

JOSÉ FERNANDO GANIME

**REDUÇÃO DE RUÍDO COM A SUBSTITUIÇÃO DE TELAS DE AÇO POR
BORRACHA NA MINA DE ANDRADE - SAMITRI**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia.

SÃO PAULO - SP

1998

JOSÉ FERNANDO GANIME

**REDUÇÃO DE RUÍDO COM A SUBSTITUIÇÃO DE TELAS DE AÇO POR
BORRACHA NA MINA DE ANDRADE - SAMITRI**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia.

SÃO PAULO - SP

1998

Sistema N.º 982246
28/08/98.

98/53/PMI

fl. 53



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA**

**TERMO DE JULGAMENTO
DE
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aos 27 dias do mês de abril de 1998, às 14:00 horas, no Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, presente a Comissão Julgadora, integrada pelos Senhores Professores Doutores Sérgio Médici de Eston, Orientador do candidato, Lineu Azuaga Ayres da Silva e Racine Tadeu Araújo Prado iniciou-se a Defesa de Dissertação de Mestrado do Senhor **JOSÉ FERNANDO GANIME** *Cód. Pos. 0973121 N.º USP 2696655*
Título da Dissertação: "REDUÇÃO DE RUÍDO COM A SUBSTITUIÇÃO DE TELAS DE AÇO POR BORRACHA NA MINA DE ANDRADE - SAMITRI".

Concluída a arguição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Julgadora considerada o candidato:
Prof.Dr. Sérgio Médici de Eston.....(*aprovado*)
Prof.Dr. Lineu Azuaga Ayres da Silva.....(*aprovado*)
Prof.Dr. Racine Tadeu Araújo Prado.....(*aprovado*)
Para constar, é lavrado o presente termo, que vai assinado pela Comissão Julgadora e pela Secretária de Pós-Graduação.

São Paulo, 27 de abril de 1998.

A Comissão Julgadora :

Sérgio Médici de Eston
Lineu Azuaga Ayres da Silva
Racine Tadeu Araújo Prado

Secretária: Elisabete Ap^a F.S.Ramos *Elisabete Ap^a F.S.Ramos*
Obs: Resolução 4476, de 17.09.1997 Altera dispositivos do Regimento Geral da USP Art.109 - Imediatamente após o encerramento da arguição da dissertação ou da tese cada examinador expressará seu julgamento em sessão secreta, considerando o candidato **aprovado** ou **reprovado**.

Homologado pela C.P.G. em reunião realizada a 11/05/1998.

87p.

BC

Universidade do São Paulo
Biblioteca da Escola Politécnica

FD- 2232

Cód. Pos. Or.:
0054290

N.º Func. Or.:
390836

JOSÉ FERNANDO GANIME

**REDUÇÃO DE RUÍDO COM A SUBSTITUIÇÃO DE TELAS DE AÇO POR
BORRACHA NA MINA DE ANDRADE - SAMITRI**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração:

Engenharia Mineral

Orientador:

Professor Dr. Sérgio Médici de Eston

SÃO PAULO

1998

Ganime, José Fernando

**Redução de ruído com a substituição de telas de aço borracha na
Mina de Andrade - Samitri. Rio Piracicaba - MG, 1995. por**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas.**

**1. Borracha - Utilização para Redução de Ruído 2. Ruído -
Redução em Mineração - Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas.**

À minha esposa, Maria Adélia, e aos meus filhos Marina,
Pedro e Luísa, pelo encorajamento constante e paciência
que tiveram durante toda essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Drs. José Renato Baptista de Lima e Arthur Pinto Chaves pelo apoio e incentivo neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston, orientador, pelo apoio prestado.

Aos fabricantes de telas de borracha, SKAB do Brasil (João Monlevade- MG) e Envirotech Equipamentos Ltda. (São Paulo) e ao Sr. Lars Norgren, pelo apoio com literaturas e esclarecimentos de caráter técnico.

Aos colegas de trabalho da Samitri, Eng. de Segurança José Gomes, Geól. Aécio Januzzi e sua equipe, Médico do Trabalho Eneas Antunes, Psicóloga Marli Jordelina e a Aux. de Normalização Georgina Perpétua pelas análises e comentários técnicos.

À Fosfértil S.A- Complexo de Mineração de Tapira, na figura do então Superintendente Eng. Amador Carvalhido de Albuquerque, pela colaboração permitindo que cursasse os módulos deste curso.

À Samitri, na pessoa do Gerente Geral de Morro Agudo Eng. Cesarino Góes Cavalcante e do Gerente de Recursos Humanos, Geol. Antônio Luís Duarte, pelo apoio e incentivo para realização deste trabalho.

À todos que direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.



PROGRAMA:

NÍVEL: MESTRADO:(X) **DOUTORADO:**()

CANDIDATO: JOSÉ FERNANDO GANIME

TÍTULO DO TRABALHO: "REDUÇÃO DE RUÍDO COM A SUBSTITUIÇÃO DE TELAS DE AÇO POR BORRACHA NA MINA DE ANDRADE - SAMITRI".

ORIENTADOR: PROF.DR. SÉRGIO MÉDICI DE ESTON

DATA DA DEFESA: 27.04.1998

ERRATA

pag. 22 - 10ª linha - leia-se: "... das células deste órgão levam à sua destruição".

Pag. 47 - penúltima linha - leia-se "... tamanho da alimentação entre 10 mm e 20,32 cm".

Pag. 75 - tabela 10.1 - 3ª coluna: Tela de borracha - valor é R\$ 1 000,00 e não R\$ 7 000.

Pag. 77 - figura 102 - devido à numeração dos pontos de medida no fluxograma, os pontos não podem ser unidos. São valores pontuais.

Pag. 79 - figura 10.3 - deveria estar rotacionada de 180°.

Pag. 80 - 2ª linha - substituir "de encontro" por "ao encontro".

Pag. 81 - linhas 13 e 14 - leia-se: "... num processo de tomada de decisão em que ele participou ativamente e resultou numa melhoria de condição de trabalho que é e será usufruída por todos."

**ESTUDO DE RUÍDO COM A SUBSTITUIÇÃO DE TELAS DE AÇO
POR BORRACHA NA MINERAÇÃO**

SUMÁRIO

RESUMO

“ Abstract”

1	INTRODUÇÃO	14
2	O RUÍDO DENTRO DA INDÚSTRIA	15
2.1	A ocorrência do ruído e suas consequências	16
2.1.1	Vibração e Som	17
2.1.2	O decibel e os níveis de pressão sonora	18
2.2	Exposição ao ruído e aumento do risco de acidente do trabalho	21
2.2.1	Efeitos sobre o Sistema Auditivo	21
	a - Trauma acústico	21
	b - Surdez temporária	22
	c - Surdez permanente	22
2.2.2	Efeitos sobre Sistemas Extra - Auditivo	22
	a - Reações generalizadas à tensão	23
	b - Desordens Físicas	23
	c - Dificuldades mentais e emocionais	24
	d - Outros problemas	24
2.2.3	Efeitos sobre o rendimento no trabalho	25
2.2.4	Efeitos sobre a comunicação	25
2.3	Custo para redução do ruído	25
3	TIPOS DE RUÍDOS	27
4	REDUÇÃO DO RUÍDO	28
4.1	Procedimentos ativos de controle de ruídos	29
4.2	Procedimentos passivos de controle de ruído	30
5	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS	31
5.1	Recomendações ISO 1.999	31
5.2	Recomendações ACGIH	35

5.3	Outras recomendações	36
5.4	Norma Legal Brasileira	36
6	BORRACHA NO TRATAMENTO DE MINÉRIOS	39
6.1	Principais características técnicas da borracha	39
6.2	Algumas propriedades da borracha	42
6.2.1	Amortecimento de impacto	42
6.2.2	Ângulo de impacto	43
6.2.3	Altura de queda e velocidade com que o material flui	44
6.3	Comparação entre borracha e aço	46
7	A SAMITRI - S.A . MINERAÇÃO DA TRINDADE - UNIDADE DE ANDRADE	53
7.1	Histórico	53
7.2	Localização	53
7.3	Processo na unidade de Andrade	56
8	NÍVEIS DE RUÍDO	60
8.1	Histórico	60
8.2	MASP - Método de análise e solução de problemas	61
8.3	Instrumentação utilizada	67
9	ANÁLISE DOS DADOS LEVANTADOS	68
9.1	Definição do objetivo a ser atingido	68
9.2	Análise da área crítica	69
9.3	Causas principais	69
9.4	Ações mitigadoras	71
9.5	Execução	72
10	RESULTADOS OBTIDOS	73
11	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

FIGURAS

6.1	Amortecimento de impacto na borracha	42
6.2	Ângulo de impacto na borracha	43
6.3	Espessuras de esmagamento da borracha em função da altura de queda e peso do fragmento rochoso	45
6.4	Comparação de durabilidade entre tela de aço e tela de borracha para diversos tipos de materiais a serem peneirados	48
6.5	Desgaste na borracha X ângulo de impacto	50
7.1	Localização das minas da Samitri	54
7.2	Fluxograma do tratamento de minério da Mina de Andrade	57
7.3.a	Desmonte e carregamento	58
7.3.b	Usina de beneficiamento da Samitri	59
8.1	Níveis de ruídos - situação anterior	63
8.2	Gráfico de barras para níveis de ruído para diferentes equipamentos	64
8.3	Mina do Andrade - Fluxograma de Beneficiamento e Pontos de medição	65
9.1	Histograma do nível de ruído junto às peneiras	68
10.1	Comparativo de vida útil: Tela de borracha X Tela de Aço Mina de Andrade .	75
10.2	Níveis de ruído - Situação anterior e situação atual	77
10.3	Mina do Andrade - Fluxograma de beneficiamento e valores antes e depois das substituições das telas	79

GRÁFICOS

6.3	Curvas típicas para revestimentos aço / borracha	51
-----	--	----

TABELAS

2.1	Valores médios de níveis de ruído	15
2.2	Perda auditiva com respeito à conversação - risco	20
5.1	Índices parciais de exposição de ruído para níveis de pressão acústica entre 80 e 120 dB (A) e durações de 10 min a 40 h por semana	32

5.2	Relação entre índice composto de exposição ao ruído e nível equivalente de ruído contínuo	34
5.3	Exposição máxima ao ruído	35
5.4	Exposição máxima ao ruído	36
5.5	Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	37
6.1	Alguns dados técnicos de borrachas usadas na indústria mineral	41
6.2	Comparação de alguns parâmetros entre borracha, aço e alumínio	49
8.1	Priorização das ações de controle	61
8.2	Ponto de medição de ruído na instalação de britagem - Andrade	66
9.1	Causas principais do problema	70
9.2	Plano de ação adotado	71
10.1	Comparativo tela de aço versus tela de borracha	75

RESUMO

O nível de ruído a que o empregado está exposto no seu local de trabalho pode trazer uma perda auditiva temporária ou mesmo permanente, que resulta no comprometimento da qualidade de vida do mesmo.

Várias são as situações em que o trabalhador não percebe a evolução de sua doença, vindo a perder eficiência no rendimento de seu trabalho, com casos onde o afastamento por invalidez ocorre em pessoas relativamente jovens. Esse é um ônus muito caro que pode ser evitado com o monitoramento da saúde do empregado através da audiometria e pela utilização de protetores auriculares.

Todavia o procedimento mais correto é atuar na redução de ruído na fonte ou no meio de propagação do mesmo, tendo-se demonstrado que os gastos nestes casos podem ser muito menores que aqueles que se teria com um empregado de baixo rendimento ou afastado. Neste contexto a borracha é um material que se adequa à redução dos ruídos por absorver vibrações e sons.

Foram realizadas medidas de nível de pressão sonora em vários pontos da Instalação de Beneficiamento da Mina de Andrade - João Monlevade constatando-se níveis sonoros acima dos permissíveis por lei.

Os dados foram analisados buscando-se a causa fundamental do alto nível de ruído na Instalação de Beneficiamento da mina.

Chegou-se à conclusão de que a substituição de telas de aço por telas de borracha no peneiramento resultaria numa redução satisfatória do nível de ruído. Efetuada a substituição, redução de picos de 107dB para 97dB foi obtida.

Desta forma, melhorou-se o relacionamento entre empregados e empregadores, com a melhoria do ambiente de trabalho, favorecendo-se maiores índices de produtividade e preservando a saúde ocupacional.

ABSTRACT

The level of noise that the employee is subjected to in his workplace can cause temporary or permanent hearing loss, which results in a decrease in his quality of life.

In many situations the worker does not realise the evolution of his illness, losing efficiency in his work; there are even more severe cases that result in premature retirement. This high cost can be avoided by monitoring the worker's health condition by means of hearing tests and by using protective equipment.

Nevertheless, the most correct procedure is reducing the noise level in the source or in the transmission path. It has been shown that the cost in these cases can be much lower than the one caused by low efficiency or retirement of the employee. In this situation, rubber is an ideal material, suitable for noise reduction, due to the absorption of sounds and vibrations.

Measurements of sound pressure levels were carried out in several points at the Benefaction Plant of Andrade Mine, in João Monlevade, and levels above those allowed by the law were detected.

The data was analysed in order to find the fundamental cause of the high levels of noise in the Benefaction Plant.

It was concluded that replacing steel screens for rubber ones in the screening units would result in an acceptable reduction in noise level in the plant, thus improving the conditions in the workplace. After this change, peaks of 97 dB were measured, instead of previous 107 dB.

In this way, better procedures were implemented, thus improving relations between employees and employers and the working environment, favoring better productivity levels and preserving workers health condition.

1 - INTRODUÇÃO

A diversificação dos processos de produção e a distinção dos equipamentos levam a ruídos que diferem entre si em intensidade, duração e espectro, não só de indústria para indústria, mas também dentro de uma mesma indústria.

Uma das áreas que mais apresenta problemas de ruído é o de Tratamento de Minérios, principalmente quanto às fases de peneiramento, britagem e moagem que são realizadas em ambientes fechados. [1]

O uso de protetores auriculares deve ser sempre temporário e nunca definitivo e somente utilizado quando todos os outros meios de controle estiverem esgotados.

Este trabalho trata do levantamento de uma condição inadequada de nível de ruído a que o empregado está exposto em seu local de trabalho.

Foi feita uma análise do problema, buscando identificação das principais fontes de ruído e de ações para sua redução, buscando uma redução a um valor legalmente admissível.

Numa primeira parte são apresentados alguns aspectos do ruído dentro da indústria, seus efeitos sobre os empregados, incluindo-se as principais consequências para sua saúde física e psicológica, bem como métodos de controle.

Numa segunda parte são apresentadas as principais características da borracha, dados técnicos comparativos entre aço e borracha, expectativa de vida útil de telas de aço e telas de borracha para vários tipos de minérios.

Finalmente são analisados os efeitos decorrentes da solução adotada, ou seja, da substituição de aço por borracha.

2 - O RUÍDO DENTRO DA INDÚSTRIA

O ruído industrial está em conflito com as condições de vida humana e se contrapõe ao aumento da produtividade do trabalho. Ou seja, se o funcionário é obrigado a trabalhar em ambientes ruidosos, diminui a produtividade por efeitos psico-fisiológicos, que vão desde a simples irritação até a perda de audição. [25]

O problema da salubridade acústica se agrava quanto maior e mais complexo for o processo industrial, pois as exigências acústicas se diversificam mais.

A tabela 2.1 nos dá um exemplo do caráter mais ou menos ruidoso de um lugar submetido a um ruído difuso e instável:

Tabela 2.1 - Valores médios de níveis de ruído. [16]

NATUREZA DO LOCAL	NÍVEL DE RUÍDO (dB)		
	POUCO RUÍDO	RUÍDO MÉDIO	ALTO RUÍDO
HABITAÇÃO, ESCRITÓRIOS, SALAS DE CONFERÊNCIAS, SALAS DE LEITURA	<30	30 - 50	>50
GRANDES ESCRITÓRIOS, RESTAURANTES	<40	40 - 60	>60
OFICINAS	<50	50 - 70	>70

Como o ser humano tem uma alta capacidade de adaptação a ambientes diversos, o desenvolvimento de um estado de fadiga e fuga de energia pode se dar sem que a pessoa se dê conta, esgotando os limites de sua resistência. Mas não é só no domínio físico que o ruído atua. A sua influência no domínio intelectual, principalmente na capacidade de atenção do indivíduo, reduz o rendimento do trabalho tanto intelectual como físico.

