizados em diferentes áreas de interesse, mostrando que as grandezas são inversamente proporcionais, ou seja, na medida em que o ruído diminui, representada pela inclinação negativa da curva, a DE aumenta. As setas vermelhas representam o nível de ruído medido para cada distância específica, podendo, a partir delas, identificar o nível máximo permitido pela legislação (SILVA, 2005; RATCLIFF, 2011; SOUZA *et al.*, 2013).

Figura 9 – Obtenção da equação de atenuação em diagramas log-log



Fonte: adaptado de Ratcliff (2011)

A Equação 6 é resultado de manipulação matemática, realizada com o intuito de ajustar os seus fatores à equação da reta e, com isso, facilitar a sua interpretação. Acrescenta-se logaritmo decimal em ambos os lados da equação, resultando em:

$$\log \text{dB} = \log k - \alpha \log \text{DE} \quad \text{Equação (7)}$$

Na Equação 7 os dados referentes ao nível de ruído e distância escalonada correspondem ao formato de uma reta linear, sendo $-\alpha$ o coeficiente angular obtido pela inclinação da reta formada entre linha de ajuste e o eixo das abscissas e k , o coeficiente linear, correspondente à interceptação da linha de ajuste no eixo $\log v$. Para uma melhor visualização, basta substituir $y = \text{dB}$; $a = \log k$; $b = -\alpha$; $x = \log \text{DE}$ na Equação 8, caracterizando assim a forma reduzida da equação da reta (KUZU, 2009).

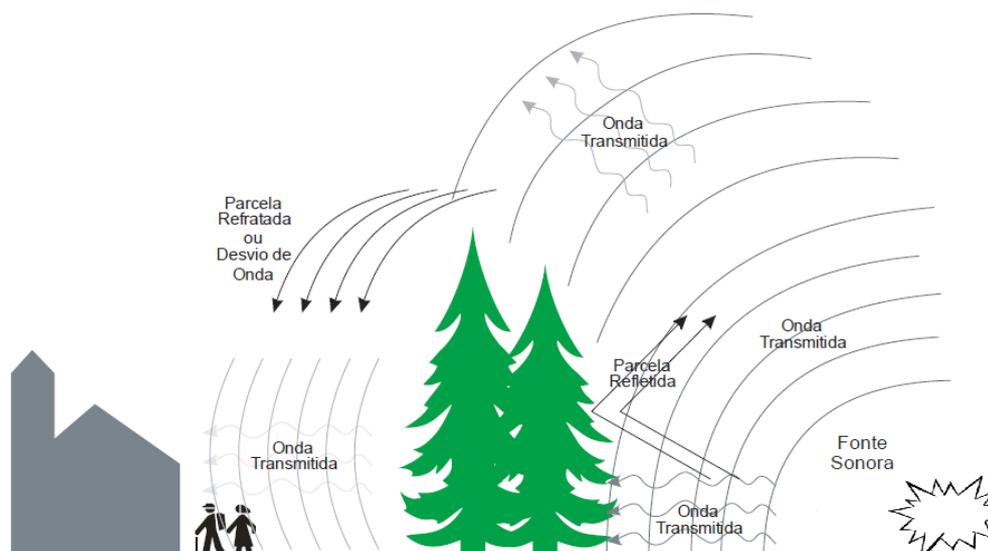
$$y = a + bx \quad \text{Equação (8)}$$

Com a obtenção da equação de atenuação para a área requerida, pode-se, portanto, predizer os níveis de ruído à determinada distância com adequado grau de confiança.

2.1 Efeitos das barreiras

O ruído originado pelo desmonte de rocha com explosivos pode ser reduzido de duas maneiras: genericamente, atuando na fonte emissora (parâmetros operacionais do plano de fogo), e no percurso de propagação da onda sonora (por exemplo, plantio de árvores como modelo de barreira acústica), conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Demonstração da árvore exercendo função de barreira acústica



Fonte: DNIT (2006)

Conforme apresentado na Figura 10, a vegetação tem como função primordial proteger a população vizinha dos ruídos excessivos provenientes das detonações. Esse efeito de decréscimo dos níveis sonoros é conseguido através de fenômenos físicos como absorção, refração e reflexão.

Segundo Rodrigues (2013), em condições atmosféricas normais, as barreiras podem reduzir de 10 a 15 dB na zona de sombra (região formada através da difração das ondas na parte superior da barreira) e, para que se obtenha um resultado ótimo, recomenda-se que elas sejam colocadas o mais próximo possível da fonte, com o comprimento de aproximadamente quatro vezes a distância entre a barreira e o receptor.

Ainda para que a eficácia na atenuação seja alcançada, devem-se analisar fatores como: a densidade da vegetação, a fim de que o som não se propague através dos espaços entre as árvores; a plantação de uma vegetação com altura decrescente na direção da fonte, o que irá direcionar parte do ruído para cima e, uma vegetação que não apresente desfolhamento no decorrer do ano, aumentando assim a probabilidade de efeito constante (COUTINHO, 2013).

Apesar das barreiras vegetais servirem como alternativas para a atenuação dos níveis de ruído gerados no desmonte existem algumas desvantagens no seu uso, sendo a principal delas, o fato da vegetação não conseguir uma redução imediata do ruído, sendo necessária uma maior disposição de tempo para crescer e

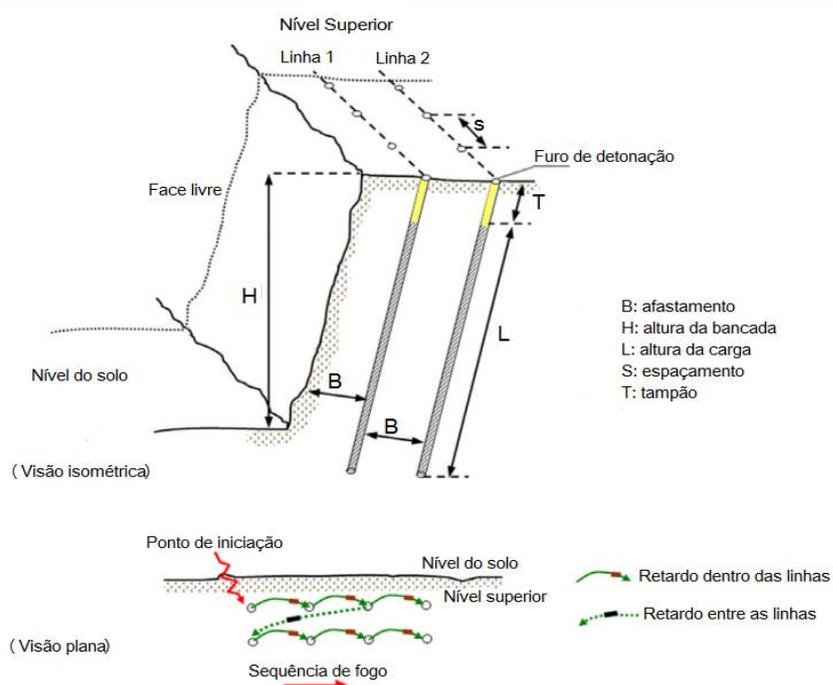
se desenvolver. Consequentemente, surge a necessidade de se analisar e aplicar outras medidas que interferem nos níveis de propagação do ruído, como as características técnicas e operacionais do desmonte de rocha e, da mesma forma, as condições meteorológicas do local.

2.2 Fatores que incrementam os níveis de ruídos

O desmonte de rocha a céu aberto é feito por meio de bancadas, as quais são formadas no decorrer dos avanços operacionais da lavra e correspondem a uma conformação do maciço favorável ao corte de fatias de rocha em cada ciclo. Este corte é realizado em bancadas sucessivas de modo a ser esculpido em uma série de degraus, onde a praça da bancada superior é o topo da bancada inferior (OLOFSSON, 1990).

O cálculo dos diferentes elementos pertencentes a uma bancada é aplicado principalmente para a determinação do padrão de perfuração e da razão de carga dos explosivos. A Figura 11 demonstra algumas das variáveis do plano de fogo, que podem ser resumidas em: afastamento e espaçamento, carga máxima por espera, tampão, intervalos de retardo e sentido de iniciação do fogo (BHANDARI, 1997).

Figura 11 – Variáveis de plano de fogo para uma bancada típica



Fonte: adaptado de Segarra *et al.* (2010)

Percebe-se na Figura 11 a execução de sucessivas perfurações, onde a menor distância entre a perfuração e a face livre da bancada é definida como afastamento. O tampão, por sua vez é definido como a porção superior dos furos, não carregada, mas preenchida com material inerte, que possui um comprimento mínimo igual ao afastamento utilizado. A altura da carga se refere ao comprimento linear carregado com explosivos e a distância entre os furos dispostos em uma mesma linha é nomeada de espaçamento (GALIZA, 2011; SEGARRA *et al.*, 2010).

Com relação aos danos causados pelo ruído, existem duas regiões de potenciais consideravelmente diferentes. Estas regiões são definidas por Konya (1995) como campo próximo e campo distante.

A transmissão do ruído no campo próximo à detonação produz um potencial de dano pequeno que é facilmente controlado por algumas das características do plano de fogo. Em contrapartida, no campo distante ou na região afastada do local da detonação, geralmente entre 8 km e 35 km, as ondas são lançadas sobre a atmosfera e, conseqüentemente, submetidas às condições meteorológicas do meio, sendo refratadas de volta à superfície e influenciando diretamente os níveis de ruído (KONYA, 1995).

A Tabela 1 relaciona uma série de parâmetros técnicos do desmonte, e também outros como as condições do terreno e da atmosfera, que influenciam a propagação do ruído em áreas próximas e áreas distantes, de acordo com o seu grau de importância.

Tabela 1 – Variáveis que influenciam os níveis de propagação do ruído

Variáveis	Grau de importância
<i>Sob o controle dos operadores</i>	
Carga máxima por espera	S
Tempo de retardo	S
Afastamento e espaçamento	S
Tampão (quantidade)	S
Tampão (tipo)	M
Comprimento e diâmetro da carga	I
Ângulo de perfuração	I
Direção de iniciação	S
Massa de explosivo por detonação	I
Profundidade da carga	S

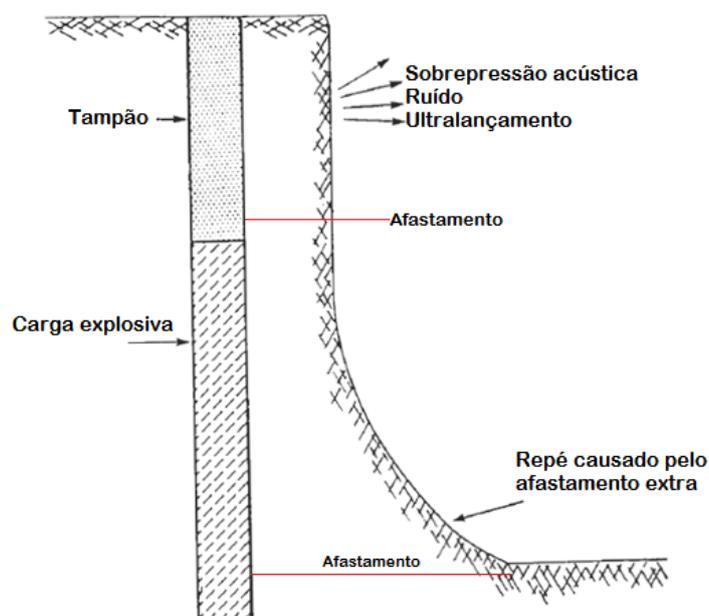
Cordel detonante coberto versus exposto	S
Sistema de iniciação	I
Sem controle dos operadores	
Superfície geral do terreno	I
Tipo e profundidade do capeamento	S
Vento	S
Condições atmosféricas	S
* S, significante; M, moderado; I, insignificante.	

Fonte: adaptado de Kuzu (2009)

Dentre as características do plano de fogo com potenciais de dano, o afastamento é um dos mais importantes e que afeta os níveis de ruído e sobrepressão acústica. Se a carga de explosivos possuir um afastamento menor do que o valor ótimo, o volume de gás não destinado à fragmentação é antecipadamente liberado para a atmosfera, causando ondas de sobrepressão de larga amplitude (BHANDARI, 1997).

Este problema é causado principalmente em bancadas com as faces altas e/ou muito inclinadas visto que, a variação do afastamento entre o topo e o inferior da bancada provoca, além do alto nível de onda aérea, ultralaçamentos e problemas de repé ou irregularidades na praça, como ilustra a Figura 12.

Figura 12 - Efeitos da variação do afastamento

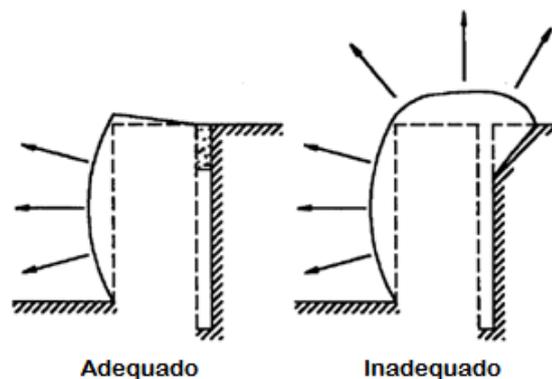


Fonte: adaptado de Bhandari (1997)

O incremento dos níveis de ruído também está diretamente relacionado com a quantidade de material utilizada no preenchimento e, logo, com a eficiência do tampão. Conforme salientado anteriormente, ele é constituído de material inerte e destinado a confinar os gases provocados pela detonação. Deste modo, ao se utilizar uma quantidade inadequada e/ou reduzida de tampão, sua ejeção pode ocorrer antes mesmo da energia gasosa ser efetivamente utilizada para a fragmentação. Konya & Walter (1991) afirmam que o uso adequado do tampão é tão importante que, ao desconsiderar sua ejeção, os níveis de ruído e sobrepressão reduzem cerca de 90%.

A Figura 13 ilustra o modelo de detonação com a aplicação adequada e inadequada do tampão.

