

# **SALOBO METAIS S.A.**

**MARABÁ - PA**

**PLANO DE CONTROLE  
AMBIENTAL - PCA**

***PROGRAMA H - CONTROLE DAS  
EMISSÕES DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES***

***DOCUMENTO 15/23***

---

**ABRIL DE 2003**

### EMPRESA RESPONSÁVEL POR ESTE RELATÓRIO

<b>Razão social:</b> BRANDT MEIO AMBIENTE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.		<b>http:</b> www.brandt.com.br
<b>CNPJ:</b> 71.061.162/0001-88		<b>Presidente:</b> Wilfred Brandt
<b>Nova Lima / MG</b> - Alameda da Serra, 322 - 6º and. - Vale do Sereno - 34.000.000 - Nova Lima - MG - Tel 0 (**) 31 3281 2258 Fax 0 (**) 31 3286 7999 - <a href="mailto:bmaics@brandt.com.br">bmaics@brandt.com.br</a>		
<b>São Paulo / SP</b> - BMASP / Arquipélago Engenharia Ambiental - Rua Morais de Barros 375 - Campo Belo - São Paulo - SP - CEP 04614-000 - Fone/Fax (011) 5094 - 0494 - <a href="mailto:bmasp@brandt.com.br">bmasp@brandt.com.br</a>		
<b>Belém / PA</b> - BMAPA - Distrito Industrial de Ananindeua, Lote L-47, Quadra E, Setor T, Ananindeua - PA - CEP 67.033 - 000 - Tel: (091) 2236640 - <a href="mailto:bmapa@brandt.com.br">bmapa@brandt.com.br</a>		

### EQUIPE TÉCNICA DA BRANDT MEIO AMBIENTE

ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
TÉCNICO	FORMAÇÃO / REGISTRO PROF.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO
Marcelo Corrêa	Eng. de Minas CREA MG 34.225/D	Gerência de projetos.
Marcílio Felício Pereira	Engº Civil / Geotécnico CREA MG 46.006/D	Coordenação, integração do documento.
Hélio Martins de Abreu Filho	Eng. De Minas CREA MG 33.865/D	Elaboração do documento.
Allan Brandt	Analista de Sistemas	Geoprocessamento e tratamento de imagens de satélite
PRODUÇÃO GRÁFICA	Eli Lemos - gerenciamento de produção Eduardo Henrique - assistente de informação Paulo Mendonça - CAD Alexandre Costa - montagem	

### EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO

<b>Razão social:</b> Salobo Metais S.A.	<b>Telefone:</b> (021) 2220-2225
<b>CNPJ:</b> 33.931.478/0001-94	<b>Fax:</b> (021) 2533-6539
<b>Endereço:</b> Rua Santa Luzia, 651 - 17º andar. CEP: 20.030-040. Rio de Janeiro - RJ	<b>Coordenador:</b> Eng. Abraham A. Aben-Athar

## ÍNDICES

### ***Itens***

---

INTRODUÇÃO .....	1
1 - APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA .....	3
1.1 - Justificativas .....	3
1.2 - Objetivos .....	3
1.3 - Metas .....	3
1.4 - Indicadores ambientais .....	3
1.5 - Público alvo .....	3
1.6 - Metodologia .....	4
1.7 - Instituições envolvidas .....	4
1.8 - Programas correlatos .....	4
1.9 - Atendimento a requisitos legais para sua implantação .....	4
2 - Descrição do programa .....	5
2.1 - Identificação das fontes de emissão de ruídos e vibrações .....	5
2.1.1 - Fase de implantação .....	5
2.1.2 - Fase de operação .....	7
2.2 - Revisão de normas e padrões .....	9
2.2.1 - Ruídos .....	9
2.2.2 - Vibrações .....	12
2.3 - Análise das características geo-fisiográficas .....	13
2.3.1 - Geologia .....	14
2.3.2 - Relevo .....	15
2.3.3 - Clima .....	15
2.3.4 - Vegetação .....	16
2.4 - Estimativa das emissões de ruídos .....	16
2.4.1 - Fase de implantação .....	16
2.4.2 - Fase de operação .....	17
2.5 - Estimativa das emissões de Vibrações .....	20
2.5.1 - Adequação do plano de fogo .....	20
2.5.2 - Análise do plano de fogo .....	23
3 - ATIVIDADES .....	28
3.1 - Medidas de prevenção e mitigação .....	28
3.2 - Medidas de controle dos níveis de ruídos e vibrações .....	28
3.3 - Localização dos pontos de monitoramento .....	29
4 - CRONOGRAMA .....	31
5 - EQUIPE TÉCNICA .....	32
6 - BIBLIOGRAFIA .....	33
ANEXOS .....	34
ANEXO 1 - DESENHOS .....	35

## **Quadros**

---

QUADRO 2.1 - Tabela dos equipamentos da lavra e auxiliares.....	7
QUADRO 2.2 - Equipamentos da usina de beneficiamento.....	8
QUADRO 2.3 - Correção do critério básico para os diferentes períodos .....	10
QUADRO 2.4 - Correção do critério básico para uso residencial em diferentes zonas.....	10
QUADRO 2.5 - Nível de Critério(NC) para a vizinhança do empreendimento, em dB(A) .....	10
QUADRO 2.6 - Resposta estimada da comunidade ao Ruído.....	11
QUADRO 2.7 - Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A) .....	11
QUADRO 2.8 - Classificação dos Xistos do Salobo 3 Alfa.....	14
QUADRO 2.9 - Características Físicas das Rochas .....	14
QUADRO 2.10 - Obras de Terraplenagem com Equipamentos grandes.....	17
QUADRO 2.11 - Escavações para Implantação das Obras de Infraestrutura.....	17
QUADRO 2.12 - Cravação de estacas para fundação de edificações e equipamentos.....	17
QUADRO 2.13 - Estimativa do nível de pressão sonora - Frente de lavra.....	18
QUADRO 2.14 - Estimativa do nível de pressão sonora da usina .....	19
QUADRO 2.15 - Plano de fogo para a pré-produção e anos consecutivos.....	22
QUADRO 2.16 - Velocidade de vibração da partícula resultante .....	25
QUADRO 2.17 - Impactos associados à velocidade da partícula .....	25
QUADRO 2.18 - Variação da sobrepressão acústica.....	26
QUADRO 3.1 - Pontos de monitoramento de ruídos.....	29
QUADRO 3.2 - Pontos de monitoramento de vibrações e sobrepressão acústica .....	30

## **Figuras**

---

FIGURA 1 - Localização do Projeto Salobo .....	2
FIGURA 2.1 - Carregamento do furo com explosivos .....	23

## INTRODUÇÃO

A Salobo Metais S.A. (SMSA) é uma empresa constituída em 05/11/1996, resultante da transformação da Salobo Metais Ltda. em sociedade anônima, cujo controle é detido, direta e indiretamente pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), tendo o BNDES uma opção de participação acionária, na forma de ações preferenciais sem direito a voto, nos termos do Acordo de Participação, firmado em 05/11/96.

A sede da SMSA está localizada na cidade do Rio de Janeiro - RJ, cujo endereço e meios de contato estão indicados na contracapa deste documento.

O objetivo da SMSA, nos termos do artigo 3º do Estatuto Social é o aproveitamento de jazidas minerais no território nacional, e em especial a jazida de Salobo, situada na Serra dos Carajás, distrito e município de Marabá, Estado do Pará, objeto da Portaria de Lavra nº 1121, de 14/07/87, compreendendo a lavra, beneficiamento, fundição, refino, transporte e comercialização de cobre, ouro e seus subprodutos.

O início de operação do empreendimento está previsto para junho de 2008.

O depósito mineral do Projeto Salobo está inserido na **Floresta Nacional Tapirapé-Aquiri**, que apresenta uma vegetação típica amazônica com interferências humanas pontuais. A figura 1 mostra a localização da mina, os limites municipais e das unidades de conservação locais, indicando os principais acessos.

O presente documento que passa a fazer parte integrante do processo de licenciamento para obtenção da Licença de Instalação requerida pela Salobo Metais S.A. tem por finalidade atender ao Programa H - Controle das Emissões de Ruídos e Vibrações, da condicionante 11 da sua Licença Prévia no 33/94, expedida pelo **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA**, que diz: Apresentar Plano de Controle Ambiental - PCA, abordando os programas propostos no EIA/RIMA, considerando-se o dimensionamento atual do empreendimento.

De forma que não ocorram atrasos no cronograma de implantação do empreendimento, apresentado pela SMSA ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, no Plano de Aproveitamento Econômico – PAE, torna-se necessário iniciar já no segundo semestre de 2003, algumas obras preliminares de infra-estrutura, relacionadas a seguir: 1) construção da ponte sobre o rio Itacaiúnas, visando facilitar o acesso à Floresta Nacional Tapirapé-Aquiri; 2) construção da barragem de contenção de finos BF II no Igarapé Salobo, que tem finalidade ambiental e objetiva reter sólidos provenientes de atividades relacionadas à mineração; 3) obras de terraplenagem, drenagem e urbanização da área destinada aos alojamentos das empreiteiras a serem contratadas.

Estas obras serão também apresentadas, detalhadamente, em separado visando buscar prioridade na análise de sua documentação pelo IBAMA, podendo, inclusive, ser objeto de licenciamento específico.