O indivíduo pode também perder o apetite, ser vítima de aerofagia (deglutição de ar), de insônia, de distúrbios circulatórios ou respiratórios e pode emagrecer. [26]

A idéia de que o ruído é um problema exclusivo do trabalhador leva à não valorização do tempo e capital investidos na produção. Achar que dar atenção ao ruído significa "cumprir a lei" "ou atender à fiscalização" é um equívoco do qual resulta ônus financeiro.

Quando tanto se fala em "produtividade" e "competitividade", é estranho o administrador "não querer" encarar o ruído como inimigo comum que afeta tanto a saúde da sua empresa como de seu trabalhador. [1]

Através de uma análise cuidadosa ficam claras as ações que devem ser tomadas para buscar uma melhoria de condição de trabalho, e conseqüentemente um aumento na produtividade dos trabalhadores. [12]

2.1 - A ocorrência do ruído e suas conseqüências

Da manutenção ou não do equilíbrio entre o homem e as forças ou condições do meio ambiente resulta respectivamente a seu estado de saúde ou doença. As situações de desequilíbrio repetem-se a cada momento da vida, mas provavelmente é no local de trabalho que o homem se depara com um dos ambientes mais agressivos. [30]

Em termos ideais, proporcionar ambientes isentos de agentes agressores, seria o ponto alto de toda uma atividade preventiva. [1]

A ocorrência da perda auditiva depende de fatores ligados ao hospedeiro, ao meio ambiente e ao próprio agente. Dentre as características do ruído, importantes para o aparecimento da doença, destacam-se o tipo (contínuo, intermitente ou de impulsivo), a duração (tempo de exposição a cada tipo de agente) e a qualidade (espectro sonoro).

A susceptibilidade individual é uma característica, que não deve ser esquecida, pois algumas pessoas possuem maior facilidade em adquirir uma determinada doença quando expostas às mesmas condições ambientais.

Acredita-se até a presente data que um ruído de 80 dB não provoque surdez para a maioria dos indivíduos, desde que a duração da exposição diária não exceda a 16 horas. Entretanto, um ruído de 92 dB (A) pode causar surdez profissional ao longo do tempo, se a exposição do trabalhador exceder a três horas por dia. [3]

2.1.1 - Vibração e Som

VIBRAÇÃO é movimento e todos os objetos materiais podem vibrar. Contudo, nem sempre podemos perceber o movimento através do tato. Por exemplo, o ar ao redor da corda também se movimenta e o tato nada nos indica, apesar das duas oscilações serem essencialmente semelhantes.

Diz-se usualmente que se a oscilação for facilmente detectável pelo tato, ela é chamada de VIBRAÇÃO. Se for detectável pelo sistema auditivo, é chamada de SOM ou Vibração Sonora. [2]

É interessante lembrar que há oscilações que não são detectáveis por órgãos sensoriais humanos. Na verdade, apenas uma pequena parcela delas são detectáveis pelo homem.

O organismo humano pode perceber um som quando ele apresenta valores específicos de amplitude de oscilação (A) e de número de oscilações por unidade de tempo, ambos os fatores considerados simultaneamente.

O número de oscilações completas por unidade de tempo é denominado de FREQUÊNCIA (F), sendo medida em Hertz (Hz).

As vibrações sonoras são detectáveis quando a pressão do ar supera valores da ordem de 2×10^{-5} N/m² para a frequência de 1.000 Hz.

No campo da Higiene Industrial costuma-se denominar de ruído todo o som indesejável ou, em outras palavras, podemos dizer que o ruído é interpretação subjetiva de um som considerado desagradável.

Assim o som seria o fenômeno físico e ruído é a interpretação subjetiva derivado daquele.

[11]

2.1.2 - O decibel e os níveis de pressão sonora

Medir pressões sonoras não é tarefa simples. Uma variação praticamente infinitesimal da pressão do ar, provoca a "sensação" de audição, desde que a frequência da vibração esteja compreendida na faixa de 16 a 20.000 Hz (faixa de audiofrequência). [11]

WEBER e FECHNER apud ASTETE [2], estudando o problema no fim do século passado, chegaram às seguintes conclusões:

"Para haver um aumento na sensação de ouvir é necessário que a intensidade do estímulo cresça e o aumento da sensação será proporcional ao logaritmo do estímulo".

Em outras palavras, quando o estímulo físico é multiplicado por 10 a sensação aumenta em apenas uma unidade.

As conclusões de WEBER e FECHNER são uma aproximação, mas na prática, orientaram a criação de uma escala de fácil manuseio mesmo para a enorme variação de pressões sonoras.

A escala criada usa uma relação logarítmica, expressa em decibéis (dB), entre uma pressão de referência arbitrariamente adotada e a pressão sonora real que existe no local.

A relação é conhecida como NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS) e é expressa por:

$$\text{NPS} = 20 \log \{P/P_0\} \quad (1)$$

NPS = Nível de pressão sonora, em dB;

sendo: P = pressão sonora real que existe no local, Pa;

P₀ = pressão de referência, 2 x 10⁻⁵ Pa.

Portanto o decibel não é uma unidade absoluta e sim a relação logaritmica do quociente de duas quantidades, uma das quais adotada como referência (no caso do NPS, a pressão de referência é, por convenção, 2×10^{-5} Pa).

Observa-se que a escala em dB não é linear e, por consequência, os decibéis não podem ser adicionados ou subtraídos aritmeticamente. Por exemplo, a adição de 95 dB mais 95 dB fornece 98 dB e não 190 dB, resultado que seria obtido numa escala linear.

Essa é a razão pela qual, diminuir o nível de pressão sonora em 10 dB é equivalente a reduzir a pressão sonora em 90%; diminuir 20 dB é equivalente a reduzir a pressão sonora em 99%, etc. A tabela 2.2 apresenta valores comparativos de ruídos em ambientes comuns.

Tabela 2.2 - Perda auditiva com respeito à conversação - risco [17]

“NPS (dB) com valores correspondentes de pressão sonora
e exemplo de ocorrência prática de tais valores”

NPS (dB) (re 0,00002)	P	Pressão Sonora	Exemplos
140	200		Limiar da dor
130			Sirene de alarme público (a 2 m dist.) Dinamômetro motores diesel (a 1m dist.)
120	20		Serra fita (p/ madeira ou metais a 1m dist.)
110			Prensas excêntricas
100	2		Caminhão Diesel 80 Km/h (a 15m dist.)
90			
80	0,2		Escritório barulhento
70			Carro de passageiros a 80 Km/h (a 15m dist.)
60	0,02		Conversação normal (a 1m dist.)
50			
40	0,002		Local residencial tranquilo
30			Tic - tac de relógio
20	0,0002		Sussuro
10			
0	0,00002		Limiar de audibilidade

2.2 - Exposição ao ruído e aumento do risco de acidente de trabalho

O ruído causa efeitos sobre o ser humano, que vão desde um simples incômodo, através de irritação, perda de atenção, cansaço até alterações ou defeitos permanentes, passando por efeitos temporários menos ou mais acentuados.

Paralelamente, o ruído pode diminuir a eficiência das comunicações pela conversação, telefone, rádio, etc. Sabe-se também que o número de acidentes na indústria aumenta com o nível de ruído, justamente pela diminuição da eficiência nas comunicações. [17]

ASTETE e KITAMURA [2] dividem os efeitos nocivos do ruído sobre o homem em quatro grupos:

2.2.1 - efeitos sobre o sistema auditivo;

2.2.2 - efeitos extra - auditivos;

2.2.3 - efeitos sobre o rendimento no trabalho

2.2.4 - efeitos sobre a comunicação

2.2.1 - Efeitos sobre o Sistema Auditivo

A surdez profissional é o efeito mais conhecido do ruído excessivo sobre o homem. Sua ocorrência depende de características ligadas ao homem, ao meio e ao agente. As perdas auditivas causadas pelo ruído excessivo podem ser divididas em três tipos:

a - trauma acústico;

b - surdez temporária e

c - surdez permanente.

a- Trauma Acústico - perda auditiva de ocorrência repentina, causada pela perfuração do tímpano, acompanhada ou não da desarticulação dos ossículos do ouvido médio,

ocorrendo geralmente após a exposição a ruídos de impacto, de grande intensidade - (tais como tiros ou explosões) e com grandes deslocamentos de ar.

b - Surdez Temporária - Também conhecida como mudança temporária do limiar de audição, ocorre após uma exposição a um ruído intenso, por um curto período de tempo.

c - Surdez Permanente - A exposição repetida dia após dia, a um ruído excessivo, pode levar o indivíduo a uma surdez permanente. Caso esta exposição ocorra durante o seu trabalho, a perda auditiva recebe o nome de SURDEZ PROFISSIONAL.

A surdez profissional caracteriza-se pela sua irreversibilidade e bilateralidade e está associada à existência de lesão do órgão de Corti, pois estímulos excessivos e contínuos das células deste órgão à sua destruição.

Em geral, são mais nocivos os ruídos compostos por sons agudos, entretanto, pesquisas recentes têm mostrado que sons de frequências mais baixas (abaixo de 3.000 Hz), em níveis elevados também podem causar danos à audição. [7]

2.2.2 - Efeitos sobre Sistemas Extra-Auditivo

De uma forma genérica, pode-se dizer que os efeitos do ruído traduzem-se em tensão, tendo sido descritas alterações psíquicas, fisiológicas e até anatômicas em vários órgãos de animais e no próprio homem.

Segundo COHEN [10] as reações do organismo ao ruído podem ser divididas em quatro categorias:

- a - reações generalizadas à tensão;
- b - desordens físicas;
- c - dificuldades mentais e emocionais;
- d - outros problemas.

a - Reações generalizadas à tensão

As reações no sistema circulatório ocorrem sobre os vasos sanguíneos, acontecendo o estreitamento de seu diâmetro (vasoconstrição) e sobre o coração, que pode bater mais rapidamente (taquicardia) e mais forte, o que parece ser consequência de um estímulo glandular (aumento de catecolaminas).

Como reação à vasoconstrição aparecem alterações na pressão arterial que representam uma ação compensatória do coração.

O organismo humano prepara-se para poder responder a um desejo ou situação de medo, frente a uma tensão, ativando suas glândulas que liberam os hormônios, aumentando a adrenalina. Observa-se uma redução de secreção gástrica e salivar o que causa uma certa diminuição da velocidade de digestão. A musculatura do corpo, em geral, tende a estar mais tensa, o que pode, a longo prazo, produzir uma certa fadiga somática.

b - Desordens físicas

Exposição mais prolongadas podem levar a alterações da função intestinal e cardiovascular e mesmo, a lesões teciduais dos rins e do fígado. A queda de resistência a doenças infecciosas e disfunções na função reprodutora tem sido descritas na literatura. [3]

Segundo a NIOSH (National Institute of Occupational Safety Health) constatou-se uma maior incidência de irregularidades circulatórias e neurológicas entre os metalúrgicos trabalhando em locais ruidosos, quando comparados com outros grupos que trabalham em áreas menos ruidosas.

Exames neurológicos de tecelões italianos exposto diariamente ao ruído intenso, mostram reflexos hiperativos e, em alguns poucos casos, mostram um traçado eletroencefalográfico de dessincronização, semelhante aquele encontrados nas alterações de personalidade. [3]

Ainda segundo citações de NIOSH, um estudo russo mostrou que trabalhadores em metalurgias barulhentas tinham uma incidência relativamente grande de alterações cardiovasculares, como bradicardia.

O fato de que aqueles que trabalham em áreas de níveis de ruído intenso tem maiores dificuldades de ordem médica que aqueles que trabalham em condições silenciosas, não é evidencia conclusiva de que o ruído seja o fator causal crucial. Em cada caso, é possível que diferenças em parâmetros específicos de saúde possam ser explicados por outros fatores tais como a idade, contaminantes ambientais, a carga de trabalho ou hábitos de trabalho.

c - Dificuldades mentais e emocionais

Existem queixas de irritabilidade, fadiga e mal - ajustamento incluindo também, conflitos sociais entre os trabalhadores expostos ao ruído. [3]

Evidências reais de alterações psíquicas causadas pelo barulho ainda carecem de estudos mais detalhados e prolongados.

d - Outros problemas

COHEN [10] aponta problemas devidos aos sons de frequência fora do intervalo de 16 a 20.000 Hz (infrasons ou ultra-sons). A exposição a infrasons (menos de 16Hz) de alta energia podem causar alterações importantes no homem.

Apesar de não haver informações sobre os efeitos da exposição prolongada a infra-sons, sabe-se que podem, por ação mecânica, produzir um afundamento do tórax, dando uma sensação de constrição retroesternal e tosse. Estes sintomas podem ser agravados pela presença de sons audíveis de baixa frequência, em virtude da ressonância produzida pela caixa torácica. [21]

Por outro lado, os trabalhadores expostos à ultrasons queixam -se de efeitos subjetivos, incluindo fadiga, cefaléia, náusea e tontura.

Sons em torno de 16.000 Hz parecem ser mais críticos. De fato, COHEN [10] cita que trabalhadores com perdas auditivas nesta faixa são menos sensíveis a ultra-sons.

2.2.3 - Efeitos sobre o rendimento no trabalho

Como já mencionamos, ao conceito de ruído liga-se o de "indesejabilidade".

Este conceito, eminentemente subjetivo, faz com que certos tipos de ruído ou até um conjunto de sons melódicos possam adquirir o significado de "ruído". Neste sentido, o barulho sempre produz um efeito danoso sobre o rendimento no trabalho.

Com relação ao tipo de ruído, parece que os sons intermitentes ou de impactos repetidos, provocam maiores decréscimos na produtividade, quando comparados aos contínuos. [3]

2.2.4 - Efeitos sobre a comunicação

Um dos efeitos do ruído mais notados é a sua influência sobre a comunicação oral. O barulho intenso provoca o mascaramento da voz. Os sons nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz são os que mais interferem na comunicação. Este tipo de interferência atrapalha a execução ou o entendimento de ordens verbais, a emissão de aviso de alerta ou perigo. [3]

2.3 - Custo para redução do ruído

No custo de implantação de protetores auriculares, como solução temporária para conservação da audição, devem ser incluídos os seguintes parâmetros: custo dos protetores, custo de manutenção ou reposição dos protetores, custos administrativos (pedidos de compra, documentações, exames audiométricos, etc.) e custo de conscientização e educação (filmes, palestras, treinamentos).

Quando o levantamento deste custo é feito para um determinado período, o montante deve ser comparado com investimentos para implantação de outros tipos de soluções para a redução do ruído.

A audiometria se constitui no principal meio para se fazer o acompanhamento do estado funcional da audição do trabalhador em decorrência do ruído. No entanto, não basta fazer a audiometria, é também necessário interpretá-la adequadamente e tomar as medidas médico administrativas corretas.

Neste contexto existem 4 fatores primordiais ordem que determinam o risco da perda auditiva:

- nível de pressão sonora;
- tipo de ruído;
- tempo de exposição ao ruído;
- idade.

3 - TIPOS DE RUÍDOS

Alguns autores estabelecem distintas divisões dos diferentes tipos de ruídos. Entretanto, as diferenças são, na maioria dos casos, de terminologia e não existem fortes contradições entre umas e outras.

Uma divisão que engloba a maior parte dos casos que se presenciam na realidade industrial, é a seguinte: [16]

ruído estável - de banda alta e nível praticamente constante que apresenta flutuações desprezíveis (± 2 dB) durante o período de observação;

ruído intermitente fixo - aquele que produz quedas bruscas até o nível ambiente de forma intermitente, tendendo a alcançar um nível superior fixo. O nível superior deve manter-se durante mais de um segundo antes de produzir-se uma nova queda ao nível ambiente;

ruído intermitente variável - está constituído por uma sucessão de distintos níveis de ruídos estáveis;

ruído flutuante - durante a observação, este ruído varia continuamente sem apresentar estabilidade;

ruído de impacto - aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo.

ruído contínuo - para fins de aplicação de limites de tolerância considera-se como contínuo aquele ruído que não seja de impacto.

4 REDUÇÃO DO RUÍDO

Existem três métodos principais para a redução do ruído: [17]

1) a redução do ruído feita na fonte é o método mais eficiente, pois onde isso é possível, se obtém a redução do ruído interno e externo ao parque industrial, melhorando assim a qualidade dos ambientes;

2) a redução do ruído feita pelo planejamento físico - isolando os edifícios ou máquinas. A disposição apropriada dos equipamentos, dos setores e das estruturas de vibração, pode levar à níveis acústicos recomendadas assim como proteger o ambiente externo à indústria.

3) o controle sistemático dos níveis de ruído, não permitindo que estes se elevem, pelo desgaste ou falta de manutenção, a níveis excessivos.