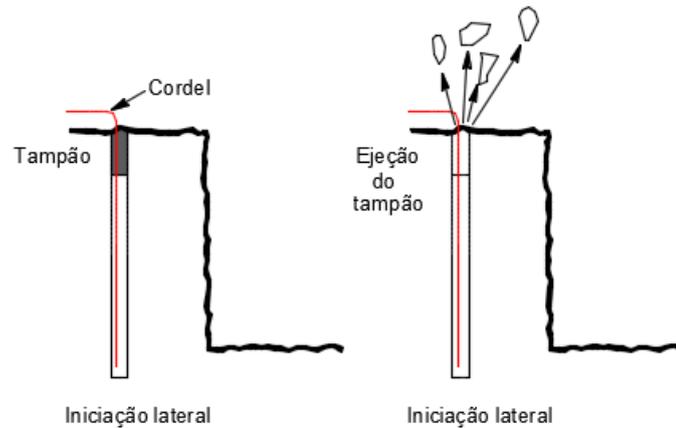
Figura 13 – Zonas de desempenho do tampão



Fonte: adaptado de Konya & Walter (1991)

A mesma situação de incremento é observada quando há a iniciação de cargas com o emprego de cordel detonante. Ao se utilizar o cordel, ocorre à ejeção do tampão, como mostra a Figura 14, antes mesmo da detonação do explosivo, causando o escape do volume de gás e o lançamento de material fragmentado (GOKHALE, 2010; KONYA, 1995).

Figura 14 – Efeito da iniciação lateral na transmissão de energia ao maciço



Fonte: adaptado de Konya (1995)

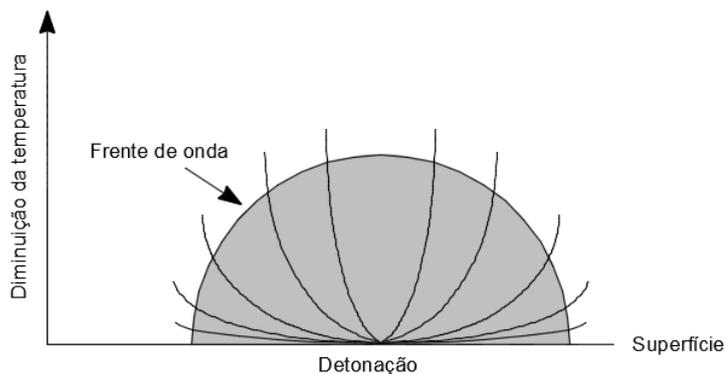
A exposição das linhas de cordel detonante e também de espoletas (de conexão ou retardo) na superfície do solo são apontadas por Sen (1995) e Persson (1994) como situações operacionais de alto potencial para geração de níveis de ruído elevados.

2.2.1 Condições meteorológicas

As condições meteorológicas também desempenham um papel importante na propagação da onda de sobrepressão acústica. O incremento do ruído na superfície do solo deve-se, principalmente à presença de inversão térmica, fenômeno no qual a inversão do gradiente de temperatura em função da altitude inviabiliza a convecção natural entre as camadas de ar (RICHARDS, 2012; HAJIHASSANI, 2013).

Normalmente, a temperatura diminui com a altitude com um gradiente médio de $0,6^{\circ}\text{C}$ para cada 100 metros e, como a velocidade do som no ar está diretamente relacionada com a temperatura, deverá também ser reduzida de acordo com o que se propaga na atmosfera, causando o afastamento das ondas da superfície do solo (Figura 15).

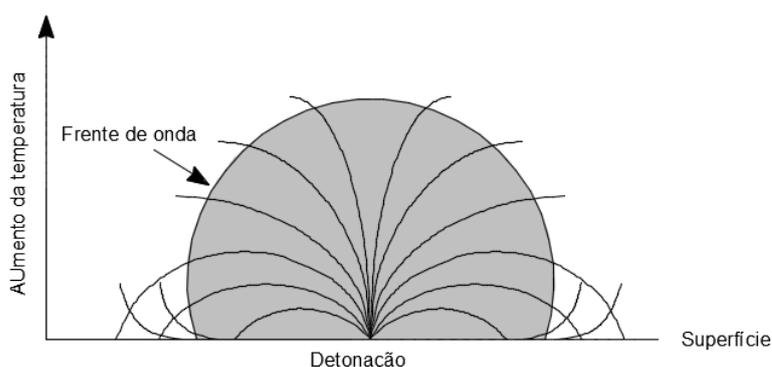
Figura 15 – Condição normal de atmosfera: temperatura decrescendo com a altitude



Fonte: adaptado de Konya (1995)

Em condições de inversão térmica, com o aumento da densidade do ar próximo ao nível do solo, ou seja, aumento da temperatura do ar com a altitude, há uma maior velocidade de propagação das ondas à medida que são refratadas de volta para a superfície da terra (Figura 16). Tais condições produzem zonas de intensificação do ruído que se concentram em regiões mais afastadas do ponto de detonação, geralmente acima de 3 km (BHANDARI, 1997).

Figura 16 – Influência das condições atmosféricas no nível de propagação do ruído

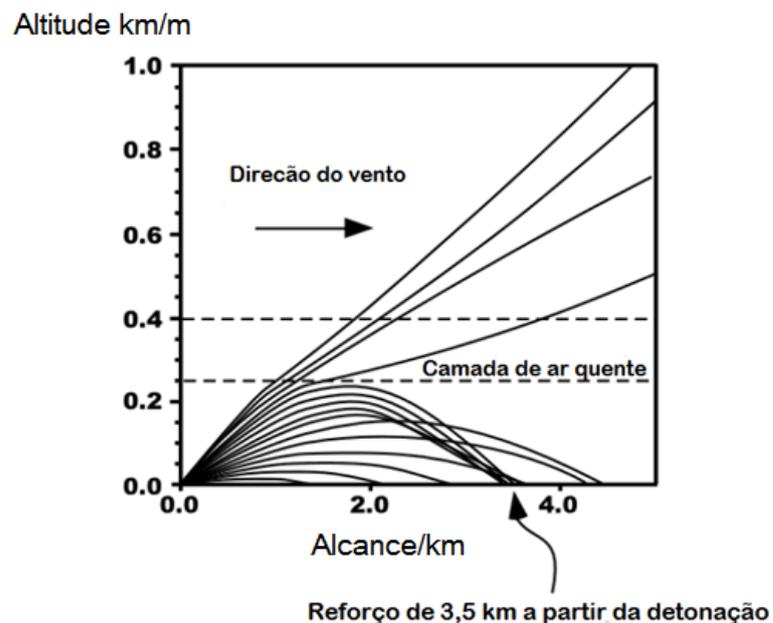


Fonte: adaptado de Konya & Walter (1991)

Ainda de acordo com Bhandari (1997), este fenômeno atmosférico explica o motivo pelo qual as detonações realizadas ao amanhecer ou no início da noite produzem maiores níveis de ruído e sobrepressão acústica. Nas primeiras horas da manhã, com o tempo estável e com baixa velocidade dos ventos, a temperatura tende a aumentar mais rapidamente em altas altitudes do que na superfície do solo, influenciando, conseqüentemente, a velocidade de propagação.

A ação dos ventos (velocidade e direção) também não pode ser desconsiderada ao se analisar a propagação das ondas sonoras, pois ao ser combinada com os efeitos da inversão térmica, reforça significativamente a concentração do ruído em áreas localizadas a favor de sua direção (RICHARDS, 2012). A Figura 17 mostra que a combinação destes dois fatores permite que as ondas de som se curvem em direção à superfície do solo, causando, deste modo, um incremento nos níveis de ruído.

Figura 17 – Efeito da combinação do vento com a inversão térmica sobre a propagação do ruído



Fonte: adaptado de Richards (2012)

2.3 Efeitos associados aos ruídos

Os efeitos que a sobrepressão pode produzir sobre as residências e também sobre outras estruturas, em comparação com as vibrações no solo, são escassos. No entanto, uma detonação pode causar danos estruturais se sua intensidade for igual ou maior a 180 dB, o que é provável ocorrer se for submetida à ação de fenômenos atmosféricos anormais (BHANDARI, 1997; PERSSON, 1994).

Valores de 150 dB podem ser suficientes para danificar um material de vidro em perfeito estado de conservação, enquanto que materiais que apresentam defeitos ou disposição inapropriada são quebrados mais facilmente. Por estar em

constante exposição e possuir características frágeis, as janelas constituem a parte de uma residência mais propensa a sofrer danos (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeitos da sobrepressão acústica sobre estruturas comuns

Nível (dB)	Efeitos
180	Alguns danos estruturais
171	Quebra total de janelas
151	Quebra parcial de janelas
140	Agitação e possível quebra de janelas
134	Limite máximo permitido no Brasil
128	Prováveis queixas

Fonte: adaptado de NBR 9653 (ABNT, 2005); Kuzu (2009); Bhandari (1997)

Bhandari (1997) indica que 90% das detonações rotineiras, monitoradas nas áreas residenciais adjacentes às bancadas, produzem níveis de sobrepressão em torno de 120 dB, demonstrando que a maior preocupação por parte da empresa mineradora está relacionada aos efeitos que estes impactos causam sobre os seres humanos. Os efeitos provocam além de conflitos entre população e a empresa, interferência direta na qualidade de vida.

É importante lembrar que o bom relacionamento entre a empresa e a população vizinha é provavelmente o seguro mais eficaz contra as reclamações acerca dos altos níveis de ruído. Mesmo a empresa se adequando aos níveis de segurança, a população costuma associar os danos estruturais de suas residências aos ruídos produzidos pelas detonações. Sabendo disso, e com o intuito de se eliminar prováveis conflitos, é interessante que a vizinhança seja mantida informada sobre o que é operação de desmonte e quais são os benefícios que a mineração proporciona para a região e sociedade como um todo.

CAPÍTULO 3

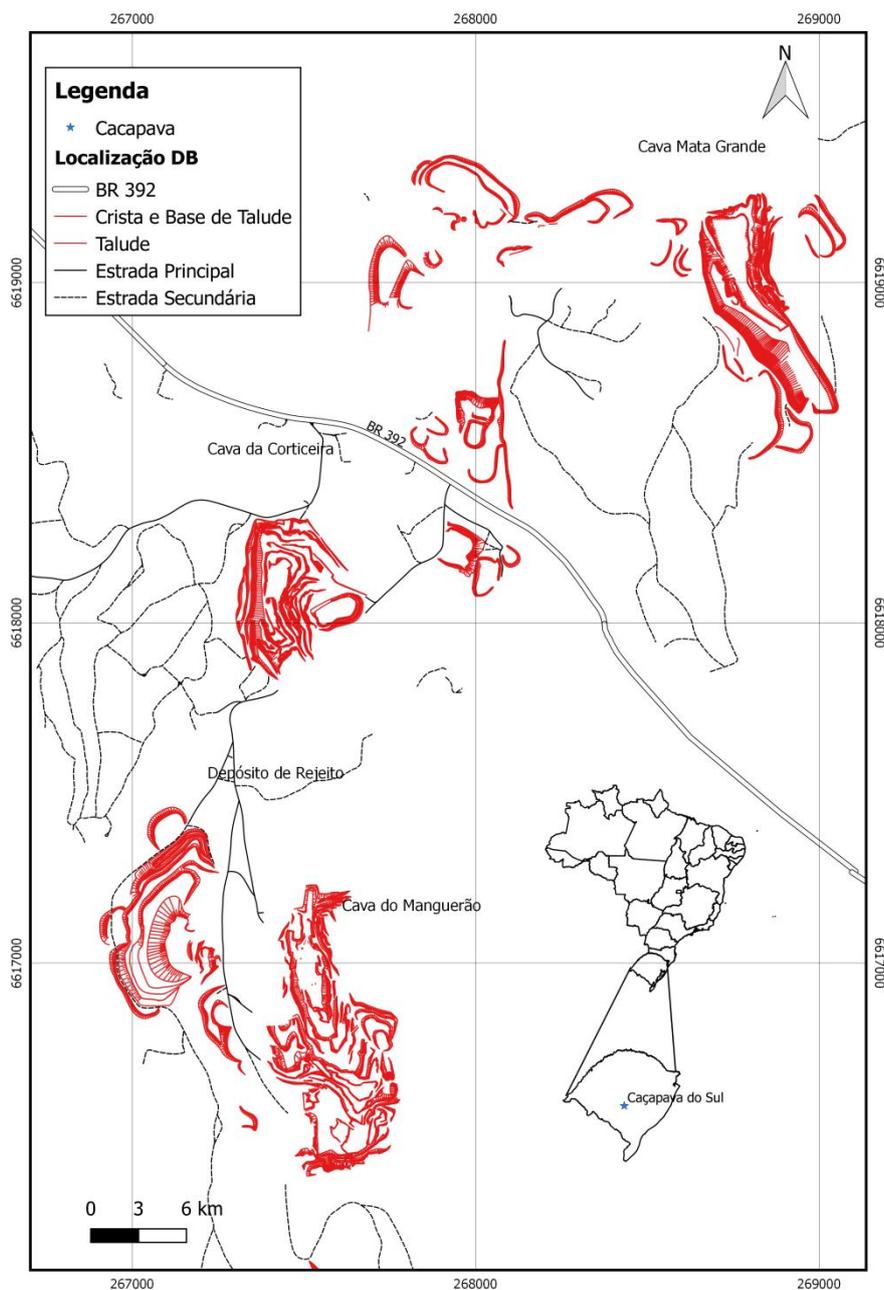
Neste capítulo são apresentados, além da localização da área de estudo, o arcabouço geológico e as características fisiográficas relevantes a esta pesquisa.

Da mesma forma, são discutidos os instrumentos utilizados para a análise ambiental e operacional do desmonte de rocha com explosivos com base na NBR ISO 14001:2015 (questionário para a caracterização da empresa (Anexo A), questionário para o levantamento da situação atual do aspecto e impacto ambiental do ruído (Anexo B), lista de verificação ambiental - *checklist* (Anexo C)) e os tipos de equipamentos e técnicas a serem utilizados durante a campanha de monitoramento.

3.1 Área de estudo

A área de estudo (Figura 18), localizada no distrito de Caieiras, dista, aproximadamente, 8 km do município de Caçapava do Sul e 255 km da capital Porto Alegre – Rio Grande do Sul.

Figura 18 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: autor (2016)

Entre as principais vias de acesso ao município está a rodovia federal BR-392 que divide a mina onde foram realizados os monitoramentos. Na região localizada ao norte da rodovia encontra-se a parte administrativa da empresa e as plantas de beneficiamento do minério, bem como a cava Mata Grande, enquanto que ao sul estão situadas as cavas nomeadas de Corticeira, mais ao norte, e Manguerão, mais ao sul.