## **FIGURA 1 - Localização do Projeto Salobo**

**FIGURA 1 - Mapa de localização A4.PDF**

# **1 - APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA**

## **1.1 - Justificativas**

As atividades de mineração incluem operações como o desmonte de maciços rochosos por explosivos, a britagem de minério, a perfuração em rocha, a carga e transporte com equipamentos de grande porte, dentre outras, que são capazes de grandes impactos sobre os níveis de ruídos e vibrações.

Como o empreendimento será operado de modo ininterrupto, com equipes de trabalho se alternando em turnos de 12 horas, e a emissão de ruídos e vibrações tem implicações diretas sobre a segurança do trabalho e a higiene ocupacional, além de impactos sobre a fauna, pretende-se através deste programa apresentar as medidas necessárias, e os estudos que as determinaram, ao controle, mitigação e monitoramento destas emissões.

## **1.2 - Objetivos**

Este Programa tem como objetivo final garantir que os níveis de emissão de ruído e vibrações em decorrência da implantação e operação do empreendimento causem o menor impacto possível ao seu entorno, preservando a saúde dos trabalhadores e o meio ambiente.

Para consecução deste objetivo, o desenvolvimento do Programa impõe a superação de objetivos intermediários como a identificação das fontes geradoras nas diversas fases do empreendimento, a estimativa dos níveis de ruídos e vibrações que serão produzidos, e a definição das medidas necessárias para controle e mitigação dos impactos das emissões de ruídos e vibrações.

## **1.3 - Metas**

Apresentar as medidas de mitigação, controle e monitoramento necessárias, em suas características e parâmetros, para garantir que o nível de ruídos e vibrações não ultrapassem os limites aceitáveis estabelecidos pela legislação aplicável.

## **1.4 - Indicadores ambientais**

Os indicadores ambientais serão os níveis de ruídos e vibrações, nos locais em que possam causar incômodos aos seres humanos.

## **1.5 - Público alvo**

O público-alvo deste programa são os trabalhadores do Projeto Salobo, principalmente no que se refere ao conforto daqueles em período de descanso, em alojamentos, refeitórios e áreas de lazer. Não se prevê alterações em relação a pessoas situadas em áreas externas à FLONA pois a distância de núcleos habitacionais ou fazendas é superior a 10 km.

## **1.6 - Metodologia**

- Identificação das fontes de emissão de ruídos, vibrações e sobre-pressões acústicas, para as fases de implantação e operação do empreendimento.
- Identificação e análise das características geo-fisiográficas que influenciam a propagação de ruídos e vibrações.
- Revisão das normas e padrões legais aplicáveis.
- Quantificação das emissões de ruídos a partir de dados fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos e o decaimento com o aumento da distância da fonte geradora.
- Adequação e análise do Plano de Fogo, incluindo quantificação da intensidade de vibrações para diversas distâncias da fonte geradora.
- Comparação dos valores obtidos com os limites recomendados pela legislação aplicável.
- Discriminação das medidas preventivas e mitigadoras necessárias.
- Definição da técnica, procedimentos e locais de monitoramento dos indicadores ambientais.

## **1.7 - Instituições envolvidas**

A implementação deste programa não requer o envolvimento de instituições externas.

## **1.8 - Programas correlatos**

- Programa de Controle de Emissões Atmosféricas.
- Programa de Controle de Emergências Ambientais.
- Programa de Controle Nosológico.
- Programa de Monitoramento Ambiental.

## **1.9 - Atendimento a requisitos legais para sua implantação**

Não existem restrições legais à implementação deste programa.



## 2 - DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Os ruídos de um empreendimento mineiro podem ser classificados segundo as distâncias de apreensão, sendo que alguns foram definidos na Norma NBR - 7731/1983:

- ruído na fonte: o ruído de cada equipamento ou operação é considerado separadamente e supostamente localizado em campo livre, isto é, sem a presença de qualquer obstáculo na proximidade. Nesta distância, menor que algumas dezenas de metros, são identificadas as características sonoras intrínsecas dos equipamentos, independentemente dos efeitos da vizinhança;
- ruído em campo livre: é o campo acústico que se encontra numa área distante das superfícies refletoras de modo que as mesmas exerçam efeito desprezível sobre a região de interesse. Num campo livre, o nível sonoro(NPS) cai de 6 dB cada vez que a distância à fonte sonora for dobrada.
- ruído em campo próximo: cada equipamento ou material é localizado dentro de um ambiente próximo, que pode modificar as suas características acústicas. Este é o nível de apreensão da ordem de dezenas a algumas centenas de metros. Em relação a um campo livre, este nível sonoro pode ser aumentado pela presença de paredes refletoras próximas ao equipamento ou, ao contrário, atenuada pela presença de obstáculos naturais ou artificiais entre a fonte e o receptor;
- ruído em campo distante: as características acústicas são essencialmente ligadas aos equipamentos, operação e a própria organização do espaço das instalações industriais, o ruído em campo distante, isto é, a centenas de metros da fonte, é dependente de outros fatores suplementares. Estes fatores são principalmente os fenômenos meteorológicos, em particular, a direção e a velocidade do vento, a variação vertical da temperatura, a absorção do ruído pelo solo, vegetação e a topografia do terreno.

Existirão as seguintes fontes de ruído durante as fases de implantação e operação da mina:

- Fontes fixas: ex.: Usina ou Unidade de Tratamento de Minérios, Oficina de Manutenção.
- Fontes semi-móveis: ex.: Perfuratrizes, Escavadeiras Hidráulicas e a Cabo;
- Fontes móveis: ex.: Pás-Carregadeiras, Caminhões Fora de Estrada, Caminhões Basculantes, Motoscrapers, Motoniveladoras, Tratores de pneus, Tratores de esteiras e outros veículos.

### 2.1 - Identificação das fontes de emissão de ruídos e vibrações

#### 2.1.1 - Fase de implantação

Corresponde à etapa de desenvolvimento de mina, que tem como objetivo principal a preparação para o primeiro ano de produção. Compreenderá as seguintes atividades:

- desmatamento de 514.000 m<sup>2</sup> necessários para início da lavra, abertura de estradas e disposição de estéril;

- construção de estradas de acesso, sendo 3500 m com largura de 30 m e 4.100 m com largura de 8m;
- limpeza de área e terraplenagem para implantação de Unidade de Tratamento de Minério;
- construção da Unidade de Tratamento de Minério;
- decapeamento de estéril necessário para exposição do minério, correspondente a 6 meses de operação;
- pré-produção de minério.

As rochas a serem lavradas no decapeamento e pré-produção, serão:

- minério sulfetado com um teor médio de 1,04% Cu;
- rochas oxidadas;
- estéril (rocha sã e transição).

As atividades de desenvolvimento da mina foram programadas para serem realizadas em 2 anos. Nesta fase serão usados os seguintes equipamentos pelas empreiteiras:

- tratores de esteiras;
- tratores de pneus;
- motoniveladora;
- pá carregadeira;
- escavadeiras;
- motoscrapers;
- compactadores;
- compressores de ar;
- perfuratrizes
- guindastes
- caminhões betoneira
- caminhão pipa
- caminhão lubrificador.

Estes equipamentos são usuais em obras civis e já têm suas características de fábrica ajustadas de acordo com as normas vigentes, desde que mantidos adequadamente.

### ***Fontes de Emissão de Ruído***

As fontes de emissão de ruídos caracterizadas nesta fase de implantação do Projeto Salobo, com obras e montagens industriais podem ser sintetizadas em:

- funcionamento de equipamentos móveis acionados por motores diesel, utilizados na terraplenagem da estrada e da área industrial, na montagem industrial e no decapeamento da mina;
- desmonte de rocha na operação de decapeamento da mina, abertura de estrada, acessos internos e área industrial.

## Fontes de Emissão de Vibrações

A emissão de vibrações ocorrerá quando forem necessárias operações de desmonte de rochas por explosivos.

### 2.1.2 - Fase de operação

As fontes de emissão de ruído na etapa de operação estarão situadas na área das frentes de lavra e da cava, na unidade de beneficiamento de minérios, na oficina de manutenção central e na estrada de acesso ao Projeto Salobo.

### Na Área da Mina

As fontes de emissão de ruído na área da mina, são representadas por:

- perfuratrizes executando furos na frente de lavra e dentro da cava;
- detonações primárias com explosivos na frente de lavra e dentro da cava;
- acionamento dos motores diesel e elétricos das máquinas móveis utilizadas na escavação, carga e transporte do minério e estéril;
- funcionamento da britagem primária;
- execução do desmonte secundário com rompedor hidráulico de matacões remanescentes do desmonte primário por explosivos;
- funcionamento de bombas elétricas para drenagem de água da cava.