Caso não se consiga o resultado desejado no nível de ruído, cabe o uso do EPI (Equipamento de Proteção Individual), dando melhor condição para o empregado, além de resguardar a empresa legalmente.

As distintas técnicas de controle de ruído se baseiam fundamentalmente nos diferentes tratamentos que podem efetuar-se com as ondas sonoras.

Segundo ASTETE [2] o controle sempre deve ser feito quando os padrões utilizados na avaliação são ultrapassados. Podendo-se seguir um ou vários dos processos:

- controle na fonte;
- controle sobre a via de transmissão;
- controle no pessoal, diminuindo o tempo de exposição ou
- utilizando protetores auriculares.

Quando se pretende a redução da geração do ruído, substituindo equipamentos ou componentes ruidosos por outros, se diz normalmente que se segue os "Procedimentos Ativos de Controle". No caso de tratamentos e acondicionamentos acústicos dos locais, ou

estudo da ordenação e disposição de equipamentos ruidosos nos recintos, o termo usado é "Procedimentos Passivos de Controle". Estes não evitam a geração do ruído mas atenuam suas consequências sobre os receptores.

4.1 - Procedimentos Ativos de Controle de Ruídos

Estes procedimentos são os mais satisfatórios para se conseguir os resultados esperados, mas possuem uma série de limitações entre as quais cabe destacar o fato de que os problemas devem ser abordadas a fase de desenho do equipamento e da utilidade do elemento gerador do ruído. Uma vez construídas as instalações, as soluções deste tipo podem requerer custos de redução de ruído impraticáveis. Outra limitação a este procedimento é que, na maioria das vezes, se necessita de suporte teórico de cálculo e trabalhos empíricos, com ensaios e modificações para se atingir os resultados desejados.

[11] Apesar disto, existem uma série de procedimentos clássicos para a redução do ruído na origem e entre eles destacam-se os seguintes :

- a) substituição das peças desgastadas, incluindo uniões ou encaixes elásticos;
- b) instalação de elementos antivibratórios, interpondo materiais amortecedores entre superfícies que se chocam entre si e outros.

O controle das vibrações se baseia fundamentalmente em dois fenômenos: o deslizamento e a amortização. [17]

O deslizamento, quando se interfere na propagação da vibração como elementos elásticos que atuam de modo similar a filtros.

A amortização se apoia na porosidade dos materiais empregados como antivibratórios.

Os cálculos dos amortizadores se podem realizar de modo experimental.

4.2 - Procedimentos Passivos de Controle de Ruído

Uma mesma fonte de ruído pode provocar diferentes níveis de ruído dependendo de sua localização, orientação e características do local onde se instala.

Através de simulação do ruído em determinados locais e através de cálculos de situações pode-se chegar a opções para redução na propagação de ruídos.

5 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

5.1 - Recomendações ISO 1.999

Estas recomendações são baseadas na teoria da energia equivalente, estabelecendo-se uma relação entre o nível da pressão sonora, tempo de exposição e a porcentagem esperada de pessoas que sofrerão diminuição de sua capacidade auditiva. [16]

A base dessa recomendação se encontra nos estudos experimentais realizados por BAUGHN sobre um contingente de 6.835 indivíduos, efetuando-se audiometrias monoauriculares (ouvido direito). Alguns parâmetros e conceitos envolvidos nesta recomendação são apresentados a seguir.

a) Índice Parcial de Exposição ao Ruído

Este índice vem determinado por um nível sonoro e sua duração durante uma semana de trabalho (40 h). É calculado pela expressão:

$$E_i = \frac{\Delta T_i}{40} \times 10^{0,1(L_i - 70)} \quad (2)$$

onde:

E_i = Índice parcial;

ΔT_i = Tempo de exposição semanal, em h;

L_i = Nível sonoro, em dB(A).

Tabela 5.1 - Índices parciais de exposição de ruído para níveis de pressão acústica entre 80 e 120 dB(A) e durações de 10 min a 40 h por semana [16]

Duração semanal		Índices parciais de exposição ao ruído								
Horas	Minutos	Nível de pressão sonora em dB (A) (Ponto médio da classe)								
		80	85	90	95	100	105	110	115	120
	10					5	15	40	130	415
	12					5	15	50	160	500
	14					5	20	60	185	585
	16					5	20	65	210	665
	18					10	25	75	235	750
	20					10	25	85	265	835
	25				5	10	35	105	330	1.040
	30				5	15	40	125	395	1.250
	40				5	15	55	165	525	1.670
	50				5	20	70	210	660	2.080
	60			5	10	25	80	250	790	2.500
	70			5	10	30	90	290	920	2.920
	80			5	10	35	105	330	1.050	3.330
	90			5	10	40	120	375	1.190	3.750
	100			5	15	40	130	415	1.320	4.170
2				5	15	50	160	500	1.580	5.000
2,5				5	20	65	200	625	1.980	6.250
3				10	25	75	235	750	2.370	7.500
3,5			5	10	30	90	275	875	2.770	8.750
4			5	10	30	100	315	1.000	3.160	10.000
5			5	15	40	125	395	1.250	3.950	12.500
6			5	15	45	150	475	1.500	4.740	15.000
7			5	20	55	175	555	1.750	5.530	17.500
8			5	20	65	200	630	2.000	6.320	20.000
9			5	25	70	225	710	2.250	7.110	22.500
10		2,5	10	25	80	250	790	2.500	7.910	25.000
12		2,5	10	30	95	300	950	3.000	9.490	30.000
14		2,5	10	35	110	350	1.110	3.500	11.100	
16		2,5	15	40	125	400	1.260	4.000	12.600	
18		2,5	15	45	140	450	1.420	4.500	14.200	
20		2,5	15	50	160	500	1.580	5.000	15.800	
25		2,5	20	65	200	625	1.980	6.250	19.800	
30		5	25	75	235	750	2.370	7.500	23.700	
35		5	30	90	275	875	2.770	8.750	27.700	
40		5	30	100	315	1.000	3.160	10.000	31.600	

Índice Parcial Composto de Exposição ao Ruído

Soma dos níveis parciais de exposição ao ruído para todos os níveis sonoros, durante uma semana de trabalho.

Nível Sonoro Contínuo Equivalente

É o nível sonoro em dB (A) que se estivesse presente toda semana, daria o mesmo índice composto de exposição ao ruído, correspondente a distintos níveis sonoros medidos em uma semana em uma situação real.

Tabela 5.2 - Relação entre índice composto de exposição ao ruído e nível equivalente de ruído contínuo [16]

Índice composto de exposição	Nível equivalente de ruído contínuo dB (A)
10	80
15	82
20	83
25	84
30	85
40	86
50	87
60	88
80	89
100	90
125	91
160	92
200	93
250	94
315	95
400	96
500	97
630	98
800	99
1.000	100
1.250	101
1.600	102
2.000	103
2.500	104
3.150	105
4.000	106
5.000	107
6.300	108
8.000	109
10.000	110
12.500	111
16.000	112
20.000	113
25.000	114
31.500	115

5.2 - Recomendação A C G I H

A A .C. G. I. H. (American Conference Industrial Hygienists) publica uma lista de T.L.V. (Thershold Limits Values) e em 1969 contemplou pela primeira vez as normas correspondentes ao ruído.

A expressão que determina o tempo máximo de exposição (T) em h/dia, em um nível de ruído (L), medido em dB (A), é:

$$T = \frac{16}{2^{(L-85)/5}} \quad (3)$$

Desta expressão extrai-se os seguintes limites para diferentes níveis de pressão sonora, ilustrados na tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Exposição máxima ao ruído [16]

Nível de ruído dB (A)	Tempo máximo de exposição (h/dia)
85	16
90	8
95	4
100	2
105	1
110	1/2
115	1/4

Em 1975, a A.C.G.I.H. modificou o T.L.V. a partir de um estudo realizado pelo NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) substituindo a expressão do tempo máximo da exposição para a seguinte:

$$T = \frac{16}{2^{(L-80)/5}} \quad (4)$$

Esta fórmula permite a construção da tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Exposição máxima ao ruído [16]

Nível de ruído dB (A)	(h/dia)
80	16
85	8
90	4
95	2
100	1
105	1/2
110	1/4

A recomendação NIOSH, em que se apoiou esse critério, se fundamentou em um estudo experimental sobre um contingente de 400 trabalhadores.

Neste estudo estabeleceu-se que exposições contínuas de 8 h/dia, em níveis de 85 dB (A), tem nível aceitável de risco de 10 a 15. Assumindo este nível de risco se fixou, em 85 dB (A) o limite de ruído contínuo.

5.3 - Outras recomendações

Existem outras recomendações que não serão explicitadas por não trazerem informações relevantes ao escopo deste trabalho. Podem entretanto auxiliar em algum processo que envolva procedimentos administrativos legais como aposentadoria, insalubridade, invalidez, etc.

5.4 - Norma Legal Brasileira

É utilizada no Brasil a Norma Regulamentadora nº 15 (NR - 15) que rege sobre "ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES".

No caso do ruído, a tabela 5.5 que reproduz o anexo 1 desta norma é específica. Os limites adotados são os mesmos da N. I. O. S. H. (National Institute for Occupational Safety and Health) com a fórmula alterada a partir de 1975: (fórmula nº 4)

A tabela 5.5 apresenta o critério brasileiro de Limites de Tolerância, contido na Norma Regulamentadora NR-15, Anexos nº 1 e nº 2, da Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978.

Por sua importância deve ser conhecida e devidamente interpretado nos seus aspectos técnicos.

Tabela 5.5 - Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente [8]

Nível de ruído dB (A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 h
86	7 h
87	6 h
88	5 h
89	4 h e 30 min
90	4 h
91	3 h e 30 min
92	3 h
93	2 h e 40 min
94	2 h e 15 min
95	2 horas
96	1 h e 45 min
98	1 h e 15 min
100	1 h
102	45 min
104	35 min
106	25 min
108	20 min
110	15 min
112	10 min
114	8 min
115	7 min

Observações quanto ao uso da tabela 5.5:

- a) "Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário, será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado."
- b) "Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, a soma das seguintes frações deve ser inferior à unidade;

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_a}{T_a} \leq 1$$

Se exceder a unidade, a exposição estará acima do limite de tolerância.

- c) Na equação acima C_a indica o tempo total que o trabalhador fica exposto num nível de ruído específico e T_a indica a máxima exposição diária permissível neste nível.
- d) "As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB (A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente."
- e) "Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB), com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador."

6 - BORRACHA NO TRATAMENTO DE MINÉRIOS

6.1 Principais características técnicas da borracha

No início da década de 60, a borracha já estava sendo utilizada em mineração em peças de desgaste, principalmente nas grelhas de descarga e nos moinhos autógenos e avançou em campos dominados pelo aço manganês ou similares, ou por revestimento cerâmicos.[33]

Na década de 70, a borracha apresentava inúmeras aplicações com vantagens mensuráveis dentro do Tratamento de Minérios em todo o mundo.

Atualmente a indústria mineral utiliza a borracha em alto grau. É utilizada na lavra e no beneficiamento como revestimento de caçambas de caminhões, chutes, calhas, transportadores de correia, barras alimentadoras, telas de peneiras primárias, secundárias e terciárias, parte interna das peneiras, revestimento do corpo, grelhas e trommel de moinhos, revestimentos de bombas, alimentador de britadores (direcionador), etc.

Suas propriedades permitem que receba grandes impactos sem grandes deformações permanentes, com a maior parte das forças sendo absorvidas através da sua elasticidade. [4]

Algumas aplicações se justificam apenas pela redução de ruído que resulta em melhor qualidade no ambiente de trabalho. Soma-se a isto as vantagens no manuseio das peças fabricadas de borracha, reduzindo o tempo de manutenção, os riscos de acidentes e facilidade de aplicação pois a borracha muitas vezes pode ser ajustada a uma menor dimensão apenas com o uso de uma faca. A borracha resiste à maioria dos produtos químicos usados em processo mineral, exceto óleos minerais em concentrações superiores a 1,5 kg/t de material. É imune a ferrugem e um grande isolante elétrico. [28]

A desvantagem é que, ao contrário de materiais rígidos de revestimento, a borracha não resiste a certos tipos de abrasão perdendo pedaços de material. Na maioria das aplicações, o processo de desgaste é complexo, sendo produzido tanto por impacto quanto por cisalhamento. A velocidade de desgaste da borracha é função do tamanho da partícula e da sua velocidade, e especialmente, do ângulo de impacto. A grande parte dos danos por abrasão acontece quando a força de cisalhamento tem um componente paralela à superfície de impacto da borracha, particularmente em ângulos de impacto abaixo de 30° .

Apresentamos na tabela 6.1 abaixo alguns dados técnicos de vários tipos de borracha (natural e sintéticas) e as respectivas resistências contra abrasão, óleos, hidrólise, oxidante e temperatura de trabalho.

Tabela 6.1 - Alguns dados técnicos de borrachas usadas na indústria mineral [29]

TIPO	DENOMINAÇÃO TÉCNICA	LIMITE RUPTURA Pa	DUREZA SHORE	RESISTÊNCIA (1)						TEMPERATURA TRABALHO °C (2)	
				ABRASÃO	TEMPO	ÓLEOS	HIDROLISE	OXIDANTE	POUCO TEMPO	LONGO TEMPO	
NIR	BORRACHA NATURAL	150 - 300	30 - 90	B	R	C	E	R	110	70	
	ISOPREMO										
BORRACHAS SINTÉTICAS	BUTILICA	100 - 180	40 - 75	R	B	C	E	B	170	130	
SSR	ESTIRENO - BUTADIENO	100 - 250	40 - 90	B	R	C	E	R	130	90	
BR	BUTADIENO	100 - 200	40 - 80	E	R	C	E	R	130	90	
NBR	NITRILICA	100 - 250	40 - 95	B	R	B	B	R	140	110	
CR	CLOROPRENO (NEOPRENE)	100 - 250	40 - 95	B	B	R	B	R	140	110	
EPDM	ETILENO - PROPILENO	100 - 225	40 - 90	B	E	C	E	B	170	130	

(1) - As indicações nas colunas **RESISTÊNCIA** significam:

C = Contraindicada

R = Regular

B = Boa

E = Excelente

(2) - Nas colunas **TEMPERATURA TRABALHO**:

Pouco tempo = Temperatura durante pouco tempo (menos de 1 hora).

Longo tempo = Temperatura normal máxima de trabalho durante longo tempo (mais de 1 hora).

6.2 - Algumas propriedades da borracha [18]

No estudo da borracha, tem-se três parâmetros básicos:

- a - amortecimento de impacto;
- b - ângulo de impacto;
- c - altura de queda e velocidade com que o material flui.

6.2.1 - Amortecimento de impacto

Quando o material bate na placa de borracha, esta desloca-se lateralmente. Quando a tensão torna-se alta demais, no lugar do impacto, a borracha trinca. Este processo é conhecido como "cut-through" e destrói rapidamente a placa por desgaste prematuro, como mostra a figura [6.1]. Para evitar esse processo é importante que a peça de borracha tenha a espessura adequada para o tamanho e altura da queda do material.

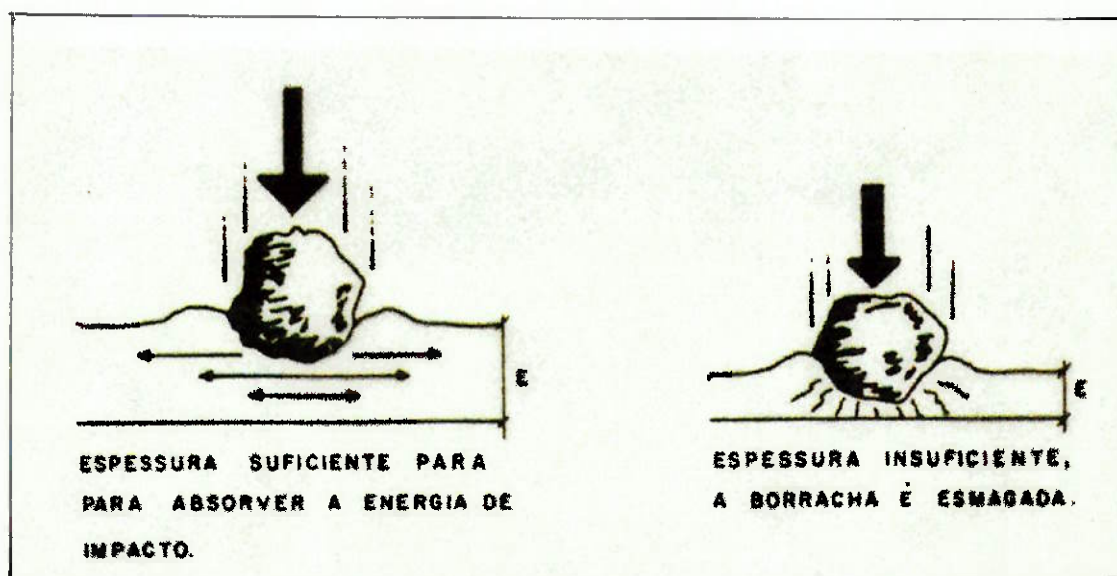


Figura 6.1 - Amortecimento de impacto na borracha [22]

6.2.2 - Ângulo de impacto

Um fragmento batendo na borracha com ângulo de impacto menor que 90° , acarreta forças cisalhantes que vão afetar o revestimento. As forças de impacto poderão ser absorvidas por uma deformação elástica da borracha, entretanto, como a borracha é menos resistente às forças de arraste do que o aço, o desgaste na borracha aumenta com a diminuição do ângulo de impacto. [28]

Como ação preventiva para garantir um menor desgaste da peça de borracha serrilhada, esta deverá ser instalada de maneira que o ângulo de impacto seja o mais próximo possível de 90° . (figura 6.2)

Se não houver maneira de mudar o ângulo de impacto, placas de borracha serrilhada podem ser instaladas. Este tipo de placa pode ser instalada em calhas e chutes de alimentação da peneira vibratória, inclusive para reduzir a velocidade do material.