3.2 Clima

O clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo a classificação do sistema de Köppen, se enquadra na zona fundamental temperada e temperada úmida (RS. SAA/EMBRAPA, 1994). Caçapava do Sul, por sua vez, abrange duas regiões, a Região II (Serra do Sudeste) e a Região I (Depressão Central) (PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO, 2004).

Durante o verão, no Rio Grande do Sul, a inclinação dos raios solares é muito pequena, com incidência solar a uma inclinação semelhante ou até mesmo menor que no Equador, o que resulta em temperaturas em torno de 40°C nos meses de dezembro e janeiro.

A cidade de Caçapava do Sul não dispõe de uma estação de monitoramento climático de longas datas, sendo necessária a exposição de dados referentes à estação localizada no município de Encruzilhada do Sul, a mais próxima da área de estudo com características semelhantes às do município (PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO, 2004).

Tabela 3 – Dados climatológicos do período 1961 a 1990

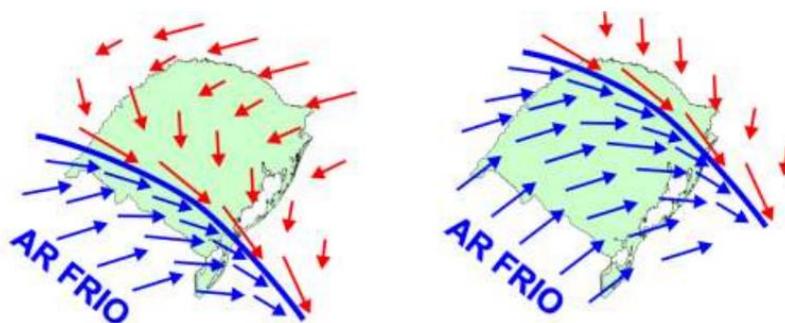
Mês	T (°C)	P (mm)	ETP
Janeiro	22,1	118	114
Fevereiro	21,9	137	101
Março	20,4	128	93
Abril	17,4	97	63
Maio	14,8	113	45
Junho	12,2	149	29
Julho	12,2	157	30
Agosto	12,7	151	34
Setembro	14,3	141	43
Outubro	16,5	127	62
Novembro	19,5	122	87
Dezembro	21,7	101	113
Totais	205,7	1541	815
Médias	17,1	128	68

Fonte: adaptado do Plano Diretor do Município (2004)

3.3 Ventos

O Rio Grande do Sul encontra-se na zona subtropical de alta pressão, localizado sobre a faixa divisória de influência dos eventos alísios e ventos de Oeste. Como ilustra a Figura 19, esta posição faria com que na metade do Estado houvesse a predominância dos ventos alísios (do mar para o continente) e na metade sul, dos ventos de Oeste (do continente para o mar).

Figura 19 – Dinâmica dos ventos alísios e ventos de Oeste no Rio Grande do Sul



Fonte: RS. Atlas Eólico (2002)

Entretanto, a direção predominante do vento em Caçapava do sul (pontos cardeais e colaterais), entre 1961 e 1990, foi registrada na direção Leste, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia. O que pode ser explicado devido a fenômenos de alta e baixa pressão que conduzem os ventos para este quadrante durante todo o ano (ROSSATO, 2011).

De igual modo, sabe-se que a circulação atmosférica varia significativamente na mesoescala e na microescala, devido às características específicas das superfícies. Tais características como vegetação, geometria do terreno e distribuição de superfícies água podem afastar de forma relevante as condições do vento local do perfil geral da circulação atmosférica, o que requer medições locais adequadas para obtenção de dados mais precisos.

Conforme salientado anteriormente, a ação dos ventos juntamente com as inversões térmicas são as causas mais frequentes de ruídos inesperados, sendo percebidos a grandes distâncias da fonte geradora ou com intensidades maiores às percebidas em condições climáticas usuais.

3.4 Contexto geológico

3.4.1 Geologia regional

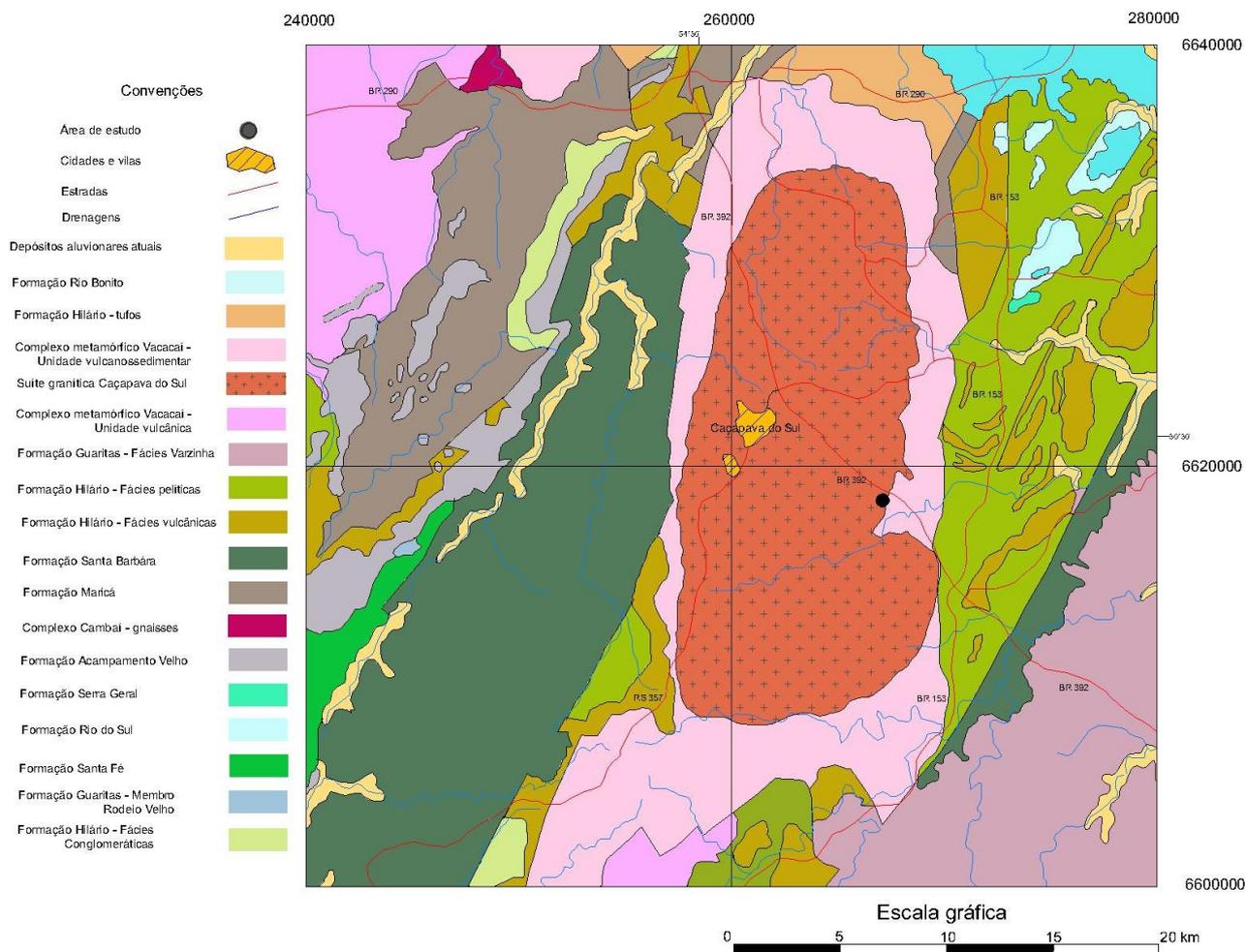
A geologia regional é composta por dois grandes grupos, sendo eles: Complexo Metamórfico do Vacacaí e Suíte Granítica Caçapava do Sul, ambos localizados no escudo Sul Rio Grandense.

O Complexo Metamórfico Vacacaí é uma sequência metamorfizada de rochas vulcano-sedimentares, possuindo ardósias, filitos, xistos pelíticos, xistos gráficas, mármore, quartzitos, metaconglomerados, anfibolitos, metabasaltos subordinados e xistos magnesianos, de acordo com Remus *et al.* (2000). Sendo que nos mármore há uma predominância dolomítica, com presença da calcita em halos de alteração hidrotermal.

A Suíte Granítica Caçapava do Sul, outro evento geológico importante da região, compreende dois corpos intrusivos no Complexo Metamórfico Vacacaí, sendo que o maior possui uma forma oval e dômica, com aproximadamente 25 km de extensão e orientado na direção N-S. De um modo geral a suíte é composta predominantemente por leucogranitos, monzogranitos e sienogranitos, tendo uma participação na composição rochas granodioríticas a tonalíticas, que são representadas na borda oeste do corpo maior (MOREIRA, 2011).

A Figura 20 apresenta o mapa geológico regional simplificado, mostrando as principais litologias da geologia regional.

Figura 20 – Mapa geológico regional simplificado



Fonte: modificado de CPRM (2000)

3.4.2 Geologia local

A área de estudo está localizada no Complexo Metamórfico Vacacaí (CMV) onde há predominância de mármore metamorfozido com minérios ricos em carbonatos, contudo, também se encontram anfibolitos, mica-xisto, talcoxistos e corpos que se apresentam intrudidos entre as camadas de rochas da Suíte Granítica de Caçapava do Sul de maneira concordante e discordante em relação aos corpos de mármore (Figura 21), além da intrusão de diabásio em sentido discordante.

A eficiência do plano de fogo dos desmontes de rocha realizados nesta região é parcialmente comprometida em virtude da presença de grandes discontinuidades e fraturas locais, uma vez que o contato brusco entre diferentes litologias limita a previsão da continuidade das intrusões e provoca desvios acentuados.

Figura 21 – Heterogeneidade do maciço existente no depósito da cava da Corticeira



Fonte: Fontanelli (2014)

3.4.3 Instrumento para análise ambiental e operacional do desmonte de rocha com explosivos com base na NBR ISO 14001:2015

Visto que a etapa do desmonte de rochas com explosivos apresenta alguns impactos (poluição sonora, dano geotécnico) que são passivos ambientais, procurou-se neste trabalho elaborar uma metodologia que verificasse se o SGA implantado pela Empresa estaria apto a controlar estes danos, principalmente no que se refere à geração de ruídos, que segundo Baptista (2013), é identificado como impacto grave e de 3º ordem (a ordem indica a sua severidade alcançada na hierarquização que varia de 1º à 4º).

O método proposto apresenta diretrizes dedicadas a analisar o planejamento e a prática operacional do desmonte de rocha como também a verificação da área administrativa, permitindo a identificação dos parâmetros eficientes e falhos do SGA implantado.

Deste modo, para que este procedimento fosse documentado procurou-se dividir o instrumento de verificação em três partes:

- i. questionário para a caracterização da empresa (Anexo A);
- ii. questionário para o levantamento da situação atual do aspecto e impacto ambiental do ruído (Anexo B);
- iii. lista de verificação ambiental - *checklist* (Anexo C).

O primeiro questionário (Anexo A), adaptado de Moreira (2006), tem caráter descritivo e busca informações gerais da Empresa com abordagem referente à categorização do empreendimento, documentação ambiental e do desmonte de rocha, contratação de terceiros, contratação de fornecedores e, também, sobre a gestão ambiental, especificamente a NBR ISO 14001.

A segunda parte do instrumento de verificação (Anexo B) foi desenvolvida em forma de entrevista com as famílias residentes no Distrito de Caieiras, com o objetivo principal de identificar a percepção da comunidade acerca dos incômodos gerados pela Empresa, sobretudo a poluição sonora decorrente das detonações. O questionário possui 14 questões descritivas e foi aplicado a um total de 20 famílias da região.

Por fim, com base na sequência já descrita, elaborou-se a lista de verificação ambiental - checklist (Anexo C), adaptada de Moreira (2006), que consiste em uma série de perguntas elaboradas com base nos requisitos da NBR ISO 14001:2015. O formulário mede o nível de atendimento do SGA da Empresa a estes requisitos e é formado por três possíveis respostas do tipo (S) “Sim” para o atendimento ao item proposto, (N) “Não” para o não atendimento e (NA) “Não se Aplica” para as situações que o critério abordado não é pertinente.

Após as questões serem preenchidas, avaliou-se o nível de atendimento aos itens seguindo a escala sugerida por Moreira (2006), conforme ilustra a Tabela 4.

Tabela 4 - Padrões de pontuação dos níveis de atendimento à NBR ISO 14001.

Percentual	Padrões de pontuação
10%	Não atendimento aos requisitos;
25%	Atendimento precário ou insuficiente aos requisitos;
50%	Atendimento razoável aos requisitos;
75%	Atendimento aos requisitos, contudo com documentação insuficiente;
100%	Atendimento pleno aos requisitos, com documentação registrada e executada corretamente.

Fonte: adaptado de Moreira (2006)

A aquisição de dados ocorreu entre os meses de Outubro e Dezembro através de revisões de documentos, entrevistas com os funcionários e com a comunidade vizinha e observações em campo. Todos os procedimentos foram

acompanhados por um responsável técnico da Empresa, o qual proveu a documentação solicitada e as informações complementares acerca dos aspectos operacionais do desmonte, adquiridos, normalmente, durante os monitoramentos em campo.

3.5 Equipamentos e técnicas de monitoramento

Para a medição do ruído e sobrepressão atmosférica das detonações foram utilizados dois tipos de equipamentos, o sismógrafo de engenharia (Geosonics 3000 EZ Plus) e o decibelímetro digital (DL-4020).

O sismógrafo possui duas unidades captadoras externas: um geofone com três transdutores ortogonais, responsáveis pela captação das vibrações no solo, e um microfone de registro sonoro da sobrepressão atmosférica (Figura 22). O nível de ruído que chega a estrutura é gerado em forma de gráficos através do programa GeosonicsInc, Analysis 8.2.

Figura 22 – Microssismógrafo de engenharia



Fonte: autor (2016)

O microfone foi montado a um metro acima do nível do solo e no mínimo três metros de distância das paredes das residências ou de qualquer obstáculo que pudesse alterar os valores dos dados adquiridos. Segundo a NBR 9653 (ABNT, 2005), considera-se irrelevante a diferença de altitude de até 6 metros entre o desmonte e o ponto que o equipamento for instalado, conforme ilustra a Figura 23, e a distância horizontal para os cálculos.