Os principais equipamentos a serem operados na mina são:

**QUADRO 2.1 - Tabela dos equipamentos da lavra e auxiliares**

EQUIPAMENTO	MODELO	CAPACIDADE	Nº DE UNIDADES/ANO						
			PP*	1º	2º	3º	4º	5º	
LAVRA	Perfuratriz Rotativa Elétrica	BE-49 RIII	φfuro 9" a 16"	1	4	7	6	8	8
	Escavadeira Elétrica a cabo	BE-495 BII	72 t	0	2	2	2	2	2
	Escavadeira Elétrica hidráulica	PC-8000	59 t	2	2	2	2	2	2
	Pá Carregadeira sobre Pneus	L-1850	45 t	1	1	0	1	1	1
	Caminhão Fora de Estrada	CAT-793B	231 t	11	17	17	22	27	32
AUXILIAR	Trator sobre Esteira	CAT-D11R	100 t	3	5	5	6	6	6
	Trator sobre Pneus	CAT-824G	27 t	2	3	3	3	3	3
		CAT-834G	46 t						
	Caminhão Lubrificador		20.000 litros	1	2	2	2	2	3
	Caminhão Pipa		40 t	2	3	3	3	3	4
	Pá Carregadeira sobre Pneus	CAT-994	21 m³	1	1	1	1	1	1
	Rompedor Hidráulico		440 Hp	1	1	1	1	1	1
Motoniveladora	CAT-16H	25 t	2	3	3	3	4	5	

\*PP - Ano de Pré Produção

Estes equipamentos trabalharão ora isoladamente, ora em conjunto nas frentes de lavra a serem abertas.

### **Na área da Usina de beneficiamento de minérios**

Nesta unidade, a fonte de emissão de ruído é proveniente do funcionamento dos equipamentos mecânicos e de processo que fragmentam, classificam, cominuem, manuseiam e concentram o minério sob a forma de uma polpa aquosa.

O acionamento desses equipamentos é feito através de motores elétricos, seguidos geralmente de um acoplamento hidráulico ou mecânico. Dentre outros, destacam-se:

#### **QUADRO 2.2 - Equipamentos da usina de beneficiamento**

<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>MODELO</b>	<b>Nº DE UNIDADES</b>
Britador Giratório modelo	60" x 89"	1
Transportador de Correia (móvel)		1
Alimentador de Correia		4
Moinho Autógeno (AG) com 17.000 kW	Ø12,2 m.x 6,1 m	1
Moinho de Bolas m. com 10.400 kW	Ø 7,3 m. x 10,5	2
Peneira Vibratória. com 02 decks	7,3 m. x 3,0 m	2
Rebritador Cônico modelo	MP 1000	3
Alimentador de Correia		3
Célula de Flotação tipo "rougher"	Célula	8
Célula de Flotação tipo "scavenger-rougher"	Célula	32
Coluna de Flotação "cleaner"	Célula	14
Moinho de Bolas com 5.590 kW	Ø 6,1 m x 9,3 m.	2
Moinho Vertical com 750 kW	Vertimill	1

Foram ainda identificadas outras fontes de ruído na área industrial do Salobo:

- funcionamento de compressores de ar;
- funcionamento de bombas elétricas para captação d'água industrial na área da barragem de rejeito;
- manuseio de chapas e estruturas metálicas na área de caldeiraria e solda da oficina de manutenção central;
- trânsito de equipamentos, veículos e máquinas nos acessos internos;
- funcionamento de motores diesel e elétrico das máquinas necessárias à manutenção dos equipamentos, nas áreas de almoxarifado, oficina elétrica, oficina hidráulica e de instrumentação e boxes de manutenção.

A principal fonte de emissão de ruído na estrada de acesso à Carajás será o trânsito de veículos. Durante a fase de operação o tráfego será de pequena intensidade e majoritariamente de veículos de pequeno porte, pois o produto será transportado via mineroduto. Para a fase de implantação, todos os insumos e equipamentos serão transportados pela rodovia pavimentada de ligação entre o Projeto Salobo e Carajás.

## ***Na Produção***

Inicialmente teremos um período de Pré-Produção, quando haverá um número menor de equipamentos em operação e ocorrerá uma parte do desenvolvimento da mina, havendo posteriormente um aumento na produção bruta nos anos consecutivos como também um aumento no número de equipamentos.

A capacidade nominal de produção bruta será de 24.000.000 t/ano de R.O.M. ("run-of-mine", medidas na base seca), que permitirão a produção de 896.000 t/ano de concentrado de cobre (medidas na base seca) com 22,7% de cobre, considerando um teor de 0,84% de cobre no R.O.M.

O transporte do concentrado de Salobo a Marabá será feito em dois estágios, o primeiro por mineroduto, de Salobo a Carajás, onde haverá uma instalação de recebimento, filtragem, estocagem e embarque, e o segundo por ferrovia, de Carajás a Marabá.

## **2.2 - Revisão de normas e padrões**

### **2.2.1 - Ruídos**

#### ***Resolução CONAMA nº 01 de 08/03/1990***

A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

- São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10152 - Níveis de Ruído para conforto acústico, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.
- A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho, obedecerão às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

#### ***Norma ABNT NBR 10.151/1987***

Esta norma, "Avaliação do Ruído em Áreas Habitada visando o conforto da Comunidade", fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído ambiental, especificando um método para a medição de ruído, aplicação de correções nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e uma comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta os vários fatores ambientais.

O critério básico de ruído externo é fixado em 45 dB(A). O nível-critério(NC) é dado a partir do critério básico, através da adição de correções para a hora do dia e para os diferentes tipos de zona, de acordo com a seguinte equação:

$NC = 45 + C_p + C_z$ , onde:

- $C_p$  - correção do critério básico para os diferentes períodos;
- $C_z$  - correção do critério básico para uso residencial em diferentes zonas.

Os quadros a seguir apresentam os valores destas correções.

#### QUADRO 2.3 - Correção do critério básico para os diferentes períodos

Período	$C_p$ (dB(A))
Diurno	0
Noturno	-5

#### QUADRO 2.4 - Correção do critério básico para uso residencial em diferentes zonas

Tipo de Zona	$C_z$ (dB(A))
Zona de Hospitais	0
Residencial Urbana	+10
Centro da Cidade	+20
Área Industrial	+25

Baseando-se na equação e nos fatores de correção, calcula-se o nível critério de ruído para a área industrial em função do período do dia, obtendo-se assim os valores apresentados no quadro abaixo para a vizinhança do empreendimento:

#### QUADRO 2.5 - Nível de Critério(NC) para a vizinhança do empreendimento, em dB(A)

Área	Período Diurno	Período Noturno
Vizinhança do Empreendimento (mina e área industrial)	70 dB(A)	65 dB(A)

O quadro 2.6 mostra uma estimativa da reação pública que pode ser esperada quando o nível sonoro corrigido ultrapassar o nível-critério(NC) em determinado valor.

### QUADRO 2.6 - Resposta estimada da comunidade ao Ruído

Valor em dB(A) pelo qual o nível sonoro corrigido ultrapassa o nível-critério	RESPOSTA ESTIMADA DA COMUNIDADE	
	Categoria	Descrição
0	Nenhuma	Não se observa reação
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
20	Muito Enérgicas	Ação comunitária vigorosa

#### Norma ABNT NBR 10.151/2000

É intitulada como "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento". Esta norma, que substitui a NBR 10.151/1987, fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído ambiental, independente da existência de reclamações, especificando um método para a medição de ruído, aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta os vários fatores.

A norma avalia no nível do ruído ambiente ( $L_{ra}$ ), que representa o nível de pressão sonora equivalente ponderado em "A, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

O nível corrigido ( $L_c$ ) para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais, que corresponde ao ruído ambiental, é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente,  $L_{aeq}$ .

O método de avaliação de ruído baseia-se na comparação entre o nível de pressão sonora corrigido ( $L_c$ ) e o nível de critério de avaliação (NCA), estabelecido conforme quadro seguinte.

#### QUADRO 2.7 - Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de Áreas	Diurno	Noturno
Áreas de Sítios e Fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, como vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

#### Norma ABNT NBR 10.152/1987

É intitulada como "Níveis de Ruído para Conforto Acústico" e equivale à reimpressão da NB-95/1987.

Esta norma fixa os níveis de ruído compatíveis como o conforto acústico em ambientes diversos.

O Nível de Pressão Sonora é dado pela expressão:

$$L_p = NPS = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)^2, \text{ em dB(A), onde:}$$

- P = valor eficaz da pressão, em pascal(Pa)
- P<sub>0</sub> = pressão sonora de referência = 2 x 10<sup>-5</sup>Pa

## 2.2.2 - Vibrações

### **Norma ABNT NBR 9653/1986**

É intitulada como “Guia para Avaliação dos Efeitos provocados pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas”.

Esta norma fixa a metodologia para reduzir riscos inerentes ao desmonte de rochas com uso de explosivos em minerações, estabelecendo parâmetros a um grau compatível com a tecnologia disponível para a segurança das populações vizinhas.

Esta norma se aplica somente às emissões de ruídos impulsivos, vibrações pelo terreno e ultra-lançamentos decorrentes do desmonte de rochas por explosivos.

É facultativa a aplicação desta Norma nas minerações localizadas em áreas não urbanas. Desde que a situação envolva riscos semelhantes, a Norma deve ser aplicada.

### **Distância Escalonada (DE)**

O valor algébrico é calculado pela fórmula:

$$DE = \frac{D}{\sqrt{Q}}$$

Onde:

- D = é a distância(em metros) na horizontal entre o ponto de medição e o ponto mais próximo da detonação;
- Q = é a carga máxima de explosivo(em quilogramas) a ser detonado por espera.

### **Nível de Pressão Acústica (Sobrepessão de Ar)**

O Nível de Pressão Acústica definido na NBR-7731/1983 e medido além da área de operação não deve ultrapassar o valor de 134 dB(L), o que corresponde a uma pressão acústica de pico de 100 Pa.