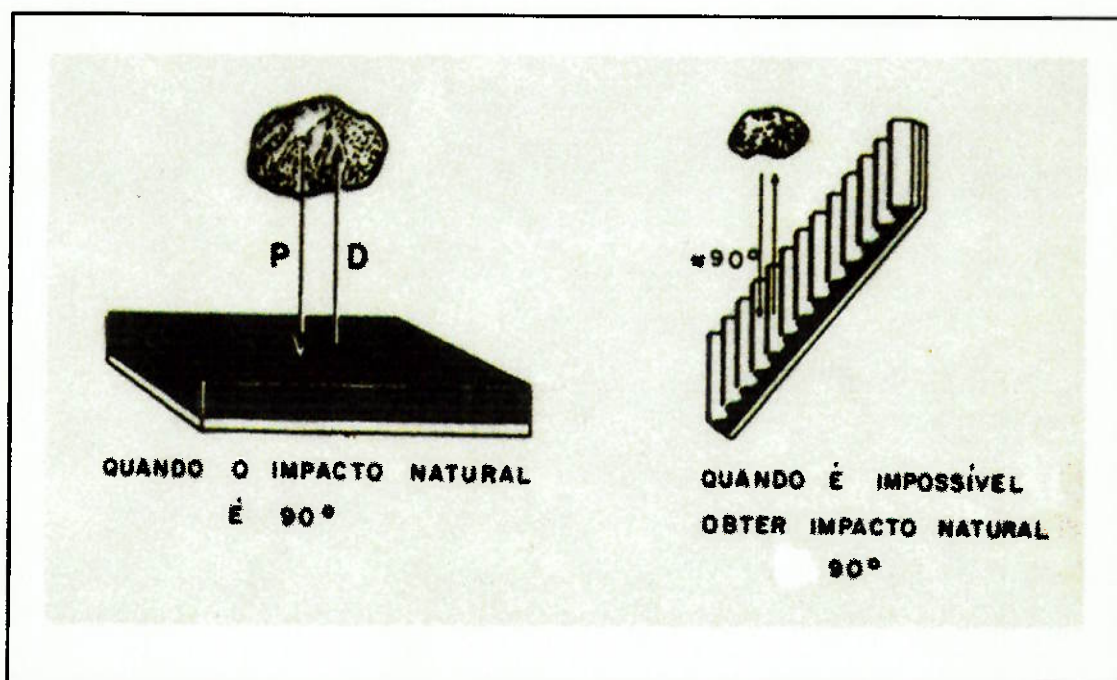


Figura 6.2 - Ângulo de impacto na borracha [13]

A borracha tem grandes vantagens quanto ao desgaste quando aplicados o mais próximo de 90° em relação ao impacto recebido. Para ângulos de impacto entre 5° e 50° deve-se utilizar borracha perfilada, procurando elevar o ângulo de impacto para próximo de 90°.

6.2.3 - Altura de queda e velocidade com que o material flui

Quando a velocidade do fragmento ou partícula excede o limite que pode ser suportado pela borracha, não há tempo suficiente para que ela absorva a energia de impacto.

Ocorre aí uma tensão que excede o valor de resistência, sem deslocamento lateral da borracha, a qual é cortada.

A espessura da peça de borracha é função da altura de queda do material e peso do maior tamanho do material. É importante atentar para este valor pois é fator determinante para a vida útil das peças. Por exemplo, para um material cujo maior bloco pesa 400 kg, para uma queda de 3 metros, necessita-se de peça de borracha com espessura de 30 mm, para garantir uma boa performance de trabalho.

A figura 6.3 apresenta gráficos relacionando massa, altura de queda e espessura requerida.

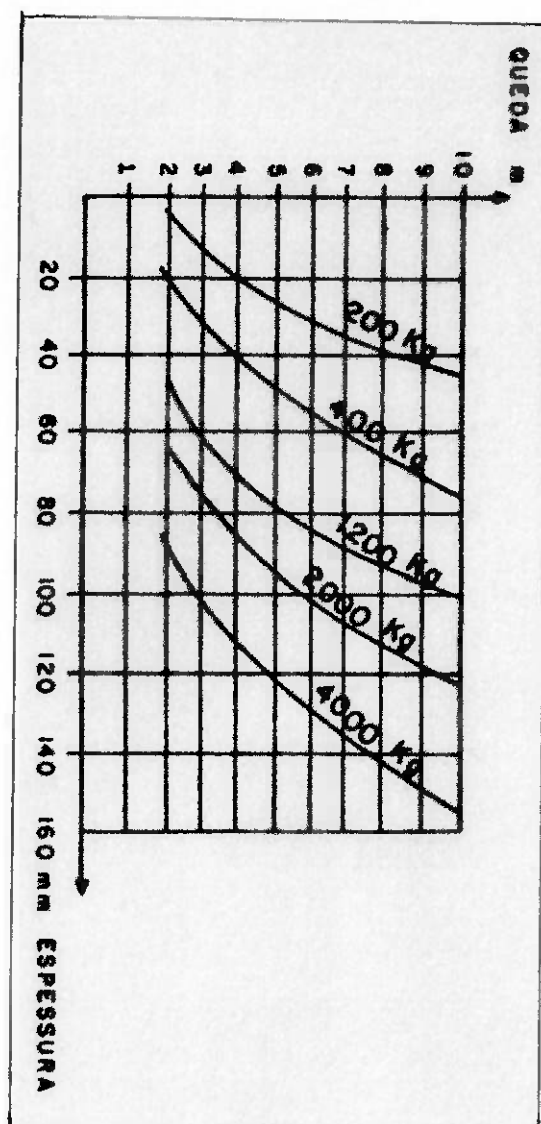


Figura 6.3 - Espessuras de esmagamento da borracha em função da altura de queda e peso do fragmento rochoso [34]

6.3 - Comparação entre borracha e aço

Uma enorme perda econômica, bem como um desperdício de materiais ocorre mundialmente como resultado do desgaste dos componentes de máquinas e instalações industriais. [6]

Um problema para os fabricantes de revestimentos resistentes ao desgaste tem sido as variações que os elementos abrasivos provocam no rendimento de seus produtos. Principalmente os fabricantes que cobrem grandes áreas, que vêm-se obrigados a estudar cada zona para poder conseguir rendimentos estimativos. As soluções para o problema de desgaste são particulares e devem ser estudados caso a caso. [22]

O problema do desgaste torna-se cada vez mais grave com o aumento da capacidade de produção e a premente necessidade de redução de custo, e os prejuízos com equipamentos parados crescem rapidamente. Daí a necessidade de se ter um revestimento que dure mais e que possa ser trocado com rapidez. Em muitos casos, a solução tem sido o uso de revestimentos de borracha os quais, na maioria das vezes, podem ser projetados de forma a garantir uma vida mais longa e podem ser substituídos com maior rapidez do que os revestimentos de aço . [19]

Hoje em dia, em muitas minas, já existe a convicção das vantagens que se pode obter com o uso da borracha como material de resistência ao desgaste, existindo, porém, inúmeras outras onde o aço ainda é utilizado em aplicações nas quais a borracha é muito superior e poderia reduzir o custo por tonelada, bem como o tempo parado do equipamento. [23]

No caso de telas de peneiras, projetadas adequadamente com telas de borracha, elas não entupirão da mesma forma que as de aço. Isto porque a borracha sendo elástica, permite que se faça furos cônicos em seu perfil, impedindo o entupimento. A vida útil é

muito superior à da tela de aço, e como o preço também é mais elevado, o aconselhável é se fazer o cálculo do custo/benefício, levando em conta não só o preço e a vida útil, como também o número de trocas a menos que as telas de borracha asseguram. [32] A figura 6.4 apresenta um gráfico comparativo da durabilidade da vida útil de tela de aço e tela de borracha para diversos tipos de materiais a serem peneirados em relação às horas operadas.

Este gráfico é geral pois não especifica o tipo de minério que passa pela tela, mas apresenta uma tendência válida para as situações mais comuns para os minérios estudados.

As telas de borracha tem algumas limitações que são:

- menor área útil;
- tamanho de alimentação entre 10mm e 20,32 mm;
- maior custo.

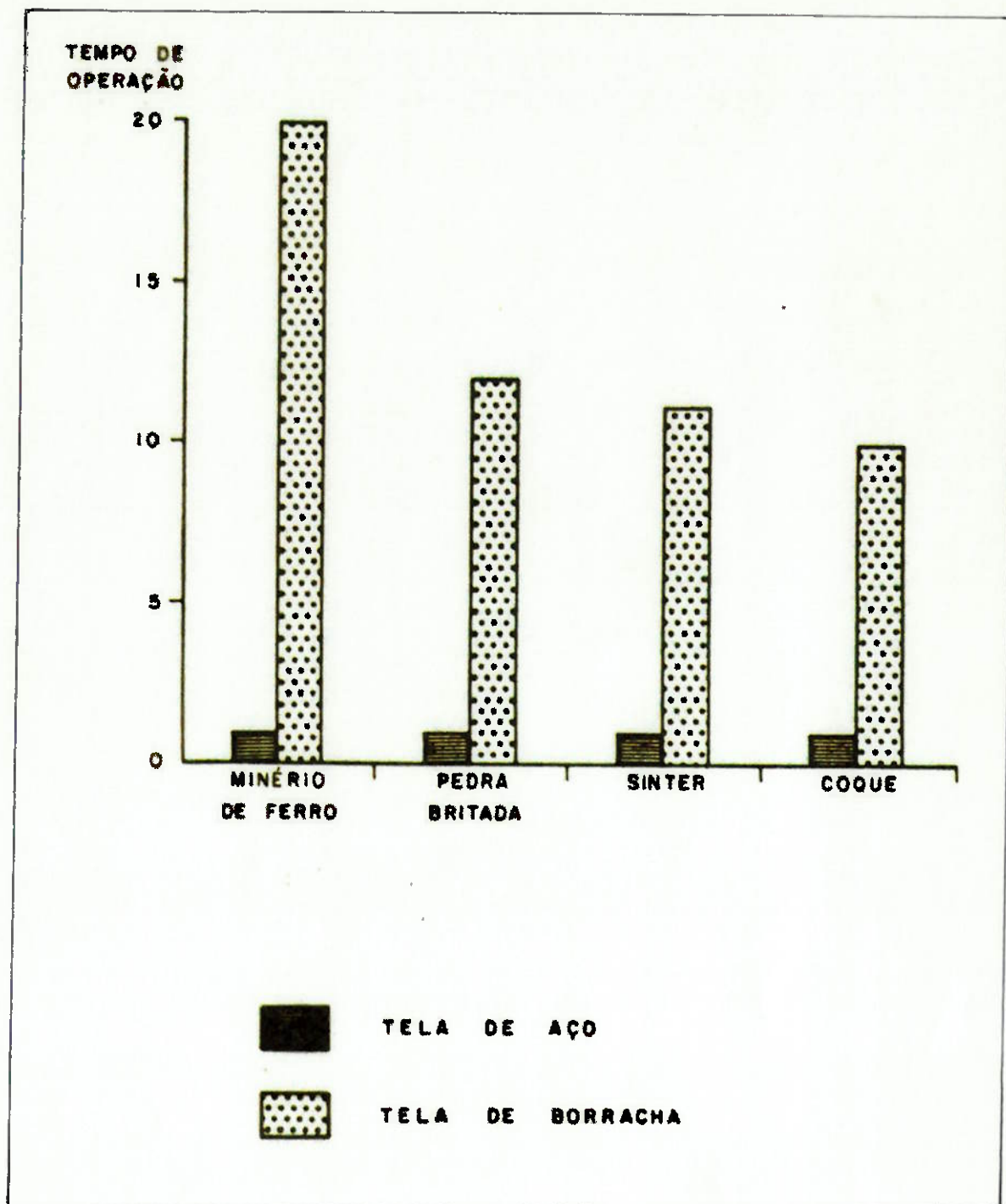


Figura 6.4 - Comparação de durabilidade entre tela de aço e tela de borracha para diversos tipos de material a serem peneirados [27]

A tabela 6.2 apresenta alguns dados mecânicos e térmicos para borracha, aço e alumínio

**Tabela 6.2 - Comparação de alguns parâmetros entre borracha
aço e alumínio [28]**

ITENS	BORRACHA	AÇO CARBONO	ALUMÍNIO
Densidade	0,9 a 1,5	7,9	2,7
Limite Tração, Kg/mm ²	0,5 a 3,0	40	20
Alongamento, %	100 a 700	10 a 15	15
Temperatura, Trabalho, °C	75 a 250	600	400
Condutibilidade Térmica (Kcal / m ² / m / h / °C)	0,1 a 0,4	60	175

Na utilização de peça de desgaste de borracha, deve-se procurar que o ângulo de impacto entre o material e a peça seja mais próximo possível de 90°, que é a situação onde a diferença de vida útil entre o aço e a borracha é maior. Para ângulos diferentes de 90°, deve-se usar peças de borracha perfiladas, conforme ilustra a figura 6.5.

Isto porque a borracha apresenta resistência à compactação mas não à abrasão, que é o caso de contato com a peça de desgaste em ângulos próximos de zero.

A figura 6.5 mostra bem que a borracha apresenta melhor performance em relação ao aço para ângulos de impacto entre 0° a 5° e 70° a 90°.