Figura 23 – Representação entre o ponto de detonação até o ponto de monitoramento



Fonte: ABNT (2005)

A orientação do microfone, fundamental para uma perfeita captação das detonações, foi realizada na direção do local do evento na posição horizontal e, devido à alta sensibilidade dos sensores, manteve-se um rígido controle da movimentação em torno do equipamento (RIBEIRO, 2013).

O decibelímetro utilizado possui filtro de banda de oitava e terça de oitava da marca ICEL, fabricado conforme a norma ANSI S1.4 com microfone omnidirecional (Figura 24).

Figura 24 – Decibelímetro digital portátil



Fonte: autor (2016)

CAPÍTULO 4

4 Resultados e Discussões

Este capítulo se propõe a apresentar os resultados obtidos a partir das diferentes metodologias empregadas.

São discutidos aspectos como a caracterização da Empresa e o perfil da vizinhança, cujos dados para análise foram adquiridos a partir da aplicação dos dois questionários. São mostradas as atuais práticas operacionais de desmonte como também os resultados e análises dos dados obtidos durante as campanhas de monitoramento do ruído, o que inclui o modelo de regressão para o ruído.

Por fim, é mostrado o resultado da aplicação da lista de verificação, onde se identifica o nível de atendimento do SGA existente na Empresa aos requisitos da NBR ISO 14001:2015, bem como as recomendações de medidas preventivas para o impacto do ruído e sobrepressão atmosférica.

4.1 Caracterização da empresa

De acordo com as informações fornecidas pelo funcionário entrevistado, a Empresa preocupa-se com a questão ambiental e possui algumas ações já implantadas, destacando-se, entre outras, a Certificação de Sistema de Gestão da Qualidade NBR ISO 9001:2008, que embora não seja uma condição ou exigência para obtenção da certificação ISO 14.001, é um facilitador importante, visto que qualquer proposta de gerenciamento ambiental faz uso de ferramentas e técnicas de aplicação similares.

Sua atividade de extração de rocha calcária a céu aberto produz aproximadamente 1.100.000 toneladas brutas por ano e se encontra atualmente com 398 funcionários, que conforme critério utilizado pelo Sebrae (2012) é classificada como de médio porte.

Referente à documentação legal, possui Concessão de Lavra e Licença Operação para a atividade de extração de calcário e beneficiamento, ambos fora de recurso hídrico e com recuperação de área degradada, o que comprova sua legalidade perante o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e o órgão ambiental.

A Empresa possui manual do Sistema de Gestão Integrada e é ativa quanto ao requisito de monitoramento e melhoria contínua relacionada à etapa do desmonte de rocha com explosivos, visto que há um acompanhamento da geração de impactos ambientais através de boletim de detonação, filmagens e fotografias (antes e depois da detonação), controle de estoques, treinamento e capacitação dos funcionários, como também monitoramento do ruído, poeira e vibração. Contudo, as instruções e procedimentos das atividades não são totalmente documentados.

Os principais impactos ambientais coniventes às atividades da Empresa são poluição atmosférica (poeira), poluição sonora (ruído), danos geotécnicos (vibração), impacto visual (frente de lavra) e impacto biológico (afastamento da fauna), os quais se assemelham com a ordem dos impactos constatados na literatura e durante as observações em campo.

Atualmente, devido à escassez de fornecedores que atendessem aos requisitos da norma, não existem critérios para contratação de fornecedores. A Empresa também não realiza contratação de terceiros para o processo de desmonte, sendo os serviços desempenhados pelos funcionários locais.

Quanto à gestão ambiental a Empresa tem conhecimento sobre NBR ISO 14001 e está atualmente em processo de atualização da NBR ISO 1400:2004 para NBR ISO 1400:2015. Já realizou quatro auditorias internas e uma externa, mas não possui certificação ambiental.

A Empresa tem seu enfoque no mercado interno e afirma que não há nenhuma cobrança efetiva por parte de seus clientes quanto à questão ambiental e, enfatiza ainda que o maior impasse para a certificação é o alto custo envolvido, mas que apesar disto possui interesse em se certificar para manter os padrões de qualidade quanto à conformidade legal.

4.2 Perfil da vizinhança

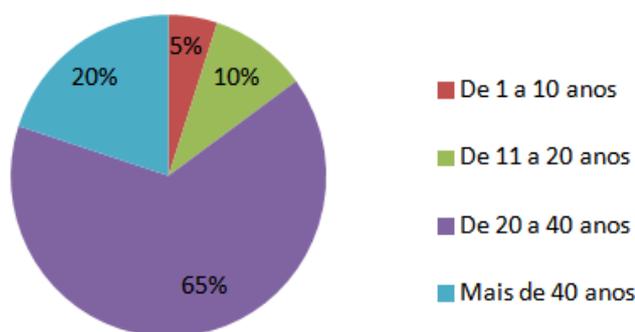
Durante as visitas à comunidade e o contato com diferentes famílias, pôde-se perceber uma resistência inicial por parte dos entrevistados quanto às perguntas relacionadas aos incômodos advindos da Empresa. Esta situação pode estar ligada a alguma dificuldade de entendimento do questionário ou apenas ao motivo pelo qual ele estaria sendo aplicado, haja vista que a maioria dos residentes se relaciona direta ou indiretamente com os empregos ofertados pela mineradora.

É importante destacar que este foi o primeiro levantamento de dados realizado diretamente com a população do Distrito de Caieiras onde os entrevistados puderam expor sua opinião acerca da influência que Empresa tem sobre suas atividades rotineiras. Esta circunstância também pode estar associada ao resultado expresso acima, da resistência por parte dos entrevistados, e pode ainda, associar-se à preocupação dos mesmos em não transmitir uma imagem ruim do local onde são empregados, mesmo que não identificados.

Da população entrevistada, 100% são naturais do município de Caçapava do Sul, sendo composta por 55% homens e 45% mulheres. O grau de escolaridade varia pouco, sendo que 70% da população possui ensino fundamental incompleto.

Cerca de 65% da população reside na comunidade há mais de 40 anos em casas do tipo alvenaria, conforme ilustra a Figura 25, e 80% possui casa própria ou quitada.

Figura 25 - Percentual do tempo de residência da população na Comunidade

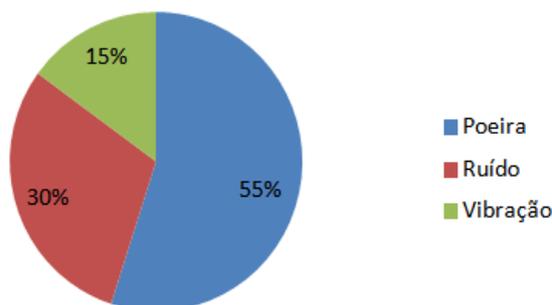


Fonte: autor (2016)

Quanto à localização, 30% dos entrevistados consideram que estão em uma área de risco em relação à pedreira quando há detonações, 50% não consideram área de risco e 20% afirmam que o risco ao qual estão expostos varia de acordo com o dia e local das detonações.

Conforme a Figura 26, 55% afirmam que a poeira é o impacto ambiental de maior incômodo, seguida pelo ruído com 30% e a vibração com 15%.

Figura 26 – Percentual dos impactos de maior incômodo sobre a Comunidade

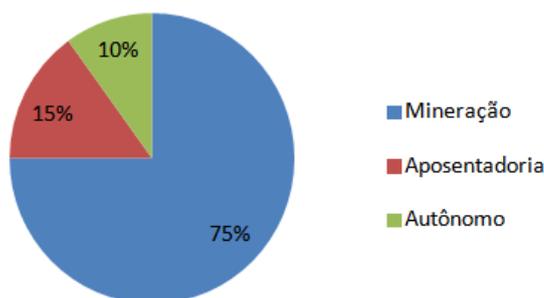


Fonte: autor (2016)

Apesar dos incômodos e danos ocasionados pelos impactos relatados, dentre todas as famílias entrevistadas, nenhuma afirmou ter realizado alguma queixa diretamente na Empresa.

A Figura 27 apresenta a porcentagem dos principais meios de subsistência das famílias da região, onde se percebe que 75% da população trabalha em atividades relacionadas com a mineração, 15% são aposentados e apenas 10% tiram o sustento de outras atividades.

Figura 27– Percentual dos principais meios de subsistência das famílias



Fonte: autor (2016)

Os resultados obtidos durante a pesquisa indicam que ruído e a sobrepressão atmosférica proveniente das detonações e o ruído gerado pelo processo produtivo industrial atingem a comunidade vizinha, mas que, no entanto, as emissões de poeira e particulados causam maiores transtornos e interferência na qualidade de vida da população, que em geral, não conduz as reclamações diretamente à diretoria da Empresa.

Observa-se um grau de insegurança por parte da população quanto às afirmações, sendo necessário neste caso considerar alguns atributos para a análise dos incômodos significativos, como: a vulnerabilidade socioeconômica, o tempo de residência no local e o acesso que a comunidade tem à informação.

Como a maioria da população vive no local há mais de 20 anos, ou seja, após a instalação da mina, e, depende das atividades mineiras como meio de subsistência, esta acredita não ter direito de reclamação direta com a Empresa mesmo que esteja em situação de desconforto.

Percebe-se a necessidade de se instituir indicadores como metas, plano de ações e monitoramentos a serem implantados de maneira padronizada de modo que a Empresa se mostre transparente e apresente à população como vem exercendo suas atividades. Comunicar à comunidade que se preocupa com a sua proteção e bem-estar, e que está atenta aos incômodos causados pela atividade, possuindo a prática de monitoramento periódico do ruído.

4.3 Práticas operacionais

4.3.1 Perfuração, carregamento e amarração dos furos

Durante os trabalhos de campo, observou-se que normalmente o tipo de perfuração empregada consiste em furos distanciados em uma malha alternada, popularmente conhecida como “pé de galinha”. A Empresa possui atualmente 3 unidades de equipamentos para a perfuração do maciço e na Figura 28 é apresentado um destes equipamentos.

Figura 28 - Carreta de perfuração PWH-5000



Fonte: Autor (2016)

O carregamento dos furos compreende três porções distintas: a carga de fundo, carga de coluna e tampão. A carga de fundo emprega emulsão encartuchada, conforme pode ser observado na Figura 29, quando há presença de água no interior dos furos.

Figura 29 – Emulsão encartuchada



Fonte: Catálogo de produtos Britante (2015)

O carregamento da carga de coluna é realizado com explosivos granulares ANFO (*Ammonium Nitrate + Fuel Oil* – Nitrato de Amônio + Óleo Combustível) à granel, de fabricação própria. Os explosivos são estocados em um paiol onde há um controle sob supervisão do blaster responsável até a data de validade.

Pôde-se observar, no entanto, a falta de homogeneidade na quantidade (massa) das cargas, com as mesmas sendo decididas no instante do carregamento e de acordo com a situação dos furos, muitas vezes utilizando explosivos

encartuchados ou à granel nos mesmos furos. A Figura 30 ilustra o carregamento feito pelos chamados “cabo de fogo”.

Figura 30 - Carregamento da coluna utilizando ANFO



Fonte: Autor (2016)

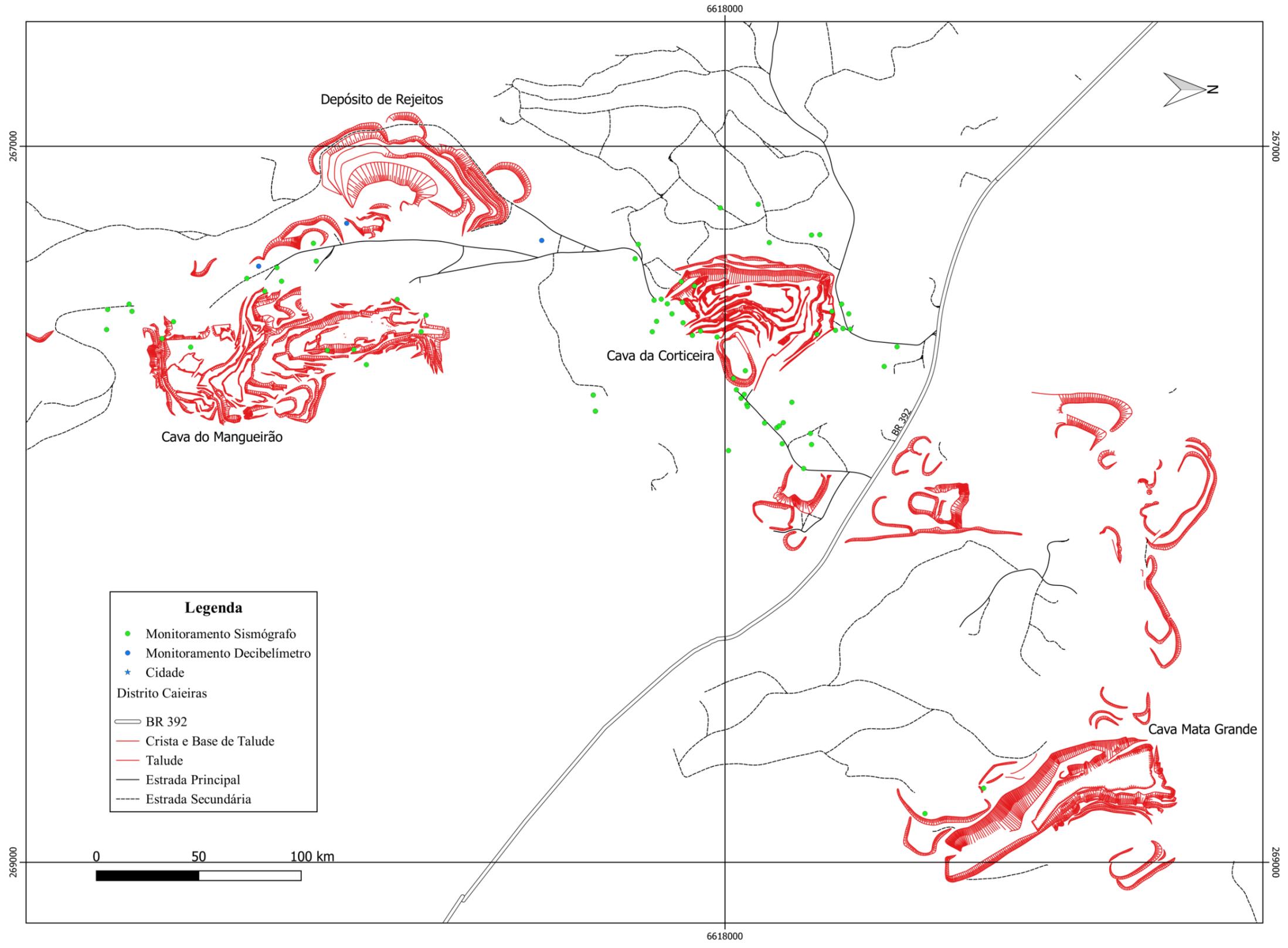
Neste sentido, para as análises dos dados obtidos durante os monitoramentos como o cálculo das distâncias escalonadas e obtenção das cargas máximas por espera, utilizou-se das informações do plano de fogo concedidas pelo responsável técnico da Empresa.