### **Velocidade de Vibração da Partícula Resultante (Vp)**

A Velocidade de Vibração da Partícula Resultante não deve ultrapassar o valor de 15 mm/s.

### **NRM-16 - Operações com explosivos e acessórios**

Esta norma reguladora de Mineração, foi aprovada pela Portaria nº237 de 18/10/2001, do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

Todas as operações envolvendo explosivos e acessórios devem observar as recomendações de segurança do fabricante, sem prejuízo do contido nas Normas Reguladoras de Mineração - NRM.

O monitoramento de vibrações no solo e o ruído no ar decorrentes de detonações deve ser realizado nas obras civis próximas ao local de detonação e manter-se dentro dos seguintes limites máximos:

velocidade de vibração de partícula: 15 mm/s - componente vertical;  
sobrepresão sonora: 128 dB(L).

Deve ser realizado estudo para o ajuste do plano de fogo de modo a atender aos limites citados no item anterior observando os seguintes critérios técnicos:

- determinação da relação empírica entre a velocidade de partícula e a distância escalonada;
- as distâncias graduadas são definidas pela função  $(D/Q^{1/2})$ ; onde D é a distância radial ao ponto de detonação e Q é o peso da carga máxima por espera;
- a velocidade de partícula máxima Vp é relacionada com a distância escalonada pela seguinte relação:

$$V_p = k \left( \frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-b}$$

Onde:

- Vp = velocidade de partícula de pico
- D = distância da detonação ao ponto de medição
- Q = carga máxima por espera (peso)
- k e b = fatores do local, estas constantes que devem ser determinadas por medições em cada local de desmonte em particular.

### **2.3 - Análise das características geo-fisiográficas**

Neste item são identificadas e descritas as características geo-fisiográficas que influenciam na avaliação dos ruídos e vibrações.

### 2.3.1 - Geologia

A Jazida do Salobo situa-se no interior de uma lente de rochas supracrustais pertencente ao Grupo Igarapé Salobo, intercalada com gnaisses do Complexo Xingu.

Os principais tipos petrográficos do Complexo Xingu afloram no Igarapé Salobo e ocorrem como faixas irregulares, subverticais e alongadas na direção N70°W, compreendendo gnaisses bandados trondhjemíticos a quartzo monzoníticos e passam para litotipos do Grupo Igarapé Salobo (a Sul) através de zonas de cisalhamento (Siqueira, 1990,1996).

O Grupo Igarapé Salobo (DOCEGEO, 1988; Siqueira, 1990; Costa e Siqueira, 1990; Costa et al., 1992) é formado por um conjunto vulcano-sedimentar com formações ferríferas associadas, encaixadas em gnaisses do Complexo Xingu. A seqüência supracrustal é complementada por quartzitos, clorita xistos e rochas quartzo-feldspáticas.

Vieira et al. (1988) reconheceram cinco agrupamentos litológicos (Xistos tipos 1 a 5) como os principais hospedeiros das mineralizações sulfetadas, que serão motivo dos trabalhos de lavra e beneficiamento.

A jazida se estende por 3100m na direção N 70°W com uma largura de 100 a 500m e inclinação de 84°SW. O projeto prevê a lavra dos 1700 metros centrais até uma profundidade de 300 metros abaixo do nível do mar ou aproximadamente 700 metros abaixo da elevação média do terreno.

#### QUADRO 2.8 - Classificação dos Xistos do Salobo 3 Alfa

LITOLOGIA	ESTRUTURA	TEOR MÉDIO DE COBRE
XISTOS X1	Maciça em geral (bandada eventual)	2,8% Cu
XISTOS X2	Isótropa a parcialmente foliada	0,5% Cu
XISTOS X3	Foliada/bandada	1,5% Cu
XISTOS X4	Foliada/bandada	0,5% Cu
XISTOS X5	Laminada, granulação fina	0,3% Cu

#### QUADRO 2.9 - Características Físicas das Rochas

LITOLOGIA	RQF*	quartzito	gnaisse	xisto
Classificação Geomecânica		Muito dura	Dura	Dura
Densidade (t/m³)	3,0	2,73	2,73	3,5
Resistência à compressão (MPa)	200	200	150	150
Módulo de elasticidade (MPa)	60.000	60.000	60.000	60.000
Resistência à tensão indireta (MPa)	17	20	14	18

\*RQF - Rocha Quartzo-Feldspato.

### 2.3.2 - Relevo

A área objeto de implantação do empreendimento caracteriza-se por possuir um relevo montanhoso, onde são comuns os elementos marcantes da paisagem constituídos por elevações que, em geral, tornam-se referências regionais.

O relevo de morros, embora pouco expressivo, ocorre na porção central da área em conjunto com o relevo colinoso, sendo caracterizado pela presença de morros com serras restritas, por vezes alongados e alinhados.

O relevo colinoso ocupa a região mais aplainada da área, dominando nas porções central e centro-oeste da área. A topografia não ultrapassa cotas de 300m, representada por colinas aplainadas de baixa declividade.

### 2.3.3 - Clima

O clima entre a região de Carajás e Conceição do Araguaia - PA pode ser classificado como quente e úmido - tipo Tropical/Equatorial - com seca de inverno (3 meses).

A temperatura média anual está em torno de 25,5°C. Já a temperatura máxima absoluta está em torno de 40°C. Os meses mais quentes são dezembro, janeiro e março. O mês de abril ainda é bastante quente, mas a partir de maio a temperatura média começa a decrescer nitidamente.

Tomando-se por base a média das máximas e mínimas diárias pode-se concluir que a média da amplitude térmica durante as 24h, em todo o ano, varia muito, por volta de 8 e 14°C. A variação da temperatura ambiente é a seguinte:

- média anual .....	24,6°C;
- mínima anual .....	12°C;
- máxima anual .....	40°C.

O vento é o ar em movimento horizontal, de importância fundamental na formação de diversas condições meteorológicas; ele mesmo é, por si, um fator meteorológico de importância, no caso da transmissão de ruídos e de sobrepressão acústica gerada por detonações.

Conforme informações do Setor Técnico da Salobo Metais, a direção do vento na região é bastante variável, predominando na:

Estação chuvosa: nordeste (43%) e sudoeste (29%), perfazendo um total de 72% do total das ocorrências nesta estação.

Estação seca predominam ventos de direção: nordeste (25,40%), sudeste (16%) e sudoeste (14,7%), com um total de 56% das ocorrências.

Os dados relativos ao regime dos ventos e que estão disponíveis para análise são da estação meteorológica de Carajás, com uma série histórica de observação de abril de 1982 a fevereiro de 1999. A velocidade média observada é de 1,86 m/s, sendo caracterizada como ventos fracos.

A quase ausência de ventos na região da Floresta Nacional de Carajás, ajuda a manter a umidade relativa do ar e conseqüentemente a diminuição da ocorrência de queimadas espontâneas na região.

### **2.3.4 - Vegetação**

As matas ocorrentes na área do Projeto Salobo, segundo as classificações mais recentes de Veloso et. al(1991) e Pires & Prance(1991), constituem a "Floresta Equatorial Ombrófila Aberta", típica de regiões sujeitas a alta precipitação.

Baseando-se na topografia da área da mina de Salobo e nas características estruturais da floresta observadas em campo, foram delimitadas quatro sub-tipologias da Floresta Equatorial Ombrófila Aberta:

- De terras baixas ou aluviões, com cipós e palmeiras - florestas localizadas ao longo dos rios e igarapés, com a influência das inundações até 170 metros de altitude;
- Submontana em relevo colinoso, com cipós e palmeiras - florestas localizadas em altitudes medianas (abaixo de 400 m), sobre relevo acidentado, ocorrendo entre 175 a 250/300 metros de altitude;
- Submontana em encostas íngremes, com cipós - florestas de encostas (áreas muito escarpadas), ocorrendo entre 250/300 e 500 metros de altitude;
- De transição submontana/montana nos platôs - localizada no topo das serras (platôs), entre 450 e 550 metros de altitude.

Na floresta de topo apresenta uma grande concentração de indivíduos na classe de 15-25 metros de altura. A tipologia que apresentou maior índice de árvores altas(indivíduos acima dos 25 metros de altura) foi a tipologia que se desenvolve sobre o relevo colinoso. Este mesmo relevo apresenta localmente maior densidade de cobertura do estrato arbóreo.

## **2.4 - Estimativa das emissões de ruídos**

### **2.4.1 - Fase de implantação**

#### ***Ruído nos Canteiros de Obras***

Os primeiros impactos sonoros a atingirem o entorno do empreendimento provêm do ruído gerado pelas obras para sua implantação. Este ruído depende da natureza e do estado dos equipamentos existentes no canteiro de obras e, evidentemente, da distância entre a fonte geradora e o receptor em questão.

A título de avaliação apresentamos alguns níveis de ruído de fontes móveis ocorrentes nas principais fases de operação do canteiro de obras: todas as indicações são dadas em dB(A). Estes resultam de medidas efetuadas em situações reais e podem ser considerados como base para avaliações. Nas tabelas a seguir apresentamos as operações, o nível de ruído de fundo imposto pela Norma ABNT, a distância do receptor e o decaimento do nível do ruído com o aumento da distância de recepção.