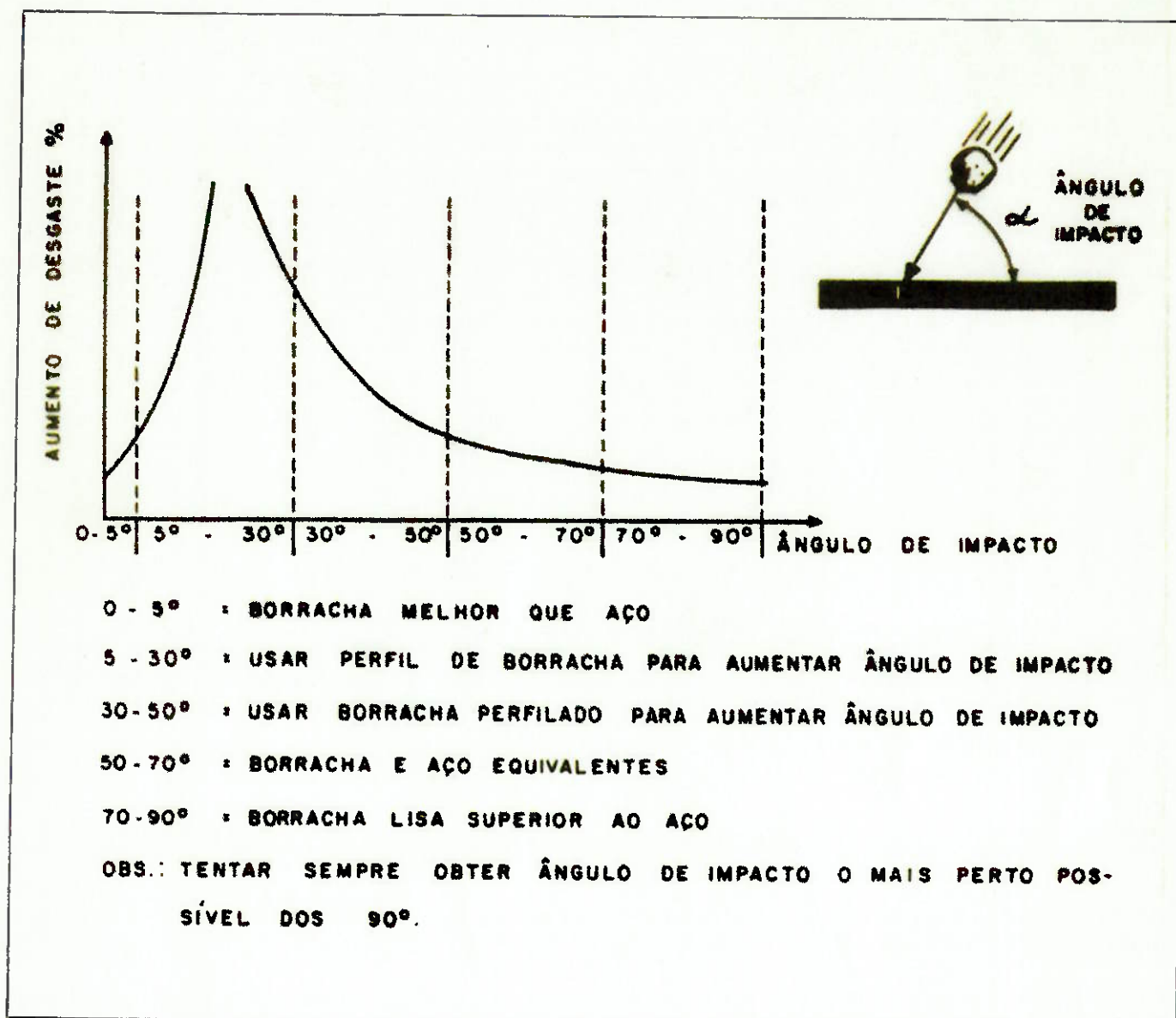
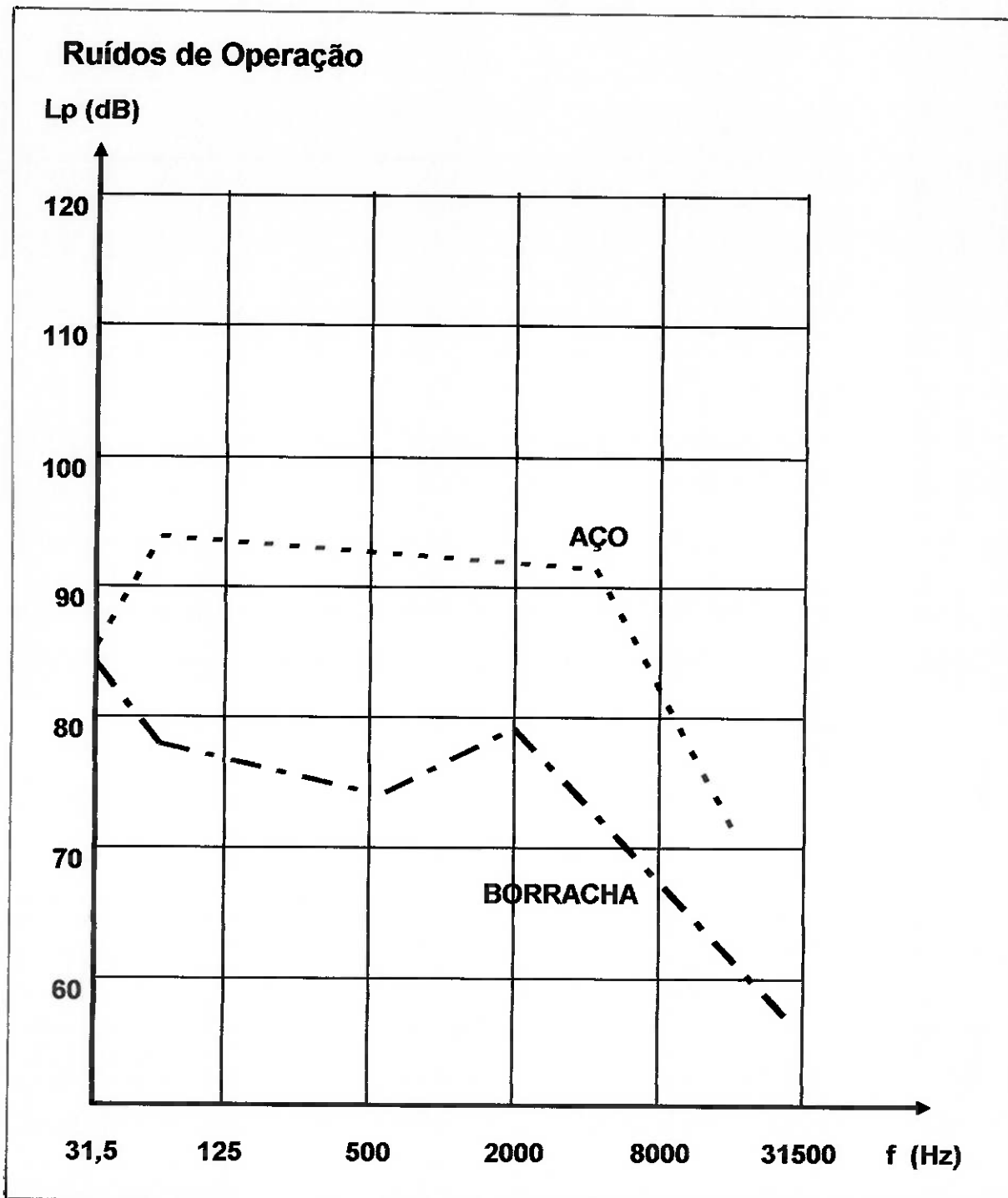


Figura 6.5 - Desgaste na borracha x ângulo de impacto [35]

O gráfico 6.3 apresenta a redução de ruído, com curvas típicas para revestimento aço/borracha, com redução de mais de 15 dB no nível de pressão sonora.

Gráfico 6.3 - Curvas típicas para revestimentos aço/borracha [26]



Segundo esta curva pode-se observar que independente da frequência, os revestimentos de borracha sempre trabalham abaixo do limite de tolerância de 85dB, e a média têm 10dB a menos de ruído que o aço. No caso de instalações de beneficiamento, onde a frequência está em torno de 1000 Hz a vantagem das peças de borracha é patente.

7 - A SAMITRI - S.A. MINERAÇÃO DA TRINDADE - UNIDADE DE ANDRADE

7.1 - Histórico

A S. A Mineração da Trindade - Samitri - foi fundada em 1939. Na época, era apenas mais uma produtora de minério de ferro, modesta e de pequeno porte.

Treze anos depois, a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira adquiriu seu controle acionário, e a Samitri passou a operar como um instrumento de desenvolvimento de recursos minerais.

Em 1963, iniciou suas exportações e o capital foi aberto ao público, sendo suas ações negociadas nas bolsas de valores brasileiras.

Em 1973, visando ao aproveitamento de suas amplas reservas de itabiritos, em associação com a Marcona Ore Corporation, deu início ao Projeto Samarco.

As atividades desta nova empresa tiveram início em 1977.

A Samitri é, portanto, uma empresa privada, brasileira, de capital aberto, cujo maior acionista é a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira.

7.2 - Localização

Com sede em Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, a Samitri opera, atualmente, várias minas no chamado Quadrilátero Ferrífero, região responsável pelo maior volume de minério de ferro produzido no país.

Na figura 7.1 temos a localização das unidades da Samitri, incluindo os Portos de Tubarão e Ponta de Ubú, esse último pertencente à Samarco.

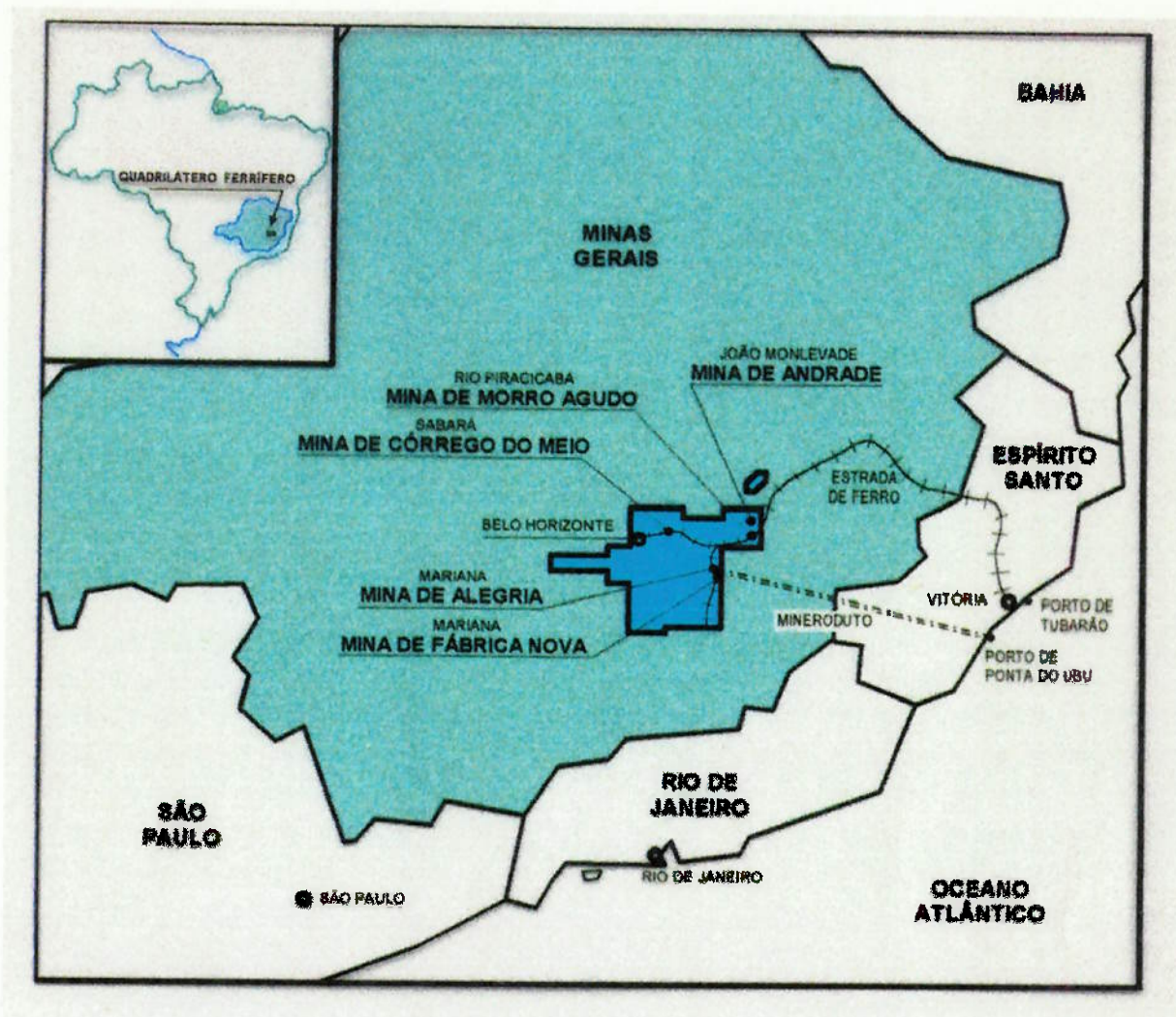


Figura 7.1 - Localização das Minas da Samitri [5]

A empresa atua em diversos distritos mineiros explorando o minério de ferro, que blendados atende às diversas especificações exigidas pelos clientes. Os principais clientes são da Europa (45%), Ásia (25%), Américas (15%), Brasil (15%). Estes distritos são descritos a seguir.

A - DISTRITO MINEIRO DE ALEGRIA

Este empreendimento mineiro, que cobre parte dos municípios de Mariana e Ouro Preto, compõe-se de três minas: Alegria, Conta História e Miguel Congo.

Situada a 160 km de Belo Horizonte e a 630 km, por ferrovia, do Porto de Tubarão, a Mina de Alegria está em operação desde 1969.

Sua infra-estrutura atende também às Minas de Conta História e Miguel Congo, produtoras de minério de manganês ferruginoso, desde 1959 e 1985, respectivamente.

B - DISTRITO MINEIRO DE MORRO AGUDO

Localizada a 140 km a leste de Belo Horizonte e a 575 km do Porto de tubarão, por ferrovia, a Mina de Morro Agudo tem sede na cidade de Rio Piracicaba, e está situada em áreas dos municípios de Rio Piracicaba e Santa Bárbara, áreas estas que formam o grande Distrito Mineiro de Morro Agudo, com várias minas e jazidas.

C - MINA DE ANDRADE

Situa-se a 130 km a leste de Belo Horizonte, no município de Bela Vista de Minas a 555 km, por ferrovia, do Porto de Tubarão e faz parte da Gerência de Morro Agudo (Rio Piracicaba-MG).

Atualmente destina-se, exclusivamente, ao abastecimento da usina da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, em João Monlevade - MG.

D - DISTRITO MINEIRO DE CÓRREGO DO MEIO

O Distrito Mineiro de Córrego do Meio onde está situada a Mina de Córrego do Meio engloba ainda diversas minas e jazidas ao longo da Serra do Curral.

A Mina de Córrego do Meio localiza-se a apenas 30 km de a leste de Belo Horizonte, junto a cidade histórica de Sabará e dista 640 km do Porto de Tubarão, por ferrovia.

7.3 - Processo na unidade de Andrade

A lavra é feita a céu aberto através de escavação nas partes friáveis e detonação nas partes compactas. O minério é transportado através de caminhões até a pilha de alimentação da instalação de beneficiamento, onde é britado e peneirado em várias etapas antes do embarque. O fluxograma operacional é apresentado na figura 7.2

A produção anual é aproximadamente 700.000 t de minério de ferro em forma de NPO (Natural Pellet Ore) e Sinter Feed.

A mina hoje conta com quarenta empregados e, a instalação de beneficiamento trabalha em um turno, e a equipe de apoio, como Seção Pessoal, Treinamento, Segurança e Medicina do Trabalho, Qualidade Total, Meio Ambiente e Informática é a mesma da Gerência de Morro Agudo (Rio Piracicaba).

Nas figuras 7.3, temos um exemplo da lavra e o beneficiamento na Samitri.