4.3.2 Campanhas de monitoramento

4.3.2.1 Localização dos pontos de amostragem

Nos monitoramentos realizados por Dorneles (2013), Fontanelli, (2014) e Ferreira (2015), onde o objetivo principal era diagnosticar e propor modelos de atenuação para as vibrações do terreno, obteve-se um total de 80 dados de ruídos dispostos em pontos circunvizinhos de cada praça e estabelecidos por meio de critérios de segurança do operador e do equipamento. De forma complementar, obteve-se durante este trabalho um total de 10 dados de ruído definidos mediante as constatações feitas pela vizinhança sobre os locais mais afetados. A Figura 31 ilustra o mapa das cavas Mata Grande, Corticeira e Mangueirão com a identificação de todos os pontos das campanhas de monitoramento.

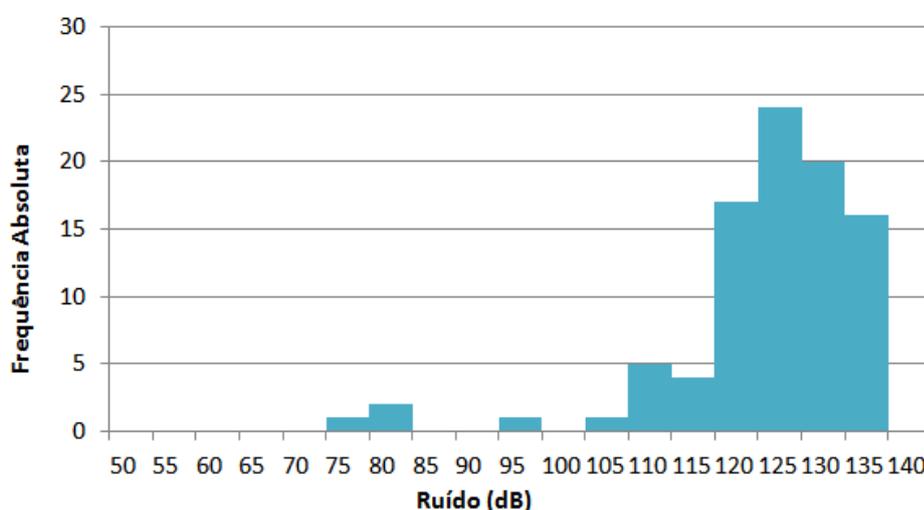
Figura 31- Mapa de localização dos pontos de monitoramentos



4.3.2.2 Análise dos dados de ruído

Foram obtidos um total de 90 dados de ruído com média de 126,8 dB e linha de previsão com 95% de precisão. Entre eles, 36 (40%) apresentaram valores de ruído maiores ou iguais a 134 dB, ultrapassando o limite da NBR 9653:2005. A Figura 32 apresenta a distribuição de frequência dos níveis sonoros captados.

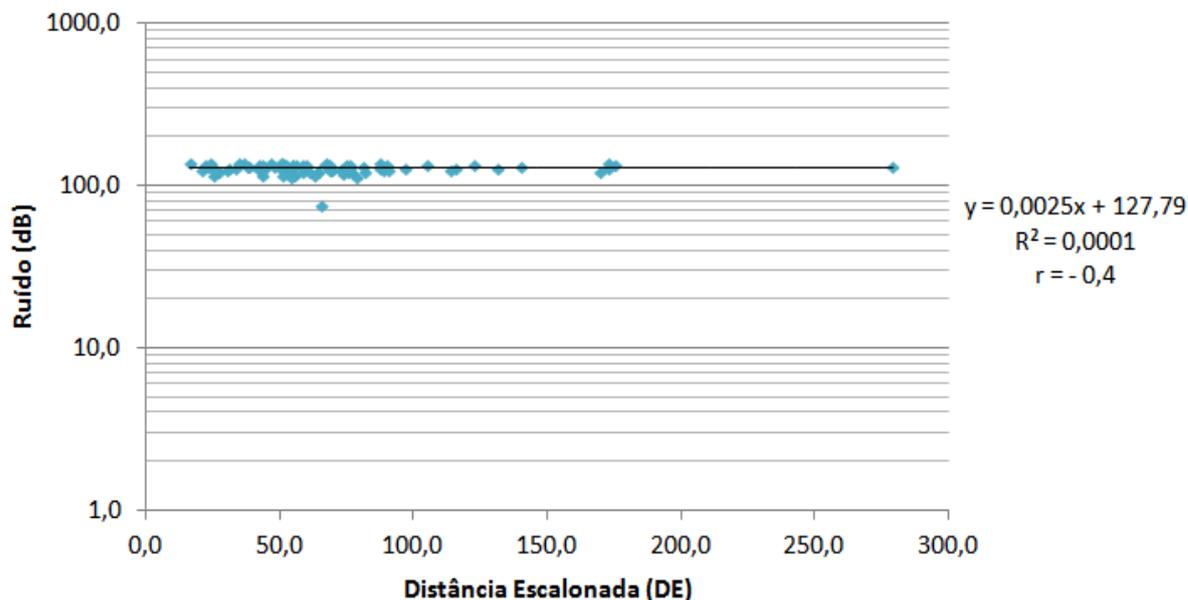
Figura 32 - Gráfico de distribuição de frequências absolutas dos níveis sonoros provenientes das detonações



Fonte: autor (2016)

Para efeito de definição da equação de atenuação, relacionaram-se os dados referentes às distâncias escalonadas (DE) com os níveis de ruídos (ANEXO E) medidos pelo sismógrafo. No entanto, ao analisar o modelo de regressão obtido e ilustrado pela Figura 33, observa-se que o coeficiente de correlação (r) tem valor igual a $-0,4$, indicando que há uma correlação moderada e inversamente proporcional entre os dados e que, deste modo, torna-se inviável a obtenção de um modelo de predição.

Figura 33 - Gráfico do modelo de regressão para o ruído



Fonte: autor (2016)

Deste modo, nota-se que os níveis de ruído permaneceram em patamares elevados independentemente da DE, ou seja, das cargas ou das distâncias em que os monitoramentos foram realizados. Tal fato pode estar associado a uma série de parâmetros técnicos do desmonte (fatores controláveis) e parâmetros de condições atmosféricas (fatores incontroláveis) (RATCLIFF, 2011).

Neste caso, considerou-se que as variáveis que estão cooperando para o incremento dos níveis de ruído são, de acordo com o seu grau de importância: a quantidade e eficiência do tampão utilizado, o sistema de iniciação lateral com cordel detonante, o desmonte secundário, a ação dos ventos e as estações do ano.

Segue abaixo a descrição de cada parâmetro citado conforme as práticas de fogo utilizadas pela Empresa.

4.3.2.3 Quantidade e eficiência do tampão utilizado

O sistema de tamponamento dos furos foi adaptado pela Empresa recentemente para o uso da brita de granulometria média, conforme a Figura 34. Contudo, na maioria das detonações o tampão ainda não é utilizado ou faz-se o uso das embalagens dos explosivos e/ou ramo de folhas, não sendo eficientes como acessórios de confinamento (Figura 35).

Figura 34 - Tamponamento da carga explosiva com brita



Fonte: Autor (2016)

Figura 35 - Tamponamento utilizando embalagens plásticas



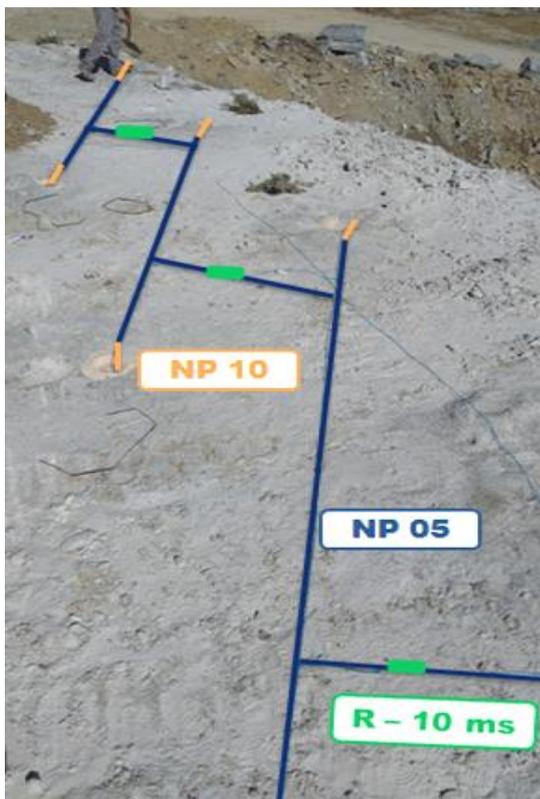
Fonte: Autor (2016)

Conforme salientado anteriormente, ao se utilizar uma quantidade inadequada ou reduzida de tampão, sua ejeção pode ocorrer antes mesmo da energia gasosa ser efetivamente utilizada para a fragmentação. Alguns autores afirmam que o uso adequado do tampão é tão importante que, se sua ejeção fosse desconsiderada, os níveis de ruído reduziriam cerca de 90% (GOKHALE, 2010; KONYA, 1995).

4.3.2.4 Sistema de iniciação lateral com cordel detonante exposto

Durante os eventos de detonação, as amarrações em superfície e a iniciação dos explosivos eram feitas por meio de cordel detonante (NP10) e (NP05), com tempos de retardo normalmente de (10ms) e (20ms), promovendo uma iniciação lateral das cargas (Figura 36).

Figura 36 - Amarração em superfície com o emprego de cordel detonante



Fonte: Autor (2016)

Ao utilizar o cordel detonante, a ejeção do tampão é realizada antes mesmo da detonação do explosivo, causando o escape do volume de gás e consequentemente o aumento do nível sonoro.

4.3.2.5 Desmonte secundário

A Empresa costuma realizar o desmonte secundário utilizando rompedores hidráulicos ou, como ilustra a Figura 37, com o emprego de explosivos.

Em função da quantidade de cordel exposto e do tamponamento ineficaz neste tipo de desmonte, há uma maior quantidade de ejeção dos gases resultantes da reação da detonação, provocando níveis de ruído elevado.

Figura 37 - Cordel exposto e maticões com amarração pronta para o desmonte secundário sem o uso de tampões

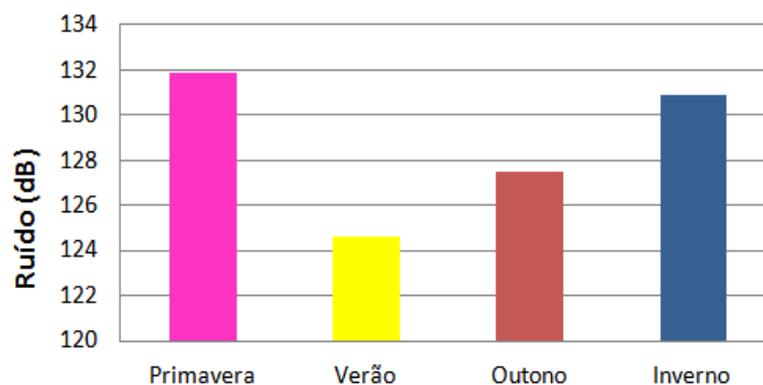


Fonte: Autor (2016)

4.3.2.6 Ação dos ventos e estação do ano

Conforme discutido no Capítulo 2, a direção predominante dos ventos alísios no município de Caçapava do Sul é conduzida por fenômenos de alta e baixa pressão para Leste durante o ano todo, provocando precipitações e aumento da umidade. Sabendo que a atenuação da propagação do som é inversamente proporcional a umidade relativa do ar e a velocidade de propagação diretamente proporcional, procurou-se fazer uma comparação entre os níveis de ruído captados durante as quatro estações do ano, conforme ilustra o gráfico da Figura 38.

Figura 38 - Gráfico da relação entre os níveis de ruído suas respectivas estações do ano



Fonte: Autor (2016)

Percebe-se na Figura 38 que os níveis sonoros mais altos foram emitidos durante as estações da primavera e de inverno, indicando uma provável relação direta entre a propagação do ruído e parâmetros atmosféricos como o índice de umidade relativa do ar e ação dos ventos. No entanto, como o município não possui uma estação meteorológica ativa, não se pode afirmar com precisão quais são estes índices de umidade e quais são as direções e velocidades dos ventos durante as detonações.

Visto que estes parâmetros meteorológicos reforçam significativamente a concentração do ruído em áreas localizadas sob suas zonas de influência, é importante que seja feito um futuro estudo da circulação atmosférica nas áreas de monitoramento considerando as características locais.

4.4 Resultados da aplicação da Lista de Verificação (*checklist*)

Segundo os critérios utilizados para pontuação, se a Empresa atender acima de 75%, será considerado que a mesma possui um SGA que se adéqua à norma. Sabe-se que a lista de verificação aplicada (ANEXO C) possui algumas limitações, do mesmo modo que os demais questionários, uma vez que eles não foram aplicados em forma de auditoria ambiental onde cada item da norma deve ser comprovado com a apresentação de registros e documentos. A análise foi realizada com base apenas no que o entrevistado respondeu.

A porcentagem foi distribuída para cada critério da norma e, na sequência, fez-se a média aritmética para obtenção dos percentuais finais. A Tabela 5 apresenta os percentuais finais de atendimento da Empresa aos requisitos da NBR ISO 14001.