### QUADRO 2.10 - Obras de Terraplenagem com Equipamentos grandes

OPERAÇÕES	Distância da Fonte (m) ⇒	15	25 a 30	50 a 65	100	200	300
	Ruído de Fundo dB(A)	Ruído dB(A)					
Carga	40-45	83		79,5	78,5	75	
Descarga	40-45		66	60,5	52	47,5	44,0
Circulação das Máquinas	40-45	79	68,5	66,0	61	53	

### QUADRO 2.11 - Escavações para Implantação das Obras de Infraestrutura

OPERAÇÃO	Distância da Fonte (m) ⇒	25	50	100	200	300
	Ruído de Fundo dB(A)	Ruído dB(A)				
Escavação	40-45	75,5	65,5	60,5	50,5	46,5

### QUADRO 2.12 - Cravação de estacas para fundação de edificações e equipamentos

OPERAÇÃO	Distância da Fonte (m) ⇒	50	100	200	400
	Ruído de Fundo dB(A)	Ruído dB(A)			
Bate-Estacas	40-45	84,5	77,0	53,5	51,0

Tomando-se o nível-critério(NC) apresentado no quadro 6.3 para a vizinhança do empreendimento, referente a Norma ABNT NBR 10.151/1987, nota-se que para uma vizinhança localizada a mais de 200 metros de distância, os níveis de ruído apresentados não ultrapassam ao especificado na norma tanto para o período diurno como o para o noturno.

#### 2.4.2 - Fase de operação

##### *Ruído nas Frentes de Lavra*

O NPS TOTAL é obtido através da seguinte relação:

$$\text{NPS} = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 = 10^{\text{NPS}/10}, \text{ então } \text{NPS TOTAL} = \sum \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

Nas frentes de lavra trabalharão em conjunto os seguintes equipamentos representando fontes móveis e semi-móveis. Na tabela abaixo, tem-se a Estimativa do Decaimento do Nível de Pressão Sonora Total em função da Distância, considerando-se um ruído de fundo variando de 40 a 45 dB(A):

### QUADRO 2.13 - Estimativa do nível de pressão sonora - Frente de lavra

ESTIMATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA - NPS						
NA ÁREA DE LAVRA: EQUIPAMENTO	MODELO	FONTE	DISTÂNCIA DE ATENUAÇÃO (m)			
			16	256	512	1024
Perfuratriz Rotativa Elétrica	BE-49 RIII	Semi-móvel	107,4			
Escavadeira a Cabo	BE-495 BII	Semi-móvel	108,2			
Escavadeira Hidráulica Elétrica	PC-8000	Semi-móvel	100,0			
Caminhão Fora de Estrada	CAT- 793B	Móvel	86,0			
Pá Carregadeira	L- 1850	Móvel	85,0			
Pá Carregadeira	CAT- 994	Móvel	86,0			
Trator de Esteira	CAT- D11R	Móvel	93,0			
Trator de Pneus	CAT- 824G	Móvel	84,0			
Trator de Pneus	CAT- 834G	Móvel	83,0			
Caminhão Pipa		Móvel	86,0			
Caminhão Lubrificador		Móvel	90,0			
Motoniveladora	CAT- 16H	Móvel	82,3			
<b>DECAIMENTO DO NPS TOTAL COM A DISTÂNCIA (dB(A))</b>			<b>111,3</b>	<b>87,3</b>	<b>81,3</b>	<b>75,3</b>

Obs. Os NPS's apresentados na tabela acima foram fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos.

A operação de carga e transporte de R.O.M, será executada por máquinas e veículos, cujas especificações de fábrica já atendem aos padrões nacionais de emissão de ruído. Para que estas emissões se mantenham conforme especificação do fabricante, será feita a manutenção preventiva nos equipamentos para que estes estejam sempre devidamente regulados e com o sistema de escapamento em boas condições.

Na realização destes trabalhos, os equipamentos de grande porte a serem utilizados seguirão normas internacionais, possuindo cabines fechadas com isolamento acústico e ar condicionado, reduzindo o nível de ruído na fonte.

Normalmente, durante a execução dos trabalhos de lavra com estes equipamentos é implantada uma área de segurança de 80 metros para evitar o trânsito dos funcionários no local.

#### **Ruído na Usina de Beneficiamento**

O NPS TOTAL é obtido através da seguinte relação:

$$\text{NPS} = 10 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \Rightarrow \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 = 10^{\text{NPS}/10}, \text{ então } \text{NPS TOTAL} = \sum \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

Na unidade de beneficiamento trabalharão em conjunto os seguintes equipamentos representando fontes fixas, com exceção do Britador Giratório Primário que está localizado a 1300 m do conjunto da unidade. Na tabela abaixo, tem-se a Estimativa do Decaimento do Nível de Pressão Sonora em função da Distância, considerando-se um ruído de fundo variando de 40 a 45 dB(A):

**QUADRO 2.14 - Estimativa do nível de pressão sonora da usina**

<b>ESTIMATIVA DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA - NPS</b>							
<b>Na área da unidade de tratamento de minérios(UTM):</b>				<b>Distância de atenuação (m)</b>			
<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>MODELO</b>	<b>FONTE</b>	<b>NPS (dB(A))</b>	16	256	512	1024
<b>Britador Giratório Primário</b>	60" x 89"	Fixa	<b>110,1</b>	<b>86,1</b>	<b>62,1</b>	<b>56,1</b>	<b>50,1</b>
<b>Outros Equipamentos da UTM</b>	<b>MODELO</b>	<b>FONTE</b>	<b>NPS (dB(A))</b>	16	256	512	1024
Transportador de Correia (móvel)		Fixa	85,0				
Alimentador de Correia		Fixa	85,0				
Moinho Autógeno (AG) com 17.000 kW	12,2 x 6,1 m.	Fixa	95,0				
Moinho de Bolas com 10.400 kW	7,3 x 10,5 m.	Fixa	100,0				
Peneira Vibratória com 02 decks	7,3 x 3,0 m	Fixa	97,2				
Rebritador Cônico	MP 1000	Fixa	110,1				
Alimentador de Correia		Fixa	85,0				
Célula de Flotação tipo "rougher"		Fixa	86,2				
Célula de Flotação tipo "scavenger-rougher"		Fixa	86,2				
Coluna de Flotação "cleaner"		Fixa	86,2				
Moinho de Bolas com 5.590 kW	6,1 x 9,3 m	Fixa	100,0				
Moinho Vertical com 750 kW	Vertimill	Fixa	85,0				
<b>SOMATÓRIO DOS NPS NO LOCAL (dB(A))</b>			<b>111,3</b>				
<b>DECAIMENTO DO NPS TOTAL COM A DISTÂNCIA (dB(A))</b>				<b>87,3</b>	<b>63,3</b>	<b>57,3</b>	<b>51,3</b>
<b>Central de Manutenção</b>		Fixa	<b>110,0</b>	<b>86,0</b>	<b>62,0</b>	<b>56,0</b>	<b>50,0</b>

Obs. Os NPS's apresentados na tabela acima foram fornecidos pelo fabricante dos equipamentos.

Observa-se na tabela, que a partir de 512 m o nível de ruído externo mantêm-se abaixo do limite máximo permitido pela Norma da ABNT-NBR 10.151/1987, tanto para o período diurno como para o noturno.

Na Unidade de Tratamento de Minérios, tem-se uma elevada demanda por ar comprimido na etapa de concentração, em função da necessidade de suprimento de ar para os sistemas de aeração das células de flotação. A Casa de Compressores fica ao lado do setor de Flotação. Os equipamentos já serão fornecidos com sistemas adequados de atenuação e a Casa de Compressores será construída considerando um tratamento acústico adequado.

O nível de ruído ambiental será monitorado durante as obras de implantação e na operação do empreendimento, como abordado no Programa de Monitoramento Ambiental. Em anexo é apresentado Mapa de Decaimento do Nível de Ruído.

## 2.5 - Estimativa das emissões de Vibrações

Na etapa de implantação, o controle da detonação será feito através do dimensionamento adequado do Plano de Fogo seguindo os critérios e normas pertinentes. Nesta etapa, poderão ocorrer pequenas detonações pontuais visando o desmorte por explosivo de pequenos volumes de rocha para abertura de vias de acesso, frentes de lavra e implantação de infraestrutura, principalmente quando comparadas às que ocorrerão na etapa de operação. Não haverá a necessidade do monitoramento destas detonações ou outras ações específicas nesta etapa.

Caso seja necessária a execução deste tipo de desmorte próximo a infra-estrutura, nas obras de abertura de estradas, deverão ser tomadas as medidas necessárias para planejar e executar um desmorte controlado.

Na etapa de operação, as vibrações serão provocadas principalmente pelo desmorte de rocha por explosivos nas frentes de lavra e na futura cava.

### 2.5.1 - Adequação do plano de fogo

O Plano de Fogo prevê a utilização de furos de grande diâmetro (12<sup>1/4</sup>"n) distribuídos em linha singela e carregados com:

70% de Emulsão com densidade de 1,3 g/cm<sup>3</sup>, na carga de fundo;  
30% de ANFO(nitrato de amônia e óleo diesel) com densidade de 0,8 g/cm<sup>3</sup>, na carga de coluna.