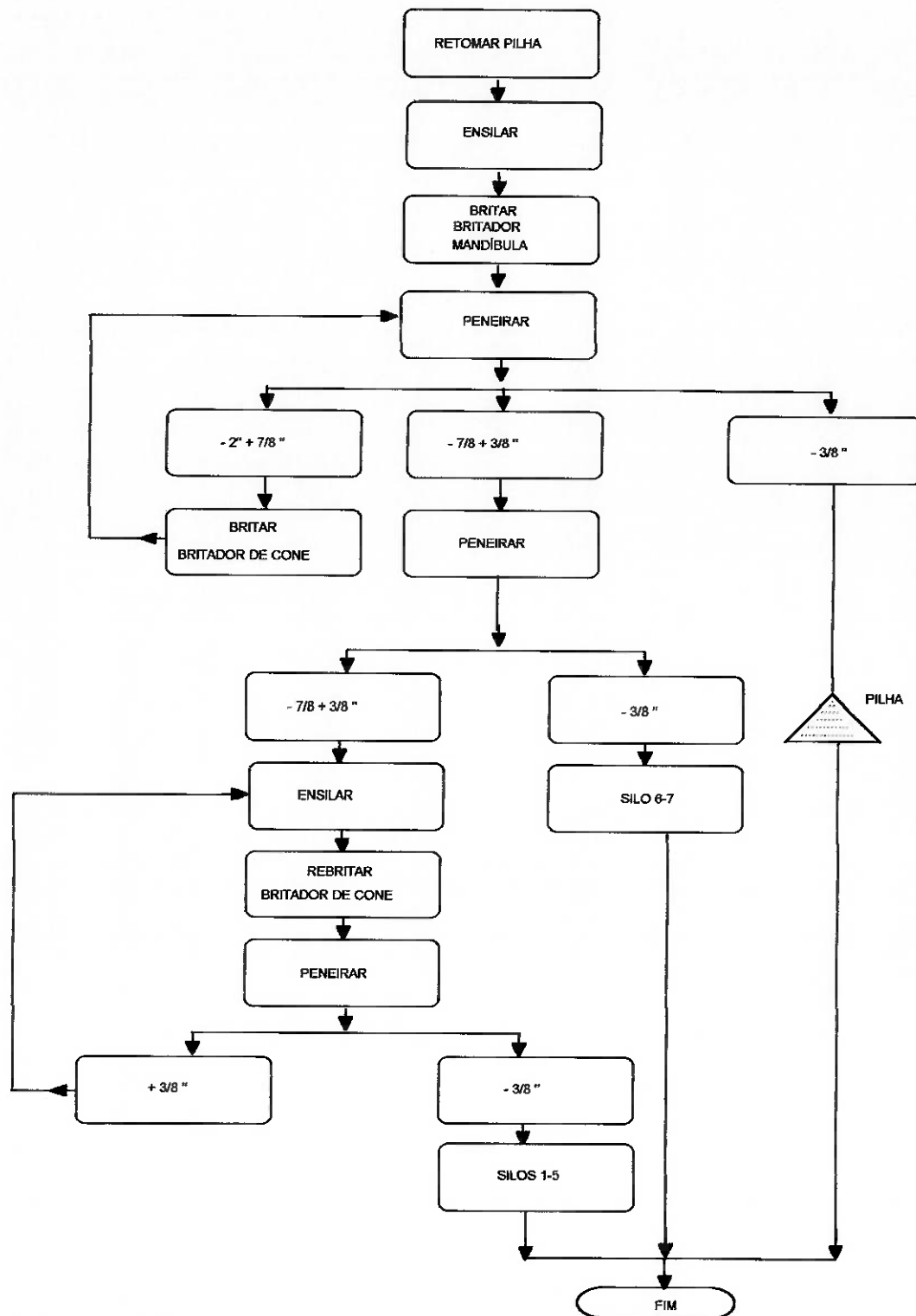


Figura 7.2 - Fluxograma do tratamento de minério da Mina de Andrade



Figura 7.3.a - Desmonte e carregamento

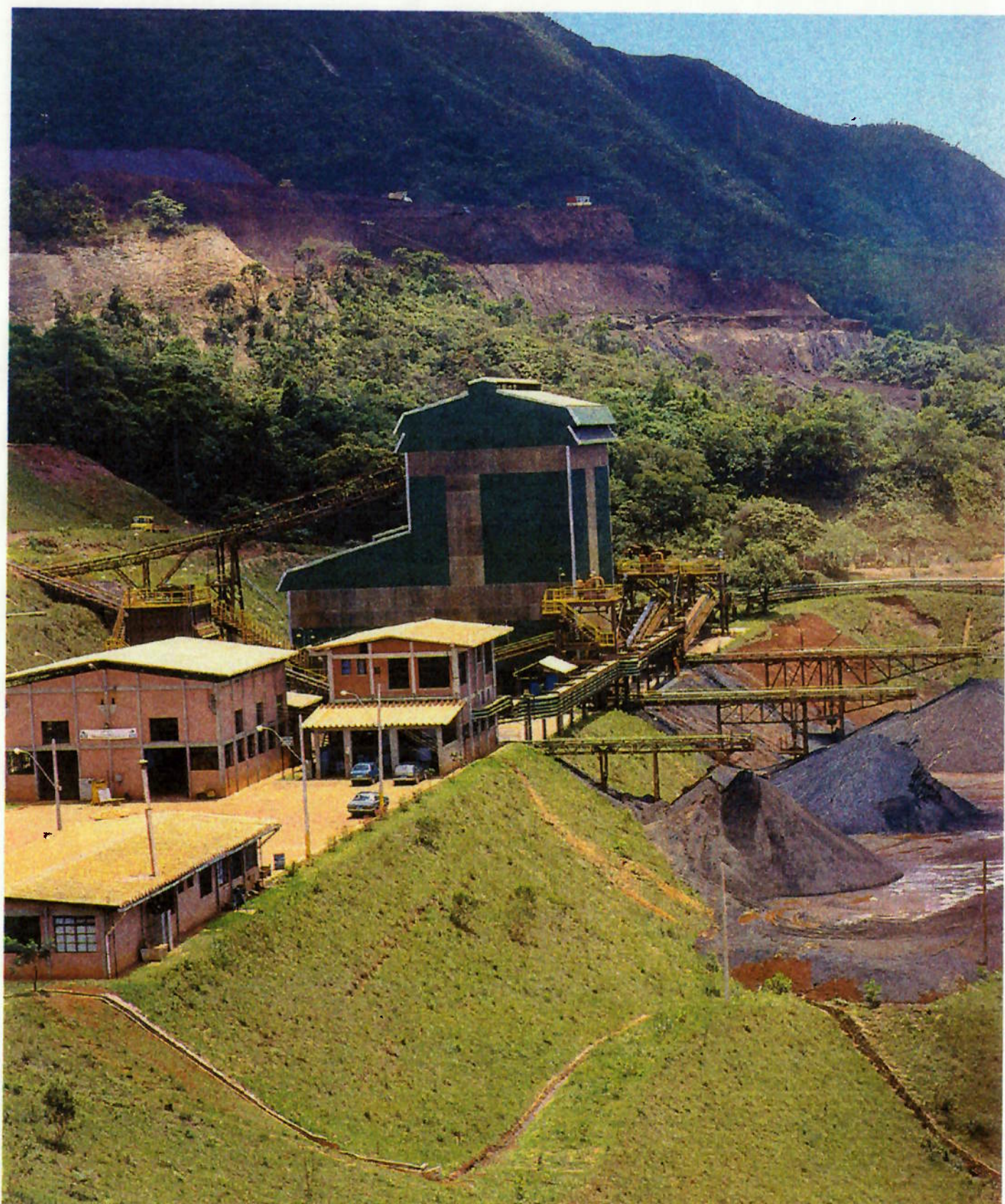


Figura 7.3.b - Usina de Beneficiamento da Samitri

8 - NÍVEIS DE RUÍDO

8.1 - Histórico

Buscando proporcionar condições de trabalho adequados aos seus trabalhadores, em 1991 a Samitri contratou os serviços do SENAI, Centro de Informação Profissional “Euvaldo Lodi”, via Laboratório de Higiene e Segurança no Trabalho, para que se fizesse um levantamento das principais condições ambientais dos diversos postos de trabalho nas Unidades de Morro Agudo e Andrade. Foram levantadas as condições de iluminância, ruído, poeira mineral, fumos metálicos, sobrecarga térmica, e gases e vapores.

Importantes fatores de um levantamento de higiene industrial são a utilização de instrumental de qualidade, e uma reconhecida competência e idoneidade dos técnicos analistas.

Conjuntamente com a equipe de segurança do trabalho, realizamos medições na unidade de Andrade utilizando equipamento específico da própria mineração.

As planilhas com anotações efetuadas nos locais de trabalho, geraram uma radiografia da empresa com relação a ruído ocupacional.

O índice dos efeitos combinados (IEC), sendo maior que 1 (um) indicaria que o limite de tolerância teria sido ultrapassado e que o trabalho no local medido seria considerado insalubre (segundo a legislação brasileira NR-7).

O método da dose acumulada cuja o nível de pressão sonora equivalente maior que 85 dB (A), sem as medidas de controle ou o uso do EPI adequado, também indicaria insalubridade na ocupação avaliada.

Conforme a tabela 8.1, para o nível equivalente acima de 95 dB (A) a NR-15 considera a situação como de exposição inaceitável em emergência, exigindo controle de ruído urgente, e em paralelo, exames audiométricos com maior frequência.

Tabela 8.1 - Priorização das ações de controle [8]

NEQ*	ÍNDICE E.C **	SITUAÇÃO DA EXPOSIÇÃO	CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS
DE 00 a 83	0,5 a 1,0	Aceitável	Situação de Observação
85 a 90	1,0 a 2,0	Inaceitável Séria	Controle de ruído. Exames audiométricos periódicos
90 a 95	2,0 a 4,0	Inaceitável Crítica	Controle de ruído. Exames audiométricos urgentes
maior que 95	maior que 4,0	Inaceitável Emergência	Controle de ruído urgentes Exames audiométricos urgentes, exames clínicos complementares

* Nível equivalente de som referente a exposição de 06 h diárias

** Índice de efeitos combinados.

As atividades ou operações que exponham o trabalhador à índice de ruído superiores aos limites de tolerância, sem a devida proteção, são considerados INSALUBRES de grau médio, dando ao trabalhador o direito de perceber o adicional de insalubridade de 20 % sobre o salário mínimo. Todavia a eliminação da insalubridade determinará a cessação do pagamento adicional (NR 13, item 15.4.2). [8]

8.2 - MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Pede-se analisar um problema utilizando a metodologia PDCA (planejar, fazer, checar e agir corretivamente), estudando-se o problema sobre vários ângulos, analisando-se os dados e buscando a causa mais provável, para bloqueio. Para atuar no problema do ruído foi formado um grupo de empregados envolvidos com a área em questão.

Identificação do problema

Percebia-se alto nível de ruído na área de instalação de tratamento, mesmo com utilização de EPI adequado. A área de Segurança do Trabalho solicitou um estudo do SENAI pois havia necessidade desses dados, inclusive para registros de aposentadoria e análise da gravidade da situação.

Com as medições constataram-se vários pontos de exposição com índice acima do permitido pela legislação vigente.

Seguindo a diretriz de ter sempre as melhores condições possíveis de trabalho para seus empregados, viu-se a necessidade de ação para reduzir o nível de ruído das áreas críticas, procurando-se ficar dentro da faixa legal permitida.

Os valores medidos foram colocados num gráfico com abcissas sendo locais de medição e como ordenadas o nível de ruído.

Este gráfico é apresentado na figura 8.1, e a figura 8.2 apresenta a localização dos pontos de medição.

A figura 8.1 indica que a situação encontrada em toda instalação de beneficiamento, está sempre acima do permissível pela NR-15.

A primeira etapa focalizou o controle nos pontos de amostragem de 15 a 27, que é justamente a área das peneiras 1 e 2.

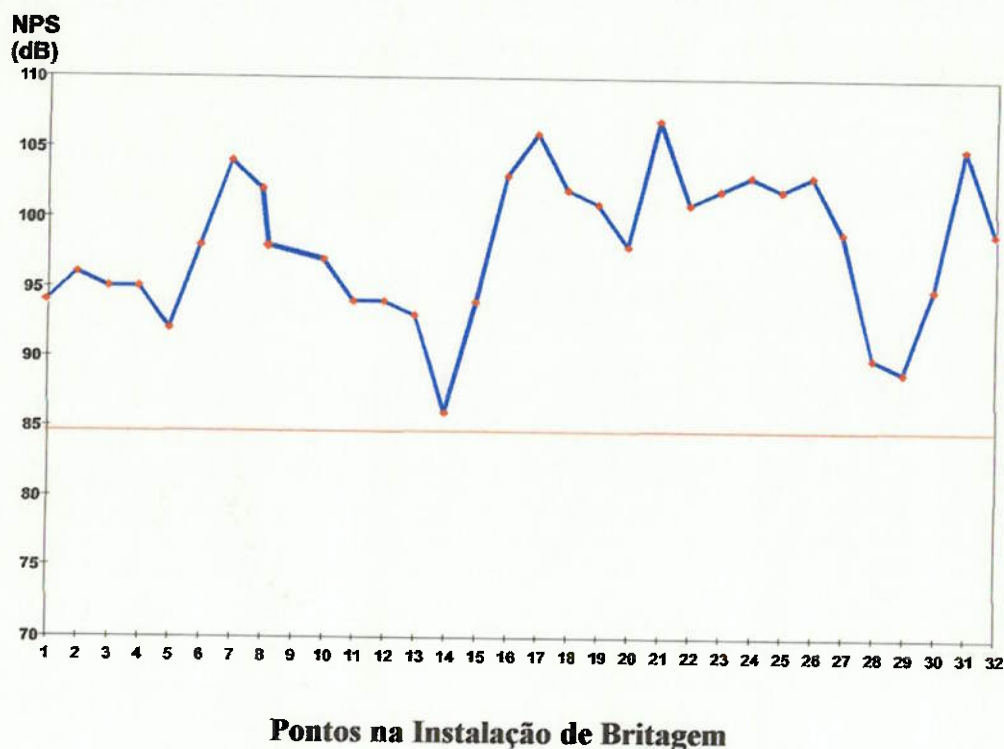


Figura 8.1 - Níveis de ruídos - situação anterior

Com as medidas ficou caracterizado o problema como sendo de excesso de ruído na instalação de beneficiamento do Andrade.

Uma coleta de dados criteriosa é essencial para um confiável embasamento de um trabalho [5]. Manuseando os dados disponíveis, foi elaborado um gráfico (figura 8.2), onde as medidas foram apresentadas por área física, em ordem decrescente do nível de ruído, mostrando quantas vezes ocorreram medidas com alto nível de ruído. Este gráfico mostra que todos os pontos de emergência com ruído permanente estão associados às áreas das peneiras e chutes. No topo das barras estão os níveis de ruído médio encontrado. Na vertical, o número de vezes que este nível foi encontrado.

A figura 8.3 apresenta as diversas partes de medição do fluxograma de tratamento, sendo destacados os locais com ruído mais alto (zona amarelada). Os valores associados a cada local são apresentados na tabela 8.2.

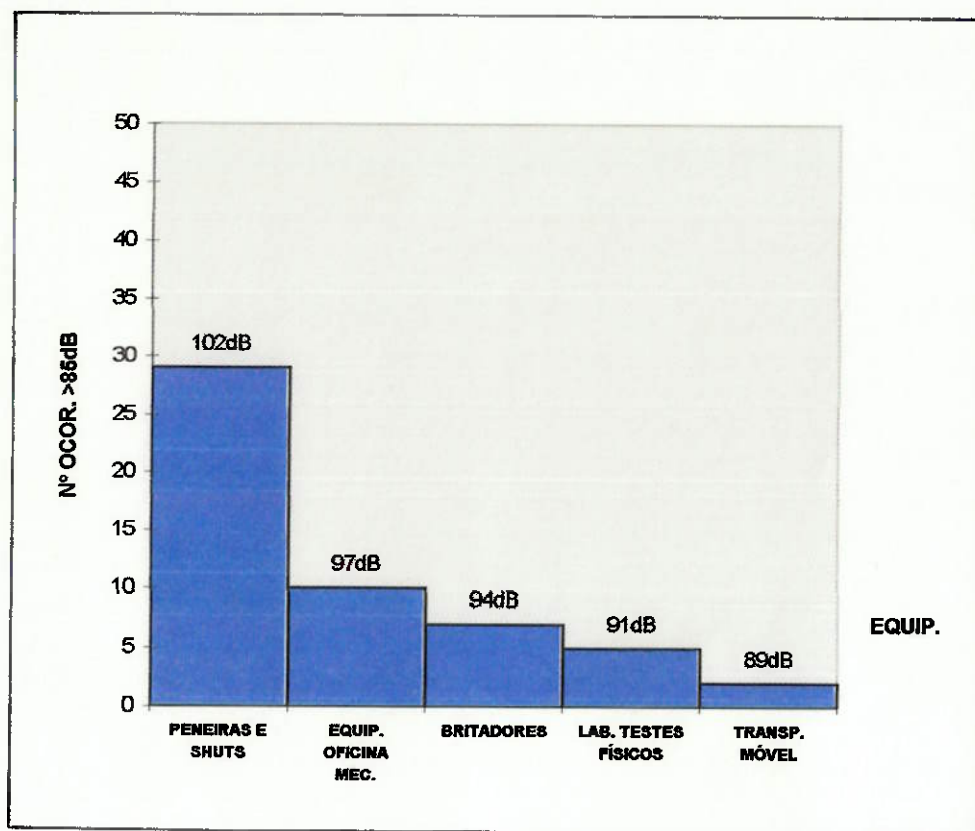
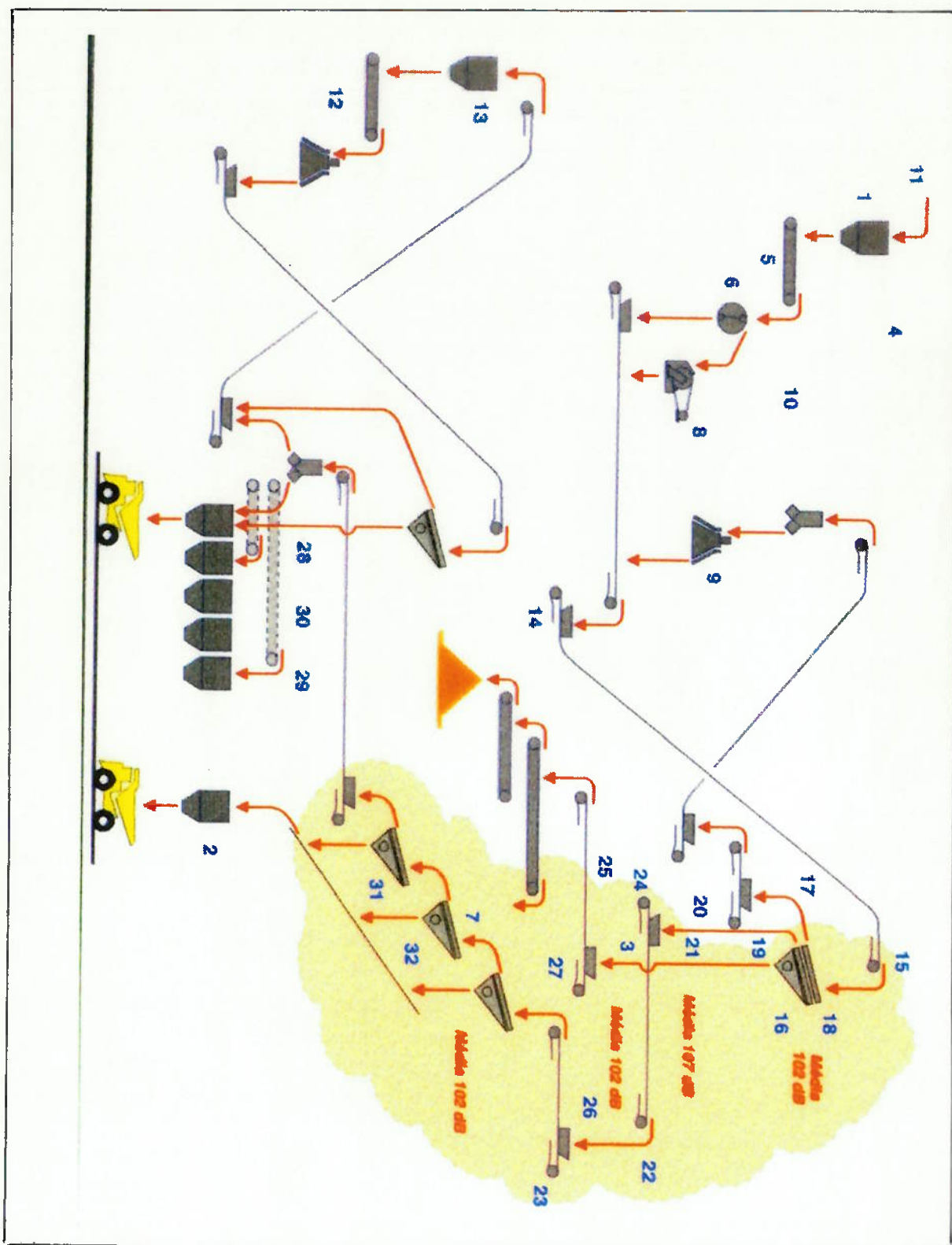