Tabela 5 – Nível de atendimento da Empresa à ISO 14001:2015

	<i>Item da Norma ISO 14001:2015</i>	<i>Atendimento (%)</i>
A	Política ambiental, objetivos e metas	100
B	Identificação de aspectos e impactos ambientais	75
C	Identificação de requisitos legais	66,66
D	Objetivos, metas e programas de gestão ambiental	100
E	Recursos, funções, autoridades e responsabilidades	81,25
F	Treinamento, Conscientização e Competência	58

G	Comunicação	40
H	Documentação	100
I	Controle de documentos	88,3
J	Controle operacional	77
K	Preparação e resposta à emergências	88
L	Monitoramento e medição	85,7
M	Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros	100
N	Não conformidade, ação corretiva e preventiva	66,6
O	Controle de registros	75
P	Auditoria interna	100
Q	Análise crítica pela administração	100
Total	Total	82,4

Fonte: adaptado de Moreira (2006)

Constatou-se que, dos 75 itens presentes na lista de verificação, apenas 12 foram não conformes os requisitos da NBR ISO 14001:2015, totalizando 82,4% de atendimento à norma. Conforme o critério de pontuação mencionado no capítulo anterior, a Empresa possui um percentual de atendimento superior a 75%, ou seja, ela atende aos requisitos, mas a sua documentação ainda é insuficiente.

O resultado obtido indica que a Empresa demonstra preocupação com o meio ambiente, mas que, por outro lado, existem pontos que ainda necessitam de melhorias para que se possa obter a certificação ambiental, como por exemplo, o item de comunicação que obteve 40% de nível de atendimento, o que é considerado atendimento precário ou insuficiente.

Percebe-se que a alta direção tem conhecimento dos aspectos de não conformidade, no entanto, estes ainda não foram tratados devido ao aumento dos investimentos em tecnologias de processo, aumento dos custos e da burocracia na Empresa. Essas indicações sugerem que ainda não há um total esclarecimento quanto às vantagens comerciais geradas pelos investimentos ambientais.

4.5 Recomendações de medidas preventivas e corretivas para o impacto do ruído e sobrepressão atmosférica

Com o objetivo de alcançar um padrão de desempenho ambiental saudável é necessário o compromisso organizacional com a melhoria contínua de seu Sistema

de Gestão Ambiental. Através dele a empresa se mobiliza para conquistar a qualidade ambiental desejada com a disposição de metas em processo contínuo e que identifiquem oportunidades de melhorias com a preparação de indicadores ambientais (BAPTISTA, 2013).

Como os indicadores são informações quantificadas e de fácil compreensão para serem usadas no processo de gestão, também são úteis como ferramenta de avaliação de fenômenos como a poluição sonora decorrente do desmonte de rocha, pois apresentam sua tendência e progresso que se alteram num horizonte de tempo.

Diante disto, a Tabela 6 foi construída de forma a organizar as informações de maneira simplificada e de fácil compreensão, com meta exequível, plano de ação bem definido e monitoramento adequado aos parâmetros da NBR ISO 14001:2015.

Tabela 6 – Indicador, meta, planos de ação e monitoramento para a poluição sonora

<i>'Ordem</i>	<i>Impacto Ambiental</i>		
4º	Poluição sonora proveniente do desmonte de rochas		
	Indicador	Limite da legislação	Meta
	Ruídos acima do limite da legislação	134 dB	134 dB

Plano de ação:

- i. perfuratrizes com coletor de pó para o tamponamento das perfurações, o que não implica em nova aquisição de maquinário, mas sim uma adaptação das perfuratrizes com o dispositivo que realiza a coleta. Esta medida seria um facilitador importante para a Empresa, uma vez que a brita (apesar de ser eficiente na redução dos níveis de ruído) requer um maior tempo de trabalho por parte dos cabos de fogo e blasters e também maiores custos com deslocamento e número de funcionários envolvidos com o trabalho;
- ii. substituição dos cordéis como acessórios de coluna por tubos de choque de coluna, evitando a ejeção dos tampões;
- iii. estudos sobre aspectos meteorológicos;
- iv. comunicação externa entre a Empresa e a população vizinha para que a mesma seja mantida informada sobre o que é a operação de desmonte e quais são os benefícios que a mineração proporciona para a região.

Monitoramento: continuar com as medições periódicas utilizando o sismógrafo.

Fonte: adaptado de Baptista (2013)

CAPÍTULO 5

5 Considerações finais

A partir dos estudos realizados, pode-se afirmar que presente trabalho atendeu o seu objetivo principal de monitorar estruturas próximas às áreas de desmonte de rocha e avaliar os respectivos danos e incômodos gerados sobre a comunidade vizinha de uma Empresa mineradora de calcário, como também, de verificação dos aspectos do SGA em desacordo com os requisitos da NBR ISO 14.001:2015. Através do modelo de regressão obtido, observou-se que os níveis de ruído permaneceram em patamares elevados independentemente das cargas ou das distâncias em que os monitoramentos foram realizados, o que não permitiu a elaboração da equação de atenuação.

Durante este estudo, percebeu-se que a Empresa se preocupa com a questão ambiental e busca periodicamente se informar sobre os requisitos da NBR ISO 14001, mostrando-se pró ativa quanto ao monitoramento e melhoria contínua relacionada à etapa do desmonte de rocha. A partir da pesquisa realizada com a comunidade, constatou-se que a poluição sonora é o segundo impacto ambiental que causa maior transtorno, sendo precedida pelas emissões atmosféricas de poeira e particulados.

Foi elaborado um questionário acerca da percepção da vizinhança quanto aos impactos causados pela Empresa e, através dele, pode-se observar certo grau de insegurança por parte da população em participar da pesquisa, podendo este fato ter influenciado a autenticidade das informações fornecidas. Esta situação foi associada a alguns fatores determinantes, dentre eles, a vulnerabilidade socioeconômica e o tempo de residência na região. Este fato seria mitigado através da comunicação entre Empresa-Comunidade para o esclarecimento das atividades realizadas na mina e, também, para mostrar que a Empresa se preocupa com o meio ambiente e com o conforto da população.

No total foram identificados 36 dados de ruído que apresentaram valores de ruído maiores ou iguais a 134 dB, ultrapassando o limite da NBR 9653:2005. Tal fato foi associado a uma série de parâmetros técnicos do desmonte como a quantidade e eficiência do tampão utilizado, o sistema de iniciação lateral com cordel detonante, o

desmonte secundário, e, com parâmetros de condições atmosféricas, como a ação dos ventos e as estações do ano.

Quanto ao nível de atendimento da Empresa aos requisitos da NBR ISO 14001:2015, constatou-se que a Empresa atende aos requisitos, embora sua documentação ainda não seja suficiente. Portanto, para o total atendimento ao SGA e, conseqüentemente, sua certificação, é necessário controlar e monitorar estes parâmetros via análises periódicas do impacto da poluição sonora, implantar planos de ações e avaliar sistematicamente a sua classificação e a significância.

Como plano de ações recomenda-se, além do aperfeiçoamento do desmonte de rocha substituindo o uso dos cordéis detonantes por tubos de choque e a adaptação das perfuratrizes com coletor de pó, o estudo sobre as condições atmosféricas locais.

5.1 Recomendações

Recomenda-se a realização de estudos comparativos entre a eficiência dos materiais de tampão e o estudo sobre os efeitos do uso do tubo de choque em vez do cordel detonante.

Sugere-se ainda, estudos sobre o impacto das emissões atmosféricas provenientes da região de mineração de rochas calcárias em Caçapava do Sul, visto que este impacto foi classificado como significativo e responsável pela maior geração de incômodos sobre a população circunvizinha.

ANEXO A: CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Data: 16/11/2016

Características da Empresa**Atividade:** Extração de calcário.**Número de funcionários:** 398.**Tipo de lavra:** A céu aberto.**Produção bruta/ano:** 1.100.000 toneladas.**Porte/Potencial poluidor (DN COPAM 74/2004):** Classe 4.**Documentação****1. A Empresa possui alvará/concessão de lavra ou licença ambiental?**

Sim. DNPM nº 811.053/2010 e Licença Operação para a atividade de extração de calcário a céu aberto, com beneficiamento, fora de recurso hídrico e com recuperação de área degradada.

2. Possui manual de procedimentos ambientais ou instruções de trabalho?

Sim. Possui manual do Sistema de Gestão Integrada.

3. Quais os tipos de registros existentes relacionados ao desmonte de rocha com explosivos (análise da emissão de poeira, vibração, ruído, entre outros)?

Boletim de detonação, filmagens e fotografias (antes e depois da detonação), controle de estoques, treinamento e capacitação dos funcionários. Monitoramento de ruído, poeira e vibração.

4. Possui manual operacional do desmonte?

Existe o procedimento do SGI (sistema de gestão integrada) MIN. 04, que traz as diretrizes para execução dos desmontes (inclusive para preenchimento do plano de fogo), quanto às questões de segurança, ambientais e de qualidade. Estas diretrizes e outras também estão previstas no Plano de Segurança dos paíóis exigido pelo Exército, onde consta, por exemplo, croqui de movimentação dos explosivos dentro da empresa e procedimentos de controle.

5. Quais os principais impactos da empresa?

Poluição atmosférica (poeira), poluição sonora (ruído), vibração, impacto visual e biológico (afastamento da fauna).

Contratação de Terceiros e de Fornecedores

1. A empresa realiza contratação de terceiros para os processos do desmonte?

Não. Todos os serviços são desempenhados com funcionários locais.

2. Há alguma política definida com requisitos para a contratação de serviços e para compras?

Atualmente, devido à escassez de fornecedores que atendessem aos requisitos da norma, não existem critérios para contratação de serviços e compras nesse sentido.

3. Quais os critérios utilizados na compra dos produtos?

Menor custo envolvido, qualidade do produto e pós-venda (acompanhamento da aplicação, disponibilidade de realização de treinamentos, etc.).

Gestão Ambiental

4. A empresa tem conhecimento da norma NBR ISO 14001 (2015)?

Sim, está em processo de alteração 2004 para 2015, contudo não é certificada.

5. A empresa tem interesse em certificar de acordo com a ISO 14001 (2015)?

Sim.

6. A empresa tem interesse de adequar-se à norma? Por quê?

Sim. Para atender as questões ambientais, estando conforme a legislação pertinente.

7. A empresa já fez alguma auditoria ambiental (interna ou externa)?

Já realizou uma auditoria externa e quatro auditorias internas.

ANEXO B: A PERCEPÇÃO DA VIZINHANÇA EM RELAÇÃO AOS IMPACTOS CAUSADOS PELA EMPRESA

1. **Naturalidade?** Caçapava do Sul (100%).
2. **Sexo:** 1. Masculino (55%) 2. Feminino (45%).
3. **Grau de escolaridade?** 1. Ensino médio completo (10%), 2. Ensino médio incompleto (10%), 3. Ensino fundamental completo (10%), 4. Ensino fundamental incompleto (70%).
4. **Onde trabalha o chefe da família?** 1. Mineração (70%), 2. Autônomo (20%), 3. Posto de gasolina (10%).
5. **Há quanto tempo sua família reside neste local?** 1. De 1 a 10 anos (5%), 2. De 11 a 20 anos (10%), 3. De 20 a 40 anos (65%), 4. Mais de 40 anos (10%).
6. **Situação do imóvel em que reside?** 1. Próprio (80%), 2. Alugado (), 3. Outros (20%).
7. **Qual o Tipo de construção?** Alvenaria (100%).
8. **Algum membro da família possui alguma deficiência auditiva ocasionada pela atividade da pedreira?** 1. Sim (15%) 2. Não (85%)
9. **Você considera que sua casa está localizada numa “área de risco” em relação à pedreira?** 1. Sim (30%) 2. Não (50%) 3. às vezes (20%)
10. **Se 1 ou 3, Quando?** Quando há detonações (100%).
11. **Quando ocorre desmonte na pedreira sua casa é afetada?** 1. Sim (85%) 2. Não (15%)
12. **Se 1, qual o impacto de maior incômodo?** 1. Ruído (30%) 2. Vibração (15%) 3. Poeira (55%)
13. **Sua família já realizou alguma queixa diretamente na Empresa devido à estes impactos?** 1. Sim () 2. Não (100%)
14. **Quais os principais meios de sobrevivência das pessoas da comunidade?** 1. Agricultura () 2. Agropecuária () 3. Comercial () 4. Mineração (80%) 5. Servidor público () 6. Indústria () 7. Aposentado (10%) 8. Outros (10%).