A emulsão e o ANFO serão produzidos na Fábrica de Explosivos, localizada no setor Oeste do empreendimento e serão transportados em caminhões tanques especiais, até as frentes de lavra, onde os produtos serão bombeados para os furos.

No carregamento de cada furo será introduzido 2 "boosters" de 750 gramas (sendo um Primário e um Secundário) cada um escorvado por um acessório de detonação não elétrico(Shock Tube) ligado a linha tronco formada por um cordel detonante NP-5.

A primeira escorva irá até o fundo do furo, sendo que o Shock Tube estará equipado com uma espoleta de retardo com o tempo de 500 ms conectado ao booster primário de 750 gramas para a iniciação da carga de fundo. Então é colocada a carga de fundo.

Entre a carga de fundo e a carga de coluna será colocado um Air Deck (do tipo heavy duty HD-12 da STEMLOCK ou similar) para redução da carga/espera, fazendo que seja configurado em um único furo carregado duas cargas/espera.

A segunda escorva será feita com um segundo acessório não elétrico (Shock Tube) ligado a linha tronco indo até o Air Deck intermediário, equipado com uma espoleta de retardo com o tempo de 525 ms conectado ao booster secundário de 750 gramas para a iniciação da carga de coluna. Então é colocada a carga de coluna.

Acima da carga de coluna, haverá o tampão feito de material granulado com tamanho médio de 15 mm.



A razão de carregamento estará em torno de 282,98 gramas de explosivo por tonelada de rocha. Este furo escorvado e carregado pode ser observado na figura seguinte.

Os furos carregados serão interligados ao cordel detonante NP-5 da linha tronco, em cuja ligação entre dois furos haverá um retardo de 42 ms, sendo que esta amarração ou carreira será iniciada por um conjunto amolgado de espoleta nº8 + estopim comum.

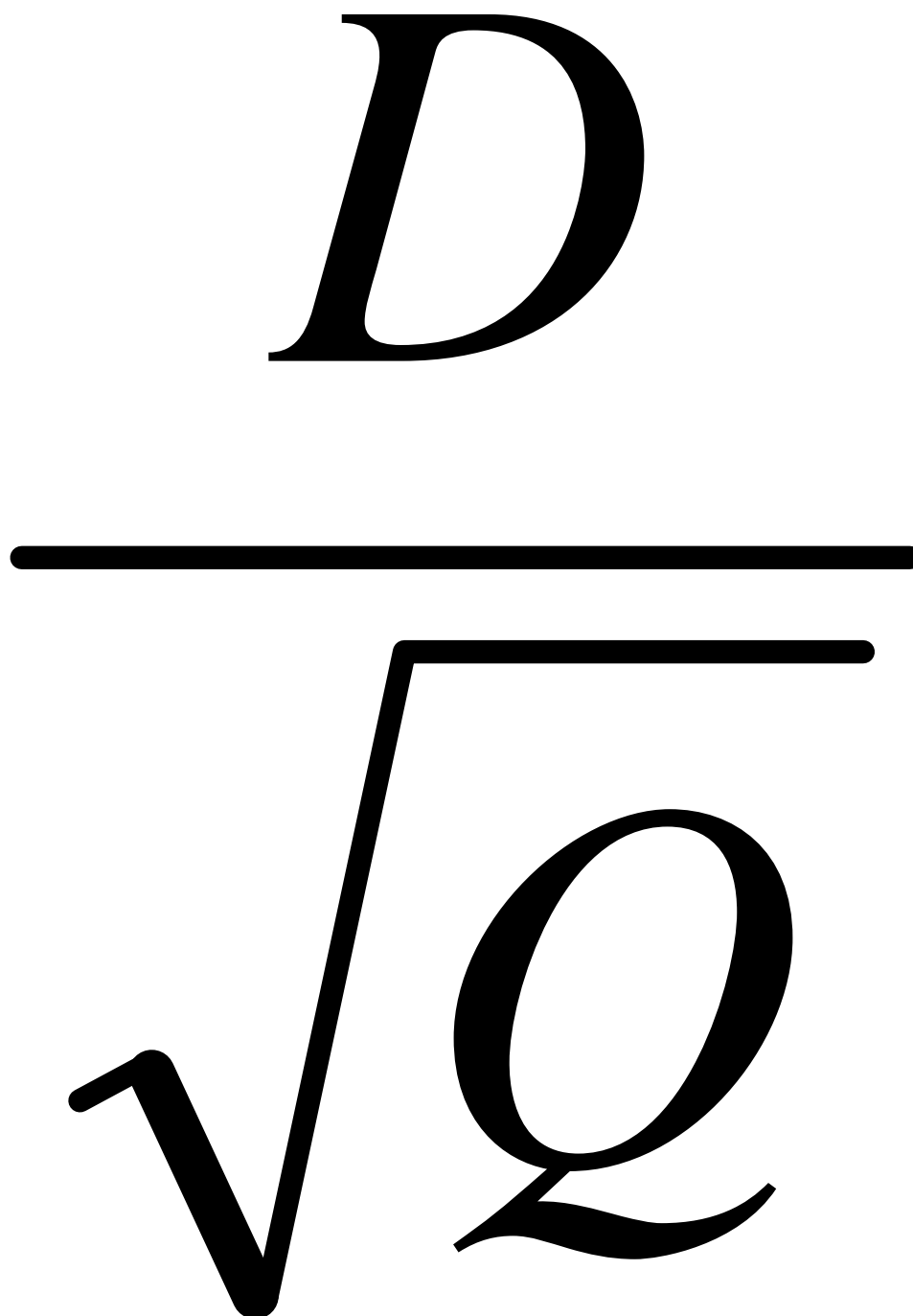
Como pode ser observado na planilha a seguir, a carga integral de explosivo por furo é de 962 kg de explosivos, o que implicaria em uma carga por espera correspondente, uma vez que o retardamento ocorrerá de furo em furo, porém com o parcelamento das cargas de coluna e de fundo com o uso do Air Deck, a carga/espera passa a ser de 481 kg.

De posse destas informações foi possível, avaliar o nível de vibrações e de sobrepressão acústica que serão gerados.

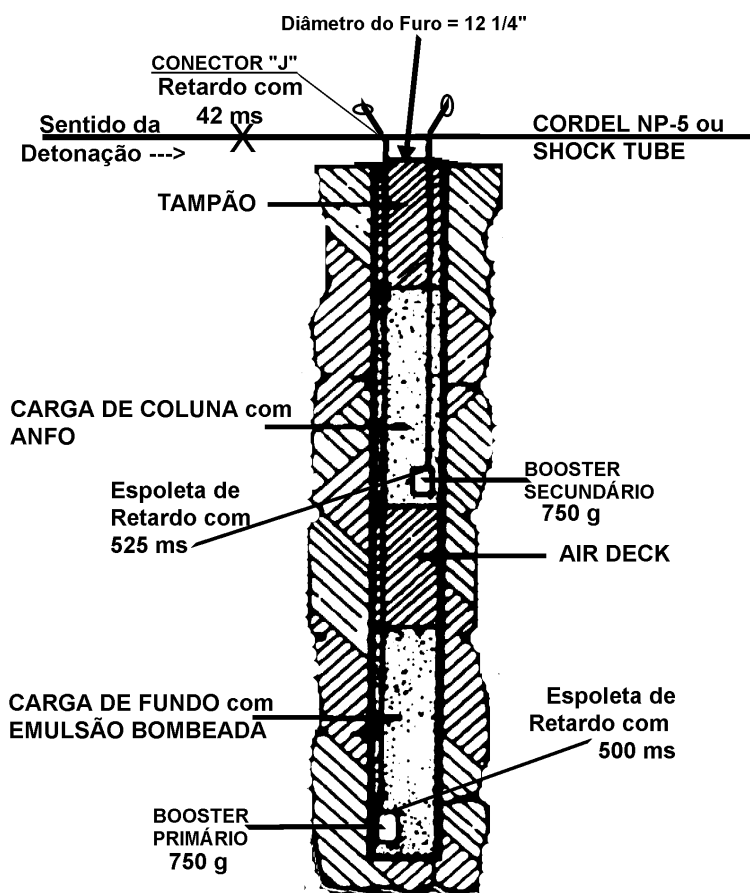
Uma vez que o Plano de Fogo é um projeto dinâmico, este deverá ser otimizado ao longo das operações de lavra, adequando-o às características da rocha a ser detonada.

A seguir, é apresentado as informações do Plano de Fogo proposto, para a execução das operações de lavra do minério sulfetado por Desmonte por Explosivos desde a fase de Pré-Produção e nos anos consecutivos.

**QUADRO 2.15 - Plano de fogo para a pré-produção e anos consecutivos.**



**FIGURA 2.1 - Carregamento do furo com explosivos**



**CARREGAMENTO DO FURO  
com Redução da Carga/Espera**

O conector "J" é uma peça de plástico que serve para conectar o Shock Tube (acessório não elétrico) do fundo furo ao Cordel Detonante NP-5 da linha tronco.

**2.5.2 - Análise do plano de fogo**

A metodologia de análise utilizada neste programa, foi a de comparação direta dos valores calculados com os limites máximos permitidos pelas seguintes normas, que hoje regem a atividade de desmonte de rocha com uso de explosivos civis em áreas urbanas:

ABNT-NBR 9653/1986;  
Norma Reguladora de Mineração - NRM-16/2001 do DNPM/MME.