Figura 8.2 - Gráfico de barras para níveis de ruído para diferentes equipamentos.



**Figura 8.3 - Mina do Andrade - Fluxograma de Beneficiamento
e Pontos de Medição**

Tabela 8.2 - Ponto de medição de ruído na instalação de britagem - Andrade

PONTOS	LOCAL	dB
1	CABINE DE OPERAÇÃO I	94
2	PLATAFORMA DO SILO	96
3	CABINE II	95
4	CABINE DA PONTE ROLANTE	95
5	ALIMENTADOR	92
6	SEPARADOR DE DISCO GIRATÓRIO	98
7	CONJUNTO DE PENEIRA	104
8	BRITADOR PRIMÁRIO	102
9	PONTO DE BAIXO GIRATÓRIO	85
10	QUEIXO DO BRITADOR	97
11	ÁREA DE ALIMENTAÇÃO	94
12	CORREIA - 01 ALIMENTAÇÃO	94
13	COMPORTA DA CORREIA 01	93
14	TÉRREO CORREIA - 02 (TÚNEL)	86
15	CABEÇA DA CORREIA - 02	94
16	CONJ. PENEIRA 1 E 2 (FUNDO)	103
17	CONJUNTO PENEIRA 1 E 2 (FRENTE)	106
18	CONJUNTO PENEIRA 1,2,3 (SALÃO) INÍCIO	102
19	CONJUNTO PENEIRA 1,2,3 (MEIO) CABEÇA	101
20	CABEÇA D CT-2 (SALÃO)	98
21	ENTRE MEIO 1,2 (TG E TM)	107
22	CABEÇA DA CT-2 (MT)	101
23	PENEIRA VIBRATÓRIA (CABEÇA TM)	102
24	FRENTE DA PENEIRA (TM)	103
25	ENTRE MEIO CT (TM E TF)	102
26	CALHA DA CT DO TF	103
27	CABEÇA DO CT DO TF	99
28	TRANSPORTADOR MÓVEL (INÍCIO)	90
29	TRANSPORTADOR MÓVEL (FINAL)	89
30	TRANSPORTADOR MÓVEL (MEIO)	95
31	PENEIRA VIBRATÓRIA	105
32	SHUT DA PENEIRA VIBRATÓRIA	99

Como o alto nível de ruído se concentrava na área das peneiras e chutes levantou-se, via entrevista do pessoal que trabalha neste local, os principais problemas. Os mais citados foram:

- desconforto no ambiente de trabalho como um todo, incluindo irritabilidade;
- desconforto para o pessoal operacional;
- risco de saúde (perda de audição);
- menor produtividade em função do alto nível de ruído;
- menor permanência do pessoal no local de trabalho; e
- maior risco de acidente.

8.3 Instrumentação Utilizada

Nas medições de campo foram utilizados:

- Decibelímetro marca SIMPSON, mod. 886, type 2. As medições de ruído foram tomadas ao nível auditivo do trabalhador com o aparelho operando no circuito de compensação de "A" e circuito de resposta lenta (SLOW).
- Calibrador para decibelímetro/audiódosímetro marca SIMPSON, mod.887,114 dB.
- Audiódosímetro marca SIMPSON mod.893, com faixa de medição de 80 a 130 dB.
- Medidor de NPS decibelímetro marca. SIMPSON mod. 886
- Medidor de ruído dose acumulada audiódosímetro marca SIMPSON mod. 893.

9 - ANÁLISE DOS DADOS LEVANTADOS

Na figura 9.1 temos no eixo vertical (nº de ocorrências) que encontrou-se determinada faixa de nível de ruído (representada no eixo horizontal).

Com o histograma dos valores obtidos (figura 9.1) verifica-se que 47% dos pontos de medição tem NEQ superior a 95dB (A). Percebe-se também que apenas 10% estão em situação aceitável.

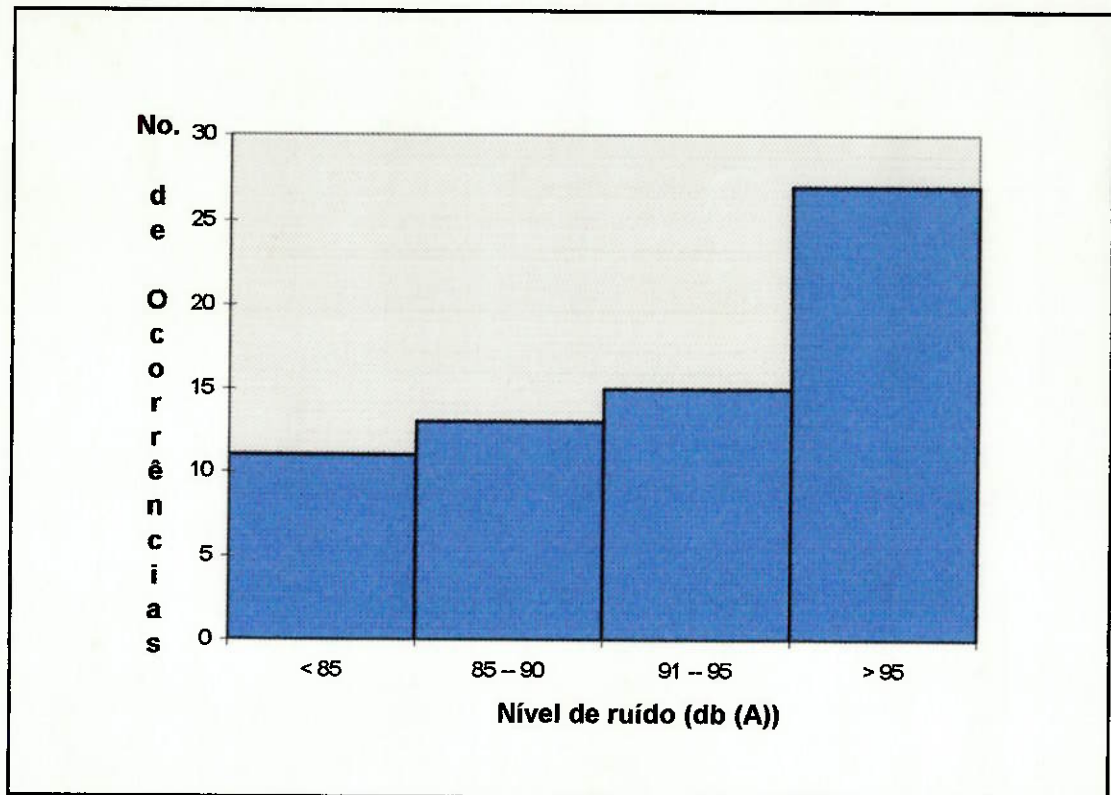


Figura 9.1 - Histograma do nível de ruído junto às peneiras

9.1 Definição do objetivo a ser atingido

Segundo a metodologia empregada [10] é de suma importância a definição clara do problema como também é importante que todos saibam o que se espera conseguir como uma evolução positiva. Assim, o objetivo a ser alcançado ficou sendo "REDUZIR O

ÍNDICE DE RUÍDO DE PICO, NAS ÁREAS DAS PENEIRAS E CHUTES DE 107 PARA 95 DECIBÉIS". A proposta de reduzir para 95 dB, foi devido as dificuldades em procurar atingir níveis ainda menores, devido aos custos, aos equipamentos da instalação serem bem antigos e de não haver previsão de grandes gasto no orçamento anual.

Segundo a legislação (NR-7), atingindo-se 95 dB (A), a área crítica em questão que está classificada como Condição de Inaceitável Emergência (> 95 dB), passaria a Inaceitável Crítica (de 90 a 95 dB), considerando-se um primeiro avanço na solução do problema. [9]

9.2 - Análise da Área Crítica

Através da análise de relatórios de ocorrências, opiniões dos empregados e do gerente do local detectou-se:

A- Nos chutes, os ruídos eram gerados principalmente pela:

- altura da queda do minério;
- granulometria do minério e
- construção do chute em material metálico (aço).

B- Nas peneiras os ruídos eram gerados, principalmente pela:

- altura de queda do minério no 1º "deck";
- atrito do minério com as guardas laterais;
- todas as molas serem metálicas;
- saída do minério da peneira na calha metálica (descarga).

9.3 - Causas Principais

Foram discutidas as seguintes possíveis causas do alto nível de ruído naqueles locais:

- mecânicos sem treinamento para inspeção do equipamento (peneiras);

- peneiras sobre chassis;
- bicas e chutes mal dimensionados;
- granulometria do minério;
- bicas e chutes metálicos;
- telas metálicas;
- molas e guardas laterais das peneiras, metálicas;
- peneiras sem revestimento lateral;
- excesso de exposição metálicas para o minério.

Agruparam-se as possíveis causas utilizando-se o diagrama de causa e efeito, selecionando-se três possíveis causas para serem estudadas em maiores detalhes. Estas estão resumidas na tabela 9.1.

Tabela 9.1 - Causas principais do problema.

HIPÓTESE (Possível causa)	JULGAMENTO	MOTIVO
A - Exposição Metálica	Muito provável	Choque de minério com chapa metálica
B - Peneiras sobre chassis	Provável	Toda estrutura de fixação vibra
C - Granulometria de minério	Provável	Minério quanto mais grosso, maior ruído

Com base nos julgamentos dos membros do grupo a maior causa de excesso de ruído na usina foi denominada de "Exposição Metálica" (chapas metálicas das bicas e chutes sem revestimento de borracha; telas de aço; molas e laterais das peneiras metálicas).

9.4 - Ações mitigadoras

Para se reduzir o ruído na usina foi adotada a solução de substituir telas das peneiras de aço para borracha, bem como revestir bicas e chutes por borracha.

As etapas da implantação deste plano de ação estão sumarizadas na tabela 9.2.

Tabela 9.2 - Plano de ação adotado.

Critérios: FALTA DE REVESTIMENTO DE BORRACHA		
O QUE FAZER	COMO	ONDE
1 - Revestir bicas, chutes e guardas laterais com borracha.	Trocar chapas metálicas por revestimento anti-ruído.	Instalação de Beneficiamento
2 - Substituir telas metálicas por borracha.	Trocar telas metálicas por telas de borracha.	Conjuntos de Peneiras
3 - Substituir molas.	Trocar molas de metal por borracha.	Conjuntos de Peneiras

9.5 - Execução

Foram substituídas as telas de aço, a calha de descarga e guias laterais em uma das peneiras. Foram utilizadas telas de borracha, adequando a malha em função da maior espessura da peça comparada à do aço, com sistema de fixação mais próximo ao permitido no “deck” já existente. As malhas das telas utilizadas foram 1 e $\frac{1}{4}$ ”, 1 e $\frac{3}{4}$ ”.

Alguns funcionários, ficaram um tanto quanto receosos com relação à utilização das telas de borrachas, com medo efeitos negativos, como entupimentos, perda de capacidade de peneiramento, não fixação dos quadros do “deck”, elevação de custos, baixa vida útil etc. Isto poderia comprometer o processo e conseqüentemente, a produção.

Em função disto, houve necessidade de se traçar um plano para substituição por etapas, além de se efetuar conversas técnicas e palestras de esclarecimento sobre as restrições e benefícios da utilização de peças de borracha em tratamento de minérios.

As substituições das telas tiveram um acompanhamento criterioso por parte do pessoal da gerência, garantindo assim a boa execução do serviço.

A medida que for operando os primeiros “decks” das peneiras com telas de borracha, os técnicos envolvidos iam tomando posição a favor da substituição, a ponto do gerente de manutenção ser atualmente um dos aliados mais fortes para tal procedimento.

Em função do alto custo inicial das telas e placas de borracha, e não havendo a devida precisão no orçamento, ocorreu uma parada na substituição das telas. Por outro lado isto foi benéfico, pois houve tempo para que os trabalhadores notarem as vantagens da utilização das peças de borracha, e é claro, também se conscientizarem das restrições.

10 - RESULTADOS OBTIDOS

Após diversas etapas e substituições foram refeitas medições do nível de ruído, com os recursos próprios da Samitri. Os resultados foram analisados em conjunto com o pessoal da Manutenção, Operação, Almoxarifado e Segurança do Trabalho.

Atualmente, as telas com malhas possíveis de substituição (acima de 12 mm) já foram substituídas, as calhas de descarga das peneiras estão revestidas com borracha e restam ainda os chutes. Na melhor situação conseguiu-se redução de até 10 dB (A), atingindo-se, portanto 97 dB (A).

Não se alcançou o objetivo previsto, mas a redução foi significativa.

Várias ações mitigadoras continuaram sendo realizadas e nos monitoramentos posteriores obteve-se valores ainda menores que os do levantamento anterior onde foram tomadas as ações corretivas. Estas últimas medições se encontram na tabela 10.1.

Na figura 10.2, apresenta-se a redução obtida no nível de ruído, numa comparação entre aço e borracha.

A substituição das telas de aço pelas de borracha, objetivou reduzir o nível do ruído nas regiões críticas da instalação.

Na prática, a substituição veio confirmar as vantagens da utilização de material de melhor absorção sonora em lugar das peneiras metálicas.