ANEXO C – LISTA DE VERIFICAÇÃO ISO 14001
Data: 16/11/2016

Requisitos da NBR ISO 14001:2015		S	N	Observações
A)	Política ambiental, objetivos e metas			
	1 - A empresa possui uma Política Ambiental?	X		
	2 - A Política é apropriada a natureza, escala, impactos ambientais e perigos e riscos das suas atividades, produtos e serviços?	X		
	3 - A Política inclui o comprometimento com:			
	- A melhoria contínua?	X		
	3.2 - A prevenção de poluição e saúde e segurança ocupacional?	X		
	4 - O atendimento à legislação e normas ambientais aplicáveis e demais requisitos subscritos pela organização?	X		
	5 - Este comprometimento está claramente evidenciado?	X		
	6 - A política ambiental está documentada?	X		
	7 - Ela foi comunicada aos funcionários(internos e em integração)?	X		Murais de exposição interna
	8 - A política ambiental está disponível para o público? Como?	X		
	Atendimento (%)	100%		
B)	Identificação de aspectos e impactos ambientais			
	9 - Existem procedimentos para a identificação dos aspectos ambientais, perigos e riscos do desmonte de rocha?	x		
	10 - Existe um rotina para manter estas informações atualizadas?	x		
	aspectos e perigos do ruído proveniente das detonações?			Matriz de Leopold

12 - Estas técnicas utilizaram trabalhos com grupos multi-funcionais?		x			
13 - Foram feitas medições diretas, levantamento e utilização de informações de incidentes anteriores para a identificação dos aspectos ambientais e perigos e riscos?		x			Estudos anteriores
14 - O ruído e sobrepressão atmosférica foram indicados como aspecto ambiental em situação normal, anormal, incidente e situação de emergência?		x			
15 - O aspecto ambiental do ruído foi considerado na definição dos objetivos ambientais?			x		
Atendimento (%)		75%			
C)	Identificação de requisitos legais				
16 - A organização possui procedimentos para identificar e ter acesso à legislação ambiental?		x			
17 - Existe procedimento para a manutenção desta legislação?			x		
18 - Existe procedimento para a identificação e manutenção dos outros requisitos a que a organização está submetida? As informações dos contratos da organização são consideradas?		x			
Atendimento (%)		66,66			
D)	Objetivos, metas e programas de gestão ambiental				
19 - Os objetivos e metas foram estabelecidos e documentados?		x			
20 - Existe um programa para estabelecer objetivos e metas? Este programa atribui responsabilidades em cada função?		x			

21 - Os objetivos e metas são voltados para a prevenção da poluição, atendimento à requisitos legais e melhoria contínua?		x			
Atendimento (%)		100			
E)	Recursos, funções, autoridades e responsabilidades				
22 - As funções, responsabilidades e autoridades estão devidamente definidas, documentadas e comunicadas?			x		
23 - Existe um representante específico da administração acompanhando o desempenho ambiental da empresa?		x			
24 - Quais as atribuições do representante da administração? Dentre o papel básico destas atribuições incluem-se:					
25 - Assegurar o atendimento dos requisitos da NBR ISO 14001:2015?		x			
26 - Relatar à alta administração o desempenho do SGA para análise crítica?					
Atendimento (%)		81,25			
F)	Treinamento, Conscientização e Competência				
27 - As pessoas envolvidas em atividades relacionadas à operação do desmonte possuem formação apropriada, treinamento ou experiência para a realização de suas tarefas?		x			
28 - A empresa possui registros que comprovam a formação, treinamento ou experiência dessas pessoas?		x			
29 - Existe algum procedimento que conscientize os funcionários e prestadores de serviço quanto à importância da política ambiental e do atendimento dos requisitos ambientais estabelecidos pela administração da empresa?			x		

30 - Os funcionários estão conscientes quanto aos aspectos/impactos ambientais associados com seu trabalho e aos benefícios ambientais provenientes da melhoria do seu desempenho pessoal?			x		
Atendimento (%)		58%			
G)	Comunicação				
31 - A organização possui procedimentos formalizados para comunicação interna de cunho ambiental?			x		
32 - Com relação às partes interessadas externas, existe algum procedimento para recebimento, documentação e resposta à comunicações pertinentes?			x		
33 - A empresa faz divulgação ao público sobre seus aspectos ambientais?			x		
34 - Esta decisão de divulgar ou não seus aspectos é documentada?			x		
Atendimento (%)		40%			
H)	Documentação				
35 - A empresa possui documentação que inclua:					
- Principais elementos do SGA?		x			
- Descrição do escopo do SGA?		x			
- Documentos e Registros requeridos pela Norma e determinados pela organização para assegurar o planejamento, operação e controle dos processos que estejam associados com seus aspectos ambientais		x			
- Política, Objetivos e Metas?		x			
- Orientação em relação a documentação relacionada?		x			
Atendimento (%)		100%			
I)	Controle de documentos				

36 - A empresa possui procedimentos para controle dos documentos exigido pela NBR ISO 14001:2015?		x			
37 - Os documentos do SGA podem ser facilmente localizados?		x			
38 - Os documentos do SGA estão disponíveis em todos os locais onde são executadas as operações essenciais ao efetivo funcionamento dos sistemas?			x		
39 - Existe procedimento para revisão periódica, atualização e reaprovação de documentos?		x			
40 - Os documentos do SGA são aprovados por pessoal autorizado?		x			
41 - Os documentos obsoletos são removidos, evitando o uso não intencional?		x			
42 - Os documentos obsoletos retidos por motivos legais e/ou preservação de conhecimento estão devidamente identificados?		x			
43 - Os documentos do SGA são:					
- legíveis?		X			
- datados, incluindo a data de revisão?		x			
- identificáveis?		x			
- mantidos de forma ordenada?		x			
44 - Os documentos do SGA são retidos por um período de tempo especificado?		x			
Atendimento (%)		88,3%			
J)	Controle operacional				

45 - Operações associadas à aspectos ambientais significativos do desmonte de rocha com explosivos possuem procedimentos documentados a fim de controlar situações que possam acarretar em desvios em relação à política, objetivos e metas ambientais?		x			
46 - Estes procedimentos contemplam critérios operacionais?		x			
47 - As manutenções dos equipamentos relacionados a essas operações estão devidamente planejadas?		x			
48 - Existe planejamento destas operações?		x			
49 - A organização comunica aos seus fornecedores e contratados os procedimentos e requisitos pertinentes relativos ao SGA?			x		
Atendimento (%)		77%			
K)	Preparação e resposta à emergências				
50 - A organização possui procedimentos para:					
- Identificar o potencial de incidentes e situações de emergência?		x			
- Atendimento a incidentes e situações de emergência?		x			
- Prevenir impactos e riscos sobre o meio ambiente que possam ser gerados por incidentes ou situações de emergência?		x			
- Mitigar impactos que possam ser gerados por incidentes ou situações de emergência?		x			
51 - A empresa analisa e revisa, quando necessário, os seus procedimentos de preparação e atendimento a emergências?		x			

Atendimento (%)		85%			
L)	Monitoramento e medição				
52 - As operações do desmonte que causam impactos ambientais significativos são monitoradas e medidas?		x			
53 - Quais as metodologia utilizadas para estes monitoramentos?		x			Monitoramentos mensais
54 - Estas monitorações e medições são registradas?		x			
55 - É realizado o controle e acompanhamento das medidas obtidas?		x			
56 – Os monitoramentos e medições são realizadas por pessoal capacitado?		x			Universidade
57 - O desempenho ambiental e as medidas obtidas nos controles operacionais pertinentes estão em conformidade com os objetivos e metas ambientais da organização?			x		
58 - Os equipamentos usados para monitoramento são calibrados?		x			
Atendimento (%)		85,7			
M)	Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros				
60 - Existem procedimentos para avaliar periodicamente o atendimento à legislação e regulamentos ambientais aplicáveis?		x			
61 - São mantidos registros dos resultados destas avaliações?		x			
Atendimento (%)		100%			

N)	Não conformidade, ação corretiva e preventiva				
	62 - Existem procedimentos para identificação e correção de não conformidades e execução de ações para mitigação dos seus impactos ambientais?	x			
	63 - As ações de mitigação, corretivas e preventivas são devidamente controladas?	x			
	64 - As mudanças resultantes das ações corretivas e preventivas são documentadas nos procedimentos?	x			
	Atendimento (%)	66,6			
O)	Controle de registros				
	65 - A organização possui procedimentos para tratamento dos registros, que incluem: identificação, armazenamento, proteção, recuperação, retenção, e descarte de registros ambientais?	x			
	66 - Estes registros ambientais são legíveis, identificáveis e rastreáveis?	x			
	Atendimento (%)	75%			
P)	Auditoria interna				
	67 - A organização estabeleceu, implementou e mantém procedimento(s) para a realização de auditorias interna do SGA?	x			
	68 - Foi feita a determinação dos critérios de auditoria, escopo, frequência e métodos?	x			
	Atendimento (%)	100%			

Q)	Análise crítica pela administração				
69 - A administração realiza análise periódica de seu sistema de gestão ambiental?		x			
70 - Os resultados das auditorias internas são avaliados?		x			
71 - Reclamações de origem externa são levadas em consideração?		x			
72 - As recomendações para melhoria são analisadas?		x			
73 - Quando necessário, são abordadas mudanças na política ambiental e nos objetivos e metas?		x			
74 - Qual a periodicidade das análises críticas pela administração?		x			Anual
75 - As análises críticas pela administração são registradas?		x			
Atendimento (%)		100%			
S (Sim atende) N (Não atende)					

ANEXO D – DADOS DAS CAMPANHAS MONITORAMENTO

<i>Data</i>	<i>Monitoramento</i>	<i>Distância (d)</i>	<i>Carga máxima por espera (Qme)</i>	<i>Distância Escalonada (DE)</i>	<i>Ruído (dB)</i>
04/02/2013	1	212,0	55,2	55,7	116,0
06/02/2013	2	159,2	243,0	25,5	116,0
06/02/2013	3	271,4	243,0	43,5	116,0
13/02/2013	4	206,1	64,4	51,4	130,0
13/02/2013	5	218,9	64,4	54,6	114,0
18/02/2013	6	151,8	224,0	25,0	132,0
20/02/2013	7	126,3	101,9	27,0	123,0
20/02/2013	8	273,2	101,9	58,5	121,0
22/02/2013	9	243,2	112,3	50,4	137,0
22/02/2013	10	422,5	112,3	87,6	137,0
25/02/2013	11	334,3	50,9	90,2	135,0
28/02/2013	12	212,7	167,0	38,6	130,0
28/02/2013	13	322,0	167,0	58,5	134,0
28/02/2013	14	407,6	167,0	74,0	120,0
04/03/2013	15	206,2	86,1	46,7	138,0
04/03/2013	16	307,3	86,1	69,6	126,0
08/03/2013	17	414,3	38,2	123,0	136,0
08/03/2013	18	353,8	38,2	105,0	133,0
11/03/2013	19	363,6	70,9	87,8	127,0
13/03/2013	20	408,7	140,8	78,6	114,0
13/03/2013	21	401,8	140,8	77,2	121,0
14/03/2013	22	195,4	101,2	41,9	127,0
14/03/2013	23	324,0	101,2	69,5	124,0
21/03/2013	24	324,1	220,0	53,7	124,0
21/03/2013	25	445,7	220,0	73,8	127,0
26/03/2013	26	353,1	101,0	75,8	123,0
26/03/2013	27	301,3	101,0	64,7	123,0
08/04/2013	28	243,1	165,5	44,3	127,0
08/04/2013	29	308,7	165,5	56,2	134,0
26/11/2013	30	390,6	305,7	58,0	130,0
26/11/2013	31	554,0	305,7	82,2	123,0
29/11/2013	32	343,4	240,0	55,3	134,0
29/11/2013	33	343,4	240,0	55,3	134,0
02/12/2013	34	434,4	267,9	67,4	138,0
02/12/2013	35	105,1	267,9	16,3	137,0
12/12/2013	36	318,0	71,4	76,6	128,0
12/12/2013	37	267,1	71,4	64,4	123,0
04/02/2014	38	327,0	140,5	62,9	115,0
06/02/2014	39	286,5	56,3	74,8	131,0
06/02/2014	40	340,5	56,3	88,9	125,0
11/02/2014	41	338,8	98,9	73,3	125,0
14/02/2014	42	125,2	216,1	20,9	124,0
14/02/2014	43	201,7	216,1	33,6	127,0
12/03/2014	44	337,7	117,6	68,9	126,0

12/03/2014	45	181,5	117,6	37,0	138,0
25/04/2014	46	549,3	106,1	116,0	127,0
25/04/2014	47	144,3	106,1	30,5	126,0
28/04/2014	48	115,8	118,8	23,6	132,0
07/05/2014	49	241,1	181,2	42,6	134,0
07/05/2014	50	137,1	181,2	24,2	138,0
07/05/2014	51	239,1	48,2	65,7	76,0
07/05/2014	52	112,4	48,2	30,9	127,0
08/05/2014	53	193,0	418,7	25,8	126,0
08/05/2014	54	284,9	418,7	38,1	131,0
08/05/2014	55	303,7	94,2	66,7	133,0
08/05/2014	56	371,4	94,2	81,6	131,0
09/05/2014	57	343,0	124,1	68,8	136,0
08/07/2014	58	216,7	75,0	51,4	125,0
08/07/2014	59	183,5	75,0	43,5	126,0
08/07/2014	60	258,7	75,0	61,3	121,0
08/07/2014	61	220,8	79,0	51,5	137,0
08/07/2014	62	188,4	79,0	43,9	133,0
08/07/2014	63	258,4	79,0	60,2	133,0
26/05/2015	64	1104,1	61,6	279,6	130,0
01/06/2015	65	1063,1	222,7	175,4	133,0
02/06/2015	66	949,5	174,0	170,1	121,0
03/06/2015	67	668,2	108,0	140,3	130,0
20/05/2015	68	146,2	287,2	22,2	136,0
20/05/2015	69	146,2	287,2	22,2	130,0
29/06/2015	70	1073,7	238,9	173,0	138,0
29/06/2015	71	1073,7	238,9	173,0	128,0
02/09/2015	72	118,9	119,4	24,1	135,0
14/10/2015	73	241,4	323,4	35,2	137,0
11/12/2015	74	294,7	60,7	75,0	136,0
28/01/2016	75	370,8	383,8	51,0	115,0
30/03/2016	76	212,0	66,4	52,3	133,0
31/05/2016	77	524,3	96,5	114,3	126,0
22/06/2016	78	444,5	196,9	76,4	136,0
15/07/2016	79	447,5	97,5	97,2	129,0
19/08/2016	80	306,3	68,7	74,8	129,0
13/09/2016	81	288,3	32,2	90,6	125,0
31/10/2016	82	449,0	39,7	131,6	128,0
02/12/2016	87	1919,9	33,2	597,6	98,0
21/11/2016	83	1705,0	97,5	97,2	110,5
22/11/2016	84	1203,0	68,7	74,8	102,4
24/11/2016	85	1504,0	32,2	90,6	131
25/11/2016	86	285,8	206,47	48,4	79

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. et al. Implementação de um Sistema de Gestão Ambiental - SGA conforme a ISO 14.001 no sistema bancário. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2014. **Anais...**Belo Horizonte, MG. Universidade de Brasília - UnB, Faculdade UnB de Planaltina, 2014. 9 p.

ALMEIDA, E. R., CAMPOS, A. C.; MINITI, A. Estudo audiométrico em operários da seção de "teste de motores" de uma indústria automobilística. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. Rio de Janeiro, vol. 48, 1982 p.28.

AQUINO, M. H. G.; GUTIERREZ, R. H. Aspectos relevantes das normas de gestão ambiental e responsabilidade social para a tomada de decisão. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, vol. 8, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CNEG, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10151 - Acústica: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9653 – Detonação: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. NRM 16 – Operações Com Explosivos e Acessórios**. Rio de Janeiro, 2005.5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 14001 - Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004. 35 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental – Especificações e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro, 1996.4 p.

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

BAPTISTA, C. F. A. **Caracterização e avaliação dos impactos ambientais na lavra de rochas calcárias estudo de caso mina do Mangueirão Dagoberto Barcellos S/A Caçapava do Sul RS**. Dissertação (Mestrado profissional em Mestrado Profissional em Tecnologia Mineral) - Universidade Federal do Pampa, 2013, 85.