Para esta atividade, as normas estabelecem os seguintes limites para as vibrações e níveis de sobrepressão acústica, medidos no receptor sujeito a danos:

Normas	Velocidade da partícula resultante	Nível de pressão sonora ou sobrepressão acústica
ABNT-NBR 9653/1986	15,0 mm/s	100 Pa ou 134 dB(L)
NRM-16/2001-DNPM/MME	15,0 mm/s - componente vertical	48 Pa ou 128 dB(L)

Pelo próprio tipo de operação de desmonte a ser executada na área, as vibrações não podem ser totalmente eliminadas, mas podem ser mantidas dentro dos limites definidos pelas normas.

A seguir é apresentada a metodologia de cálculo para obtenção dos valores, a partir do Plano de Fogo proposto, para Velocidade de Vibração da Partícula Resultante e Sobrepressão Acústica incidentes em várias distâncias no entorno da frente de lavra.

### **Velocidade de Vibração da Partícula Resultante(Vp)**

Com base no Plano de Fogo apresentado, pode-se obter os parâmetros de velocidade da partícula(Vp) e do sopro de ar.

A U.S. Bureau of Mines no Boletim 656(Nichols, Johnson e Duvall, 1971) estabeleceu a seguinte equação atenuação para predição da velocidade da partícula(Vp) em mm/s:

$$V_p = 714,4 \times (d/\sqrt{W})^{-1,6}$$

onde:

- d = distância da frente de detonação ao sensor(m)
- W= carga máxima de explosivo por espera(kg)

Com esta equação de atenuação, foi avaliada a propagação de onda em cada uma das quatro frentes de lavra A, B, C e D.

Propõe-se um perímetro de controle de d = 350 m, pois a estrutura mais próxima está nesta distância, sendo representada por um Posto de Abastecimento localizado no setor norte-nordeste da frente de lavra.

Conforme o Plano de Fogo proposto, será detonado 1 furo por espera com a carga dividida em duas parcelas, perfazendo uma carga de explosivo W = 481 kg e considerando um perímetro de controle com d = 350 m, temos:

$$V_p = 714,4 \times (350/\sqrt{481})^{-1,6} \Rightarrow V_p = 714,4 \times (15,96)^{-1,6} \Rightarrow$$

=> Vp = 8,49 mm/s, valor abaixo do limite máximo permitido pela Norma da ABNT e NRM-16.

No quadro abaixo, tem-se a carga por espera especificada no Plano de Fogo, que aplicada na equação de atenuação apresentada no item anterior, obtêm-se o nível de vibração(Vp) variando com a distância do receptor:

**QUADRO 2.16 - Velocidade de vibração da partícula resultante**

Distancia (d)	Carga por Espera(W)	$\sqrt{W}$	Distância Escalonada(DE)	Velocidade da Partícula(Vp)
(m)	(kg)		(m)	(mm/s)
100	481	21,9	4,6	63,05
200	481	21,9	9,1	20,80
250	481	21,9	11,4	14,55
300	481	21,9	13,7	10,87
350	481	21,9	16,0	8,49
400	481	21,9	18,2	6,86
500	481	21,9	22,8	4,80
600	481	21,9	27,4	3,59
700	481	21,9	31,9	2,80
800	481	21,9	36,5	2,26
900	481	21,9	41,0	1,87
1000	481	21,9	45,6	1,58
1100	481	21,9	50,2	1,36
1200	481	21,9	54,7	1,18

**QUADRO 2.17 - Impactos associados à velocidade da partícula**

Intensidade I	Características Observadas	Velocidade de Vibração da Partícula Resultante Vp(mm/s)
1	Oscilações só notadas com uso de instrumento.	2,0
2	Oscilações quase imperceptíveis.	2,0 a 4,0
3	Oscilações sentidas por algumas pessoas ou por pessoas que sabiam da detonação.	4,0 a 8,0
4	Oscilações notadas por muitas pessoas - barulho nas vidraças.	8,0 a 15,0
5	Queda de reboco - pequenos danos.	15,0 a 30,0
6	Fendas em reboco - danos a edifícios já deformados.	30,0 a 60,0
7	Danos a edifícios em estado satisfatório - fendas e quedas de rebocos, fendas nas paredes.	60,0 a 120,0
8	Consideráveis danos a edifícios; fendas em pilares e paredes, grandes fendas em partições.	120,0 a 240,0
9	Destruição de edifícios, isto é, grandes fendas nas paredes, esfoliação na alvenaria, queda de paredes.	240,0 a 480,0
10	Grande destruição e colapso de edifícios.	480,0

CRITÉRIO DE MEDVEDEV, S.V. - 1963- Danos prováveis em Estruturas

Observa-se que a intensidade de vibração a 350 metros da distância da frente de lavra está no **nível de intensidade 4** que corresponde a "*Oscilações notadas por muitas pessoas - barulho nas vidraças*" equivalendo a uma velocidade de vibração da partícula resultante de 8,49 mm/s.

### Sobrepessão Acústica

O DNPM/MME propõe através da NRM-16 uma sobrepessão de 128 dB(L) que corresponde a uma pressão acústica de pico de 48 Pa, como nível de segurança para prevenção contra início de queixas e desconforto da população do entorno, sendo indicada para detonações cuja a velocidade da partícula esteja abaixo de 15,0 mm/s.

Então calculando para uma detonação localizada a 350 m de distância do receptor com  $V_p = 8,49$  mm/s, temos:

$$48 \text{ Pa} \text{ ----- } 15,00 \text{ mm/s}$$

$$P \text{ ----- } 8,49 \text{ mm/s} \Rightarrow P = (48 \times 8,49)/15,00 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 27 \text{ Pa}$$

O decibel é definido em termos da sobrepessão, pela equação:

$$dB = 20 \times \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

onde:

- dB = nível sonoro em decibéis lineares(dB(L));
- P = sobrepessão em Pa;
- $P_0$  = sobrepessão do mais baixo ruído que pode ser ouvido =  $2,1 \times 10^{-5}$  Pa.

Então:

$$dB = 20 \times \log (27/2,1 \times 10^{-5}) \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  dB = 122,2 dB(L), valor abaixo do nível de pressão sonora de 128 dB(L) sugerido na NRM-16 e pela Norma da ABNT.

O quadro abaixo apresenta a variação da sobrepessão acústica gerada pela detonação da carga por espera especificada:

**QUADRO 2.18 - Variação da sobrepessão acústica**

Distancia (d) (m)	Carga por Espera(W) (kg)	Velocidade da Partícula( $V_p$ ) (mm/s)	Sobrepessão Acústica (dB(L))
100	481	63,05	139,7
200	481	20,80	130,0
250	481	14,55	126,9
300	481	10,87	124,4
350	481	8,49	122,2
400	481	6,86	120,4
500	481	4,80	117,3
600	481	3,59	114,8
700	481	2,80	112,6
800	481	2,26	110,7
900	481	1,87	109,1

*Continuação*

<b>Distancia (d) (m)</b>	<b>Carga por Espera(W) (kg)</b>	<b>Velocidade da Partícula(Vp) (mm/s)</b>	<b>Sobrepessão Acústica (dB(L))</b>
<b>1000</b>	481	<b>1,58</b>	<b>107,6</b>
<b>1100</b>	481	<b>1,36</b>	<b>106,3</b>
<b>1200</b>	481	<b>1,18</b>	<b>105,1</b>

***Irradiação dos Níveis de Vibração de Partículas e de Sobrepessão Acústica***

Os valores obtidos nas simulações para Velocidade da Partícula Resultante(Vp), foram lançados na planta - Mapa de Propagação de Vibrações, em anexo, na forma de níveis de propagação em função da distância e os resultados correspondentes são apresentados, onde se tem os seguintes parâmetros:

d - Distância da fonte ao receptor;

Vp - Velocidade de Vibração da Partícula Resultante.

O avanço da lavra ocorrerá de sudeste para noroeste, porém com o desenvolvimento da mina visando a conformação da Cava projetada, foram avaliados 4 setores das frentes de lavra denominadas por A,B,C e D.

Os Níveis de Vibração(Vp) têm como base a distância do ponto lançado na frente de lavra da cava projetada até o ponto receptor do sinal e estão representados na planta por raias contínuas.

***Resultados***

Observa-se, após a avaliação/simulação, que o Plano de Fogo proposto tem seus parâmetros dentro da norma da ABNT, NRM-16 do DNPM/MME, para receptores distanciados a mais de 350 metros da frente de lavra.

A maioria dos valores obtidos a partir de 350 metros de distância da fonte, são de intensidade baixa.

Baseando-se nas informações climáticas, nota-se que os ventos na estação chuvosa e na seca possuem como sentido médio predominante a direção nordeste, que é oposto à localização da infraestrutura e dos alojamentos, reduzindo consideravelmente os prováveis incômodos. Considerando que estas informações devam ser levadas em conta, quando forem executadas as detonações, o controle da direção do vento poderá ser feito visualmente com auxílio de uma Biruta, pois a velocidade dos ventos tem influencia na transmissão do sopro de ar e na concentração dos efeitos sonoros, apesar que a região da Floresta Nacional de Carajás é caracterizada pela quase ausência de ventos.