BARCELLOS, D. **Implementação de Sistema de Gestão Integrada a partir da ISO 9001: um estudo de caso para indústria de mineração**. 2015. Dissertação (Mestrado profissional em Mestrado Profissional em Tecnologia Mineral) - Universidade Federal do Pampa, 2015, 82 p.

BAUMBACH, M. O. **Análise da estratégia ambiental de minerações de pequeno porte da microrregião de Ouro Preto sob a ótica da ISO 1400:2004.** 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2964/1/DISSERTA%C3%87%>>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

BHANDARI; S. **Engineering Rock Blasting Operations.** Rotherdam, Netherlands: A. A. Balkema, 1997. 375 p.

BOLLINGER, G. A. **Blast Vibration Analysis.** Southern Illinois University Press, U.S.A, 1980. 131 p.

BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental.** 2. ed. São Paulo: Editora Afiliada, 2005. 318 p.

BRITANITE INDÚSTRIAS QUÍMICAS. **Catálogo de produtos.** Disponível em: <<http://www.britanite.com.br/?p=produtos&Abrir=10>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

CABRAL, M. F. F. et al. **Estudo dos mecanismos de geração de ruído de tráfego na interface pneu-pavimento.** Transportes, v. 22, n. 1, 2014, 1-20 p.

CAPELLI, A. et al. **Speed and attenuation of acoustic waves in snow: Laboratory. experiments and modeling with Biot's theory.** Journal of South American Earth Sciences, n. 125, p. 11. 2016.

CHAIB, E. B. D'Á. **Proposta para implementação de Sistema De Gestão Integrada de Meio Ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica.** Dissertação de mestrado (Ciências em Planejamento Energético). Rio de Janeiro, RJ, 2005, 138 p.

CHIAPPETTA, R. F.; MAMMELE, M. E. **Analytical high speed photography to evaluate air decks, stemming retention and gross motion studies.** First High Tech Seminar State of the Art Blasting Technology Instrumentation and Explosives Applications, Orlando, Florida, 1989.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Ministério de Minas e Energia. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** Cachoeira do Sul, Folha SH.22-Y-A. In: PORCHER, C. A.; LOPES, R. C. (Org.). Estado do Rio de Grande do Sul. Brasília, 2000.

COUTINHO, M. M. **Uso de medidas biológicas na mitigação dos impactos ambientais da mineração de brita no Estado do RJ.** Seropédica, 2013, 52p. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DALLORA NETO & FERREIRA, C.; G.C. **Controle de vibrações geradas por desmonte de rocha com explosivos. Estudo de caso: calcário Cruzeiro, Limeira (SP).** **Revista Geociências**, São Paulo, Rio Claro, v. 25, n. 4, p. 455-466, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/106809>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

DALLORA NETO, C. D. **Análise das vibrações resultantes do desmonte de rocha em mineração de calcário e argilito posicionada junto à área urbana de Limeira (SP) e sua aplicação para a minimização de impactos ambientais.** 2004. 99 f. Dissertação de Mestrado – Geociências, UNESP, São Paulo, Rio Claro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Tratamento ambiental acústico das áreas lindeiras da faixa de domínio. Vigário Geral**, Rio de Janeiro, 2006, 8 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Normas Reguladoras de Mineração – NRM - 16** - Portaria Nº. 237, de 18 de outubro de 2001- Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00000806.pdf>>. Acesso em 10 jul 2016.

DORNELES, F. T. **Controle e Previsão de Vibrações e Ruídos Gerados Por Desmonte de Rochas Com Explosivos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa Caçapava do Sul, 2013.

DOWDING, C.H. **Blast Vibration Monitoring and Control.** Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1985, USA, 297 p.

EPA. Environmental Protection Agency. **Environmental management systems – Your business advantage.** 2002. Disponível em:< http://www.epa.gov/ems/docs/resources/ems_business.pdf > Acesso em: 07 jun. 2016.

FARHAD, F.; MOHAMMAD, A. E. F.; HAMID, M. Simultaneous investigation of blast induced ground vibration and airblast effects on safety level of structures and human in surface blasting. **International Journal of Mining Science and Technology.** Kerman, Iran. Vol. 24, nº 5, 663–669 p. Set. 2014. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268614001232>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

FERNANDES, J. C. **Higiene do Trabalho – Acústica e Ruídos.** Bauru, São Paulo, 2002, 51 p. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica – UNESP - Campus de Bauru. Disponível em: < http://resgatebrasiliavirtual.com.br/moodle/file.php/1/E-book/Materiais_para_Download/Ruido/Apostila%2520de%2520Ruido%2520l.pdf>. Acesso em: 26 de jun. 2016.

FERREIRA, G. D.; NETO, C. D. Impactos Ambientais Associados ao Desmonte de Rocha com Explosivos. **Revista Geociências.** São Paulo, Rio Claro, v. 25, n. 4, 473 p., 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/106787>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

FERREIRA, L. C. **Análise dos impactos de vibrações e ruídos em estruturas próximas de áreas de lavra com desmonte de rocha com explosive.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul, 2015.

FONTANELI, G. **Diagnóstico e Modelos de Previsão de Níveis de Ruído e Vibração em Desmontes de Rochas com Explosivos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pampa. Caçapava do Sul, 2014.

FREITAS, C.G.L. et al. Habitação e meio ambiente – Abordagem integrada em empreendimentos de interesse social. **Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT)**, São Paulo, 2001. 227p. Disponível em: http://habitare.infohab.org.br/publicacao_colecao4.aspx. Acesso em: 06 jun. 2016.

GALIZA, A.C. et al. Geotecnia mineira de maciços rochosos fraturados para o controle da qualidade do desmonte. **Revista Ingenium da Ordem dos Engenheiros**. Lisboa, v. 46, n. 2, 80 p., 2011. Disponível em: <http://www.dgeg.pt/?cfl=15664>. Acesso em: 09 jun. 2016.

GOKHALE, B.V. **Rotary drilling and blasting in large surface mines**. Leiden, Netherlands: CCR Press / Balkema, 2011, 777 p.

GRANHA, G. S. P. **Limites e perspectivas de uma estratégia normativa: a adoção das normas ISO 14000 no setor de mineração**. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências, 1999, 136 p.

GRAVINA, M. G. P. O Processo de Certificação ISO 14001 **Estudo de Caso: a Usina Siderúrgica da Arcelormittal em Juiz de Fora – MG**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2008, 82 p.

GRIFFITHS, M.J.; OATES, J.A.H. **The propagation of sound from quarry blasting**. **Journal of South American Earth Sciences**, Vol. 60, n. 3, p. 359-370. 1978. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X7880114X>. Acesso em: 25 jun 2016.

HAJIHASSANI, M. et al. **Prediction of airblast-overpressure induced by blasting using a hybrid artificial neural network and particle swarm optimization**. **Applied Acoustics**. Johor, Malaysia. Vol. 80, June 2014, 57–67 p. Fev. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14000061>. Acesso em: 13 jun. 2016.

HANSON, D. I., JAMES, R. S., NESMITH, C. **Tire/pavement noise study**. Auburn: **NCAT - National Center for Asphalt Technology**. 2004, 49 p.

HASSEGAWA, B. K. F. **Gerenciamento ambiental em estações de tratamento de água de médio porte: elaboração de um instrumento de análise ambiental e operacional com base na NBR ISO 14001:2004**. 2007. 441 f. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 14001. Environmental management systems: requirements with guidance for use.** ISBN 978-92-67-10648-9. 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **ISO 14000. Environmental management: the iso 14000 family of international standards.** ISBN 978-92-67-10500-0. 2009.

KONYA, C. J. **Blast Design.** Intercontinental Development, Montville, USA, 1995, 246 p.

KONYA, C.J. & WALTER, E.J. **Rock Blasting and Overbreak Control.** FHWA Report – FHWA-HI-92-001, USA, 1991, 434 p.

KOPPE J.C. et al. Monitoramento Geofísico de Desmonte de Rocha com Utilização de Explosivos em Condições de Risco Elevado em Zona Urbana. **Revista Escola de Minas.** Ouro Preto, v. 54, n. 4, 280 p., 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672001000400007>> . Acesso em: 09 jun. 2016.

KUZU, C.; FISNE, A.; ERCELEB, S.G. **Operational and geological parameters in the assessing blast induced airblast-overpressure in quarries.** **Applied Acoustics.** Istanbul, Turkey. Vol. 70, nº 3, 404-411 p. Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X08001424>. > Acesso em: 14 jun. 2016.

MCKENZIE, C. **Quarry blast monitoring: technical and environmental perspective.** Quarry management, 1993, 29 p.

MOREIRA, M. S. **Estratégia e implantação do Sistema de Gestão Ambiental (modelo ISO 14000).** Belo Horizonte: Ed. de desenvolvimento gerencial. 2006. 286p.

MOREIRA, C. A.; OLIVEIRA, M. T. DE.; SILVA, A. C. DA. **Estudo geofísico em aterro controlado disposto sobre rochas fraturadas.** *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 180-190, 2011.

OLIVEIRA, O. J.; PINHEIRO, S. R. M. S. **Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas.** São Carlos, São Paulo. Vol. 17, n. 1, 61 p. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n1/v17n1a05>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

OLOFSSON, S. O. **Applied explosives technology for construction and mining.** 2º Ed. Årila: APPLEX, 1990, 304 p.

PERSSON, P. A; HOLMBERG, R.; LEE, J. R.; **Blasting and explosives Engineering.** Boca Raton. Florida: CCR Press, 1994, 531 p.

PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO, 2004. **Plano diretor de desenvolvimento do PONTES & SILVA, J. C.; V.P. Desmonte com estratégias de produção mais limpa: uma colaboração para a saúde e bem-estar do trabalhador e populações circunvizinhas.** Poços de Caldas, Minas Gerais, 2015, 8 p.

PONTES, J. C.; FARIAS, M. S. S.; LIMA, V. L. A. Importância da aplicação do modelo de gestão ambiental no desmonte de rocha. **Polêmica Revista Eletrônica**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, 13 p., abril/jun. 2013. Disponível em:< <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6432/4858>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

RATCLIFF, J.; SHEEHAN, E.; CARTE, K. **Predictability of airblast at surface coal mines in West Virginia**. West Virginia: Department of Environmental Protection Office of Explosives and Blasting. 2011, 23 p.

REMUS, M.V.D. et al. **The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brazilian Cycle in southern Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, v.13, p. 191-216. 2000.

RIBEIRO, J. T. M. **Monitoramento da vibração causada por detonações em mina subterrânea de carvão (mina trevo – siderópolis, sc) como subsídio ao estabelecimento de uma política de relacionamento com a comunidade do entorno da mineração**. 2013. 77f. Dissertação de Mestrado – Pós Graduação em Geociências, São Paulo, Rio Claro, 2013.

RICHARDS, A. B.; MOORE, A. J. **Blast vibration course: measurement, assessment, control**. Terrock Consulting Engineers (Terrock Pty Ltd). Australia, 2012, 87 p.

RICHART, F. E.; HALL, J.R.; WOODS, R. D. **Vibration of soils and foundations**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1970, 406 p.

RODRIGUES, A. J. da C. **Barreiras acústicas, uma solução para controlar o ruído em meio urbano**. 2013. 95 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade do minho, Portugal, Uminho, 2013.

RODRIGUEZ, R.; TORAÑO, J.; MENÉNDEZ, M. Prediction of the airblast wave effects near a tunnel advanced by drilling and blasting. **Tunnelling and Underground Space Technology**. Oviedo, Spain. Vol. 22, nº 3, 241–51 p. Maio 2007. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779806000988>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul:variabilidade, tendências e tipologia**. 2011, 253 p. Tese de Mestrado (Instituto de Geociências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2011.

RS, SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO e EMBRAPA-CNPT. Macrozoneamento agroecológico e econômico. Porto Alegre: Coordenadoria Estadual de Planejamento Agrícola, 1994, 57p.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. Luis Enrique Sánchez – São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, A. B. **ISO 14001 Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica**. 2015. 47 f. Artigo Científico (Graduação em Administração) - Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Cacoal, Rondônia, 2015. Disponível em: <<http://ri.unir.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/887/GRAVAR%20EM%20CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

SANTOS, A. P. S. **Estudo da eficácia na redução do ruído de tráfego em pavimentos drenantes**. 2007. 246 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2007.

SANTOS, U. P.; SANTOS, M. P. **Exposição a ruído: efeitos na saúde e como prevení-los**. São Paulo: Cadernos de Saúde do Trabalhador, 2000, 29 p. Disponível em: <http://www.cerest.piracicaba.sp.gov.br/site/images/caderno7_ruído.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Certificações**. CDU: 502.131.1, 2012, 24 p.

SEGARRA, P. et al. Prediction of near field overpressure from quarry blasting. **Applied Acoustics**. Madrid, Spain. Vol. 71, nº 12, 1169–1176 p. Dez. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X10001726> .> Acesso em: 18 jun. 2016.

SEN, G.C. **Blasting technology for mining and civil engineers**. Sydney:UNSW Press, 1995. 146 p.

SILVA, J. P. S. Impactos Ambientais Causados por Mineração. **Revista Espaço da Sophia**. nº. 8, Nov. 2007. Disponível em: <<http://www.registro.unesp.br/sites/museu/basededados/arquivos/00000429.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SILVA, L. A. A. **Estudo da efetividade de barreiras de amortecimento no controle de vibrações geradas pelo desmonte com explosivos em mina de carvão à céu aberto**. 2005. 141 f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, UFRGS, RS, Porto Alegre, 2005.

SILVA, M. R. **Poluição sonora urbana: estudo de Caso na Cidade de Paulínia-SP entorno da mineradora denominada Galvani Mineração e Participações Ltda**. Campinas, 2013, 52 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade São Francisco.

SOUZA, et al. **Tecnologia mineral sob a perspectiva ambiental e da sustentabilidade**. Programa de Pós-graduação em Tecnologia Mineral , PPGTM – Unipampa, Caçapava do Sul, RS, 2013, 369 p.

SUGIYAMA, Y. et al. Numerical simulations on the attenuation effect of a barrier material on a blast wave. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**. Toyama, Japan. Vol. 32, 135 -143p. Nov. 2014. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001399>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

VILHENA, A.; POLITI, E.; **Reduzindo, reutilizando, reciclando: a indústria ecoeficiente.** São Paulo: CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2000, 83 p.