Conforme avaliação da vegetação local, a floresta de topo apresenta uma grande concentração de indivíduos na classe de 15-25 metros de altura, já tipologia formada pelo relevo colinoso apresentou maior índice de árvores altas(indivíduos acima dos 25 metros de altura, juntamente com a maior densidade de cobertura do estrato arbóreo. Esta condição é importante, pois as zonas de árvores, folhagens, gramas e floresta, atenuam o ruído até em 4 dB, podendo a atenuação ser ainda maior em altas frequências.

## 3 - ATIVIDADES

### 3.1 - Medidas de prevenção e mitigação

As medidas de prevenção e minimização a serem implementadas se referem aos impactos decorrentes das detonações, que deverão observar as normas de conduta operacional abaixo relacionadas, para o desenvolvimento dos trabalhos:

- implantação de um Perímetro de Controle e Segurança com um raio de 350 metros ao redor do limite da Cava projetada. Vide planta nº2 em anexo;
- implantar uma Biruta para controle visual da direção dos ventos;
- executar malhas de perfuração perfeitamente demarcadas e perfuradas evitando-se os repés;
- iniciar adequadamente o “fogo”, evitando-se o lado mais engastado;
- adotar sempre retardos entre carreiras ou filas compatíveis com a frequência de vibração;
- evitar detonar aos domingos, feriados e nos períodos de silêncio;
- realizar as detonações apenas nos horários pré-estabelecidos;
- adotar tampão com a espessura de no mínimo 70% do afastamento;
- evitar usar na linha-tronco, sempre que possível, o cordel detonante;
- cobertura do cordel detonante(da linha-tronco e conexões), se for usado, com uma camada de material fino com uma espessura mínima de 30 cm;
- evitar detonar explosivos não confinados(por ex. João de Barro);
- evitar detonar pela manhã ou após o pôr do sol, em dias claros e de ar parado;
- considerar as condições meteorológicas, direção e velocidade dos ventos, especialmente no período de INVERSÃO DE TÉRMICA;
- procurar não dirigir à frente de detonação para o receptor passível de dano;
- aguardar a mudança da direção do vento no momento de iniciar a detonação, para que o mesmo não influencie a transmissão do sopro de ar na direção dos Alojamentos;
- sempre iniciar a detonação com o menor número de furos na espera;
- manter a carga por espera dentro do intervalo especificado;
- preservar a vegetação no entorno da cava e da infraestrutura;
- Para garantia do resultado do Plano de Fogo e manutenção de baixos níveis de vibração e sobrepressão acústica, a empresa deverá sempre que possível utilizar na escorva, conexão e iniciação das cargas, o sistema de iniciação não-elétrico(Linha Silenciosa ou Shock Tube).

### 3.2 - Medidas de controle dos níveis de ruídos e vibrações

#### *Monitoramento dos ruídos*

Este monitoramento seguirá o procedimento de medição disposto no item 5.2 - Medições no exterior de edificações da Norma ABNT NBR-10.151/2000.



Durante o monitoramento deverão ser observadas condições climáticas estáveis como ausência de chuvas e ventos fortes que poderão vir a interferir no sinal sonoro, devendo-se prevenir o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de protetor, conforme instruções do fabricante.

O monitoramento ocorrerá semestralmente no período de Pré-Produção, passando a ANUAL nos anos consecutivos, avaliando os níveis de ruído de acordo com o estabelecido na ABNT NBR -10.152/1987.

### **Monitoramento das vibrações**

O monitoramento deverá ser realizado por sismógrafo com a seguinte configuração mínima: Trigger(ganho ou sensibilidade) para Geofone = 0,50 mm/s e Microfone = 105 dB(L).

Nos primeiros 2 anos, as detonações serão monitoradas mensalmente, após este período o monitoramento poderá passar a semestral.

Os resultados da sismografia serão importantes para:

- analisar o grau de incomodação a que poderá está sendo submetida a população dos alojamentos;
- o controle da velocidade da partícula, do sopro de ar e da sobrepressão acústica;
- a avaliação do nível da frequência obtida em cada detonação;
- o ajuste do Plano de Fogo;
- a escolha dos melhores tempos de retardos;
- a montagem da equação do comportamento das ondas sísmicas no maciço rochoso.

## **3.3 - Localização dos pontos de monitoramento**

### **Ruídos**

Os pontos de monitoramento estão representados na planta nº1: Mapa do Decaimento do Nível de Ruído e Locação dos Pontos de Monitoramento, em anexo.

#### **QUADRO 3.1 - Pontos de monitoramento de ruídos**

<b>INFRA-ESTRUTURA PRÓXIMA</b>	<b>Ponto</b>
Alojamento de Pessoal da Operação	PMR-01
Portaria Industrial	PMR-02
Escritório Administrativo	PMR-03

### ***Vibrações e sobrepressão acústica***

O monitoramento de cada detonação realizada nas frentes de lavra, será executado nos pontos propostos, dentro ou próximo ao perímetro de controle e segurança a ser implantado, como o relacionado abaixo e apresentados na planta nº2: Mapa de Propagação das Vibrações e Localização dos Pontos de Monitoramento.

**QUADRO 3.2 - Pontos de monitoramento de vibrações e sobrepressão acústica**

<b>INFRA-ESTRUTURA PRÓXIMA</b>	<b>Distância ao Limite da Jazida (m)</b>	<b>Ponto de Monitoramento</b>
Central de Manutenção	670	PMV-01
Posto de Abastecimento	350	PMV-02
Escritório Administrativo	1390	PMV-03

## 4 - CRONOGRAMA

As atividades do Programa de Controle de Ruídos e Vibrações serão iniciadas em fevereiro de 2004, antecipando as obras de infra-estrutura, continuando durante todo o período de implantação e operação do empreendimento, estendendo-se até o fechamento da mina, em torno do ano de 2045.

ATIVIDADES	2004	2014	2024	2034	2044
Instalação do perímetro de segurança e biruta	■				
Observação de procedimentos para utilização de explosivos	■	■	■	■	■
Monitoramento de ruídos e vibrações	■	■	■	■	■

## **5 - EQUIPE TÉCNICA**

- Blaster responsável.
- Técnico em meio ambiente.

## 6 - BIBLIOGRAFIA

AGRUPAMENTO DE MECÂNICA DAS ROCHAS DA DMGA/IPT -. Recomendações técnicas para desmonte de rochas em pedreiras. Brasil Mineral Nº16:27-31. 03/1985.

BACCI, D.L.C, LANDIM, P.M.B. - Determinação dos Limites de Segurança para Ocupação do Entorno de uma Pedreira no Município de Campinas através do Monitoramento Ambiental das Vibrações. II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto, Belo Horizonte, Minas Gerais. 2002,15p. DEMIN/IBRAM.

BRANDT MEIO AMBIENTE, Documento Integrado dos Relatórios de Zoneamento Ambiental e Monitoramento Biológico da Área de Influência do Projeto Salobo.

GERGES, S.N.Y. Ruído : fundamentos e controle. 2ª Edição, Florianópolis, Santa Catarina: NR Editora, Consultoria e Treinamento, 2000, 696p.

KONYA, C.J. Blast Design. Montville, Ohio: Intercontinental Development, 1995, 230p.

MEDVEDEV, S.V. Problems of Engineering Seismology, Traduzido do Russo; Consultants Bureau, U.S.,1963.

MINERCONSULT Eng. Ltda Plano de Aproveitamento Econômico Salobo Metais S/A,.


SANCHEZ, L.E. Incidência ambiental das vibrações. Brasil Mineral Nº38:52-61.01/1987.

SOUTO, J.M.G. Medições e avaliações de ruído. Revista Proteção, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, nº24, 1993.

# ANEXOS

## **ANEXO 1 - DESENHOS**

TÍTULO MAPA DO DECAIMENTO DO NÍVEL DE RUÍDO E LOCAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO				
PROJETO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL - PCA PROGRAMA DE CONTROLE DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES				
EMPRESA SALOBO METAIS S.A.				
	LOCAL / ÁREA MARABÁ - PA			DESENHO Nº 1
	ELABORAÇÃO HÉLIO MARTINS	DESENHISTA PAULO CAMPOS	DATA JAN./03	REVISÃO Nº 00
FONTE SALOBO METAIS S.A. - ARQUIVO 000D5051.DWG	ESCALA 1:12.500	ARQUIVO SBML-A-001-041.DWG	PROJEÇÃO UTM	

TÍTULO MAPA DE PROPOGAÇÃO DAS VIBRAÇÕES E LOCAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO				
PROJETO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL - PCA PROGRAMA DE CONTROLE DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES				
EMPRESA SALOBO METAIS S.A.				
	LOCAL / ÁREA MARABÁ - PA			DESENHO Nº 2
	ELABORAÇÃO MARCÍLIO PEREIRA	DESENHISTA PAULO CAMPOS	DATA JAN./03	REVISÃO Nº 00
FONTE SALOBO METAIS S.A. - ARQUIVO 000D5051.DWG	ESCALA 1:12.500	ARQUIVO SBML-A-001-042.DWG	PROJEÇÃO UTM	





**Salobo**  
**Salobo Metais S.A.**

# **PROJETO SALOBO**

**MARABÁ - PA**

**LICENÇA DE INSTALAÇÃO - LI**

**PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL - PCA**

***PROGRAMA H - CONTROLE DAS  
EMISSÕES DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES***

***DOCUMENTO 15/23***