Após a instalação das telas de borracha, notou-se outros ganhos como:

- a - ganho de mão de obra de manutenção devido ao menor número de troca das telas de borracha;
- b - menor risco de acidentes ao manusear as telas de borracha para troca ou rodízio;
- c - aumento da vida útil das telas;

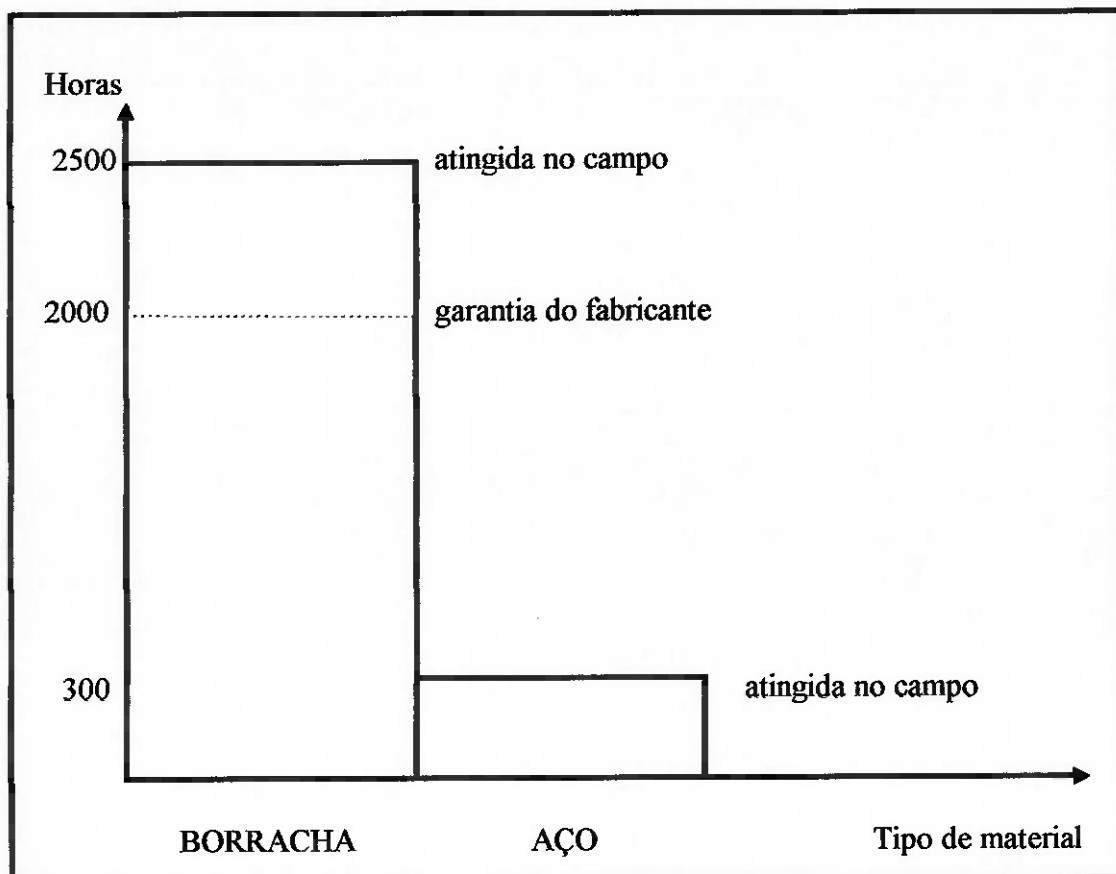
d - melhor relação custo/benefício (reais por hora trabalhada).

Como a vida útil atingida pelas pedras de borracha é bem maior que a de aço, teremos redução do número de trocas destas telas por ano, conseqüentemente, haverá um ganho de mão de obra da equipe de manutenção.

Por não ser material cortante e com dimensões que permitem peças menos espessas, é menor o risco de acidente nas operações de recebimento e estocagem, colocação, retirada e sucateamento ou reaproveitamento das telas de borracha em relação às metálicas. No caso de colocação das telas, existe a vantagem de se poder cortar as laterais para adaptação.

Dados da literatura mostram um aumento de até 10 vezes na vida útil de telas de borracha com relação às metálicas para minério de ferro. Na maioria das minerações, por falta de um banco de dados confiável e de estudos técnicos afins, não se tem a comprovação desta performance. Assim buscou-se montar um banco de dados confiável, com informações técnicas e completas, para permitir comparação de performance entre telas de borracha e aço.

O fabricante ofertou uma garantia para as telas de borracha de 2000 h. Na prática, tem-se obtido vida útil 8 vezes superior às metálica, ou seja as telas estão tendo vida útil de 2500 h (vide figura 10.1)



**Figura 10.1 - Comparativo de vida útil: Tela de Borracha X Tela de Aço
Mina de Andrade**

A relação custo/benefício é um índice que representa o desempenho de um processo, pois é a relação entre o custo (preço de compra) com relação ao tempo de utilização (hora trabalhada). A tabela 10.1 resume os cálculos efetuados.

Tabela 10.1 - Comparativo tela de aço versus tela de borracha

	TELA DE AÇO	TELA DE BORRACHA
custo	R\$ 300,00	R\$ 7.000
Vida útil	300 h	2400 h
custo/benefício	R\$ 1,00/h	R\$ 0,42/h
relação borracha/aço: 0,42		

Isso significa que o custo do uso de telas de aço é mais de 2 vezes o custo do uso de telas de borracha (levando-se em conta apenas o preço de compra e a durabilidade das peças).

Face aos resultados obtidos, as próximas etapas serão a substituição de mais duas peneiras e revestimento dos chutes, principalmente nas descargas das peneiras.

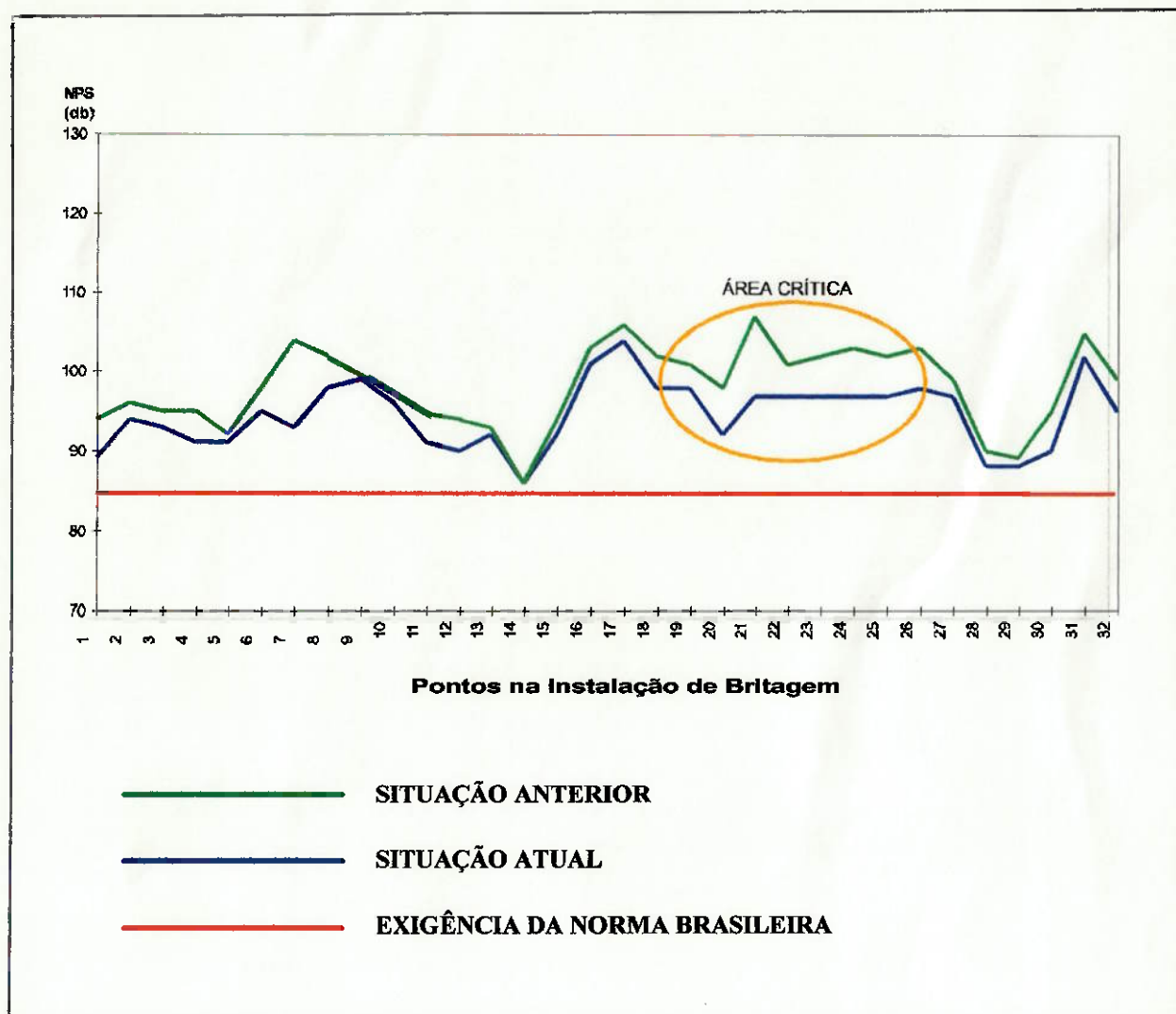


Figura 10.2 - NÍVEIS DE RUÍDO - SITUAÇÃO ANTERIOR E SITUAÇÃO ATUAL

Para melhor visualização do ganho obtido, apresentamos na figura 10.3 o fluxograma comparativo dos resultados obtidos, onde fica claro a queda nas médias na área crítica (quase 10%).

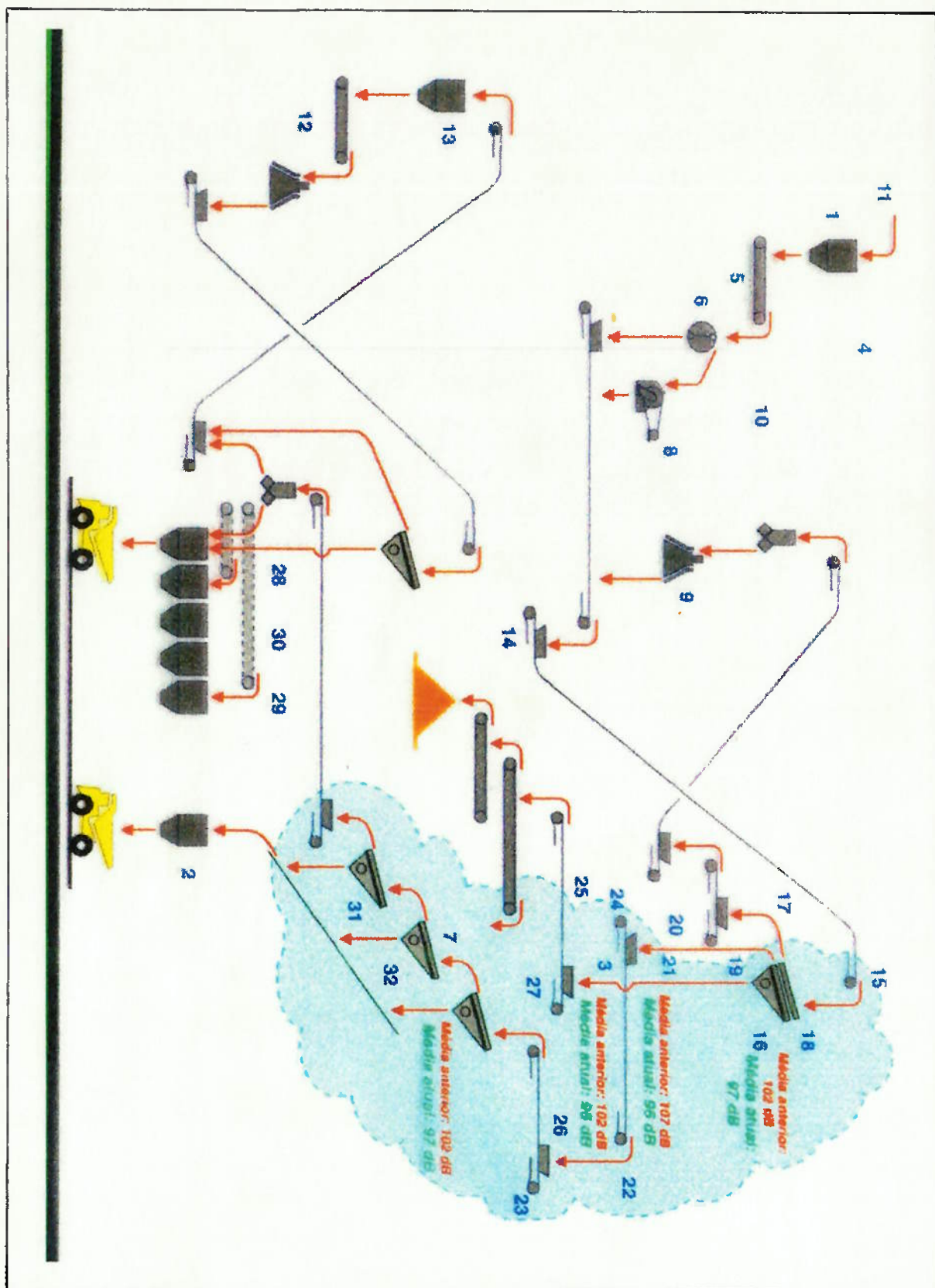


Figura 10.3 - Mina do Andrade - Fluxograma de Beneficiamento

e valores antes e depois das substituições das telas

11 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Apesar de não ter atingido o objetivo inicialmente proposta (95 dB) chegou-se próximo deste valor (97 dB). Essa redução veio de encontro à necessidade de dedução de situações que prejudicam ou que podem vir a prejudicar a condição de trabalho.

O dinheiro gasto nas melhorias das condições de trabalho do homem não devem ser vistos como custo, e sim investimento na parte mais importante de uma organização, que são seus recursos humanos.

Também foram importantes os ganhos adicionais atingidos pois, provavelmente demandaria algum tempo para substituir, pelo menos modestamente, peças metálicas, por não metálicas com outra justificativa a não ser redução de ruído numa área crítica.

Apesar do custo inicial mais alto, as telas de borracha apresentam ganhos diversos e tem seu uso plenamente justificado.

A forma com que toda a equipe de trabalho da Mina de Andrade formou seu banco de dados e conduziu cada passo dessa tarefa foi essencial para se chegar a este resultado. Cada ganho foi listado e mensurado para posteriormente se tomar decisões mais abrangentes, sem colocar em risco o orçamento previsto e nem tampouco a continuidade operacional.

O desenvolvimento do trabalho, utilizando situações e dados de campo, requereu o envolvimento de pessoal das diversas áreas, como operação, manutenção, compras, segurança e medicina do trabalho e gerentes.

Limitações houveram e muitas, mas este trabalho já originou ações independentes em outras instalações, onde os ganhos com a utilização de peças não metálicas estão auxiliando no aumento de produtividade.

As ferramentas da qualidade total utilizadas permitiram expor e analisar os dados que iam surgindo sempre dentro do ciclo do PDCA (planejar, fazer, checar e agir corretamente) diminuindo assim a possibilidade de erros e/ou atuações em causas não fundamentais.

Finalmente pudemos perceber que a utilização racional das ferramentas da qualidade permitem um estudo onde consegue-se a participação organizada de uma equipe e, através de uma coleta de dados precisa, uma análise consciente baseada em dados e fatos, proporcionando resultados com grande possibilidade de acerto.

Pode-se constatar que através da ação conjunta do conhecimento técnico, do conhecimento metodológico, um respeito à condição de trabalho daqueles homens de frente de produção, e a participação ativa de todos envolvidos, chegou-se a resultados em que todos se beneficiaram. A empresa ganhou com aumento de produtividade e utilização da tecnologia mais avançada, o empregado com o crescimento pessoal e profissional obtido num processo de tomada de decisão que ele participou ativamente e resultou numa melhoria da condição de trabalho que será usufruída por todos. E as condições de saúde ocupacional melhoraram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDRY, F.G. O problema do ruído industrial e seus controles. São Paulo: Fundacentro, 1978. 58p.
2. ASTETE, Martin G.W, KITAMURA, Satoshi. Manual prático de avaliação do barulho industrial. São Paulo: Fundacentro, 1978. 119p.
3. _____. Medicina do Trabalho - Doenças Profissionais. [S.l.:s.n.,1978].
cap. 12. Efeitos da exposição profissional ao barulho.
4. BAKER HUGHES EQUIPAMENTOS LTDA. O caminho inteiro revestido com borracha: Galigher ASH. São Paulo: BGA/Envirotec, s.d. 16p.
5. SAMITRI. Balanco social da SAMITRI . [s.l.] 1996.
6. BRASSARD, Michael. Qualidade - ferramentas para uma melhoria contínua.
Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995. 87 p.
7. BROZZO, P., PAGLIUCCI, C. El acero en el futuro de los materiales.
Siderurgia, v.50,p.5-25,maio,1991.

8. BRUEL, P.V.- Do we measuring damage noise corretly? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NOISE CONTROL ENGINNERING, Washington, 1976. Proceedings. New York, 1976. p 111-6.
9. CAMPANHOLE, A. ; CAMPANHOLE, H.L., (Comp.) Consolidação das leis do trabalho e legislação complementar. 88 ed. São Paulo: Atlas, 1993. p. 26-9: NR- 15: Atividades e operações insalubres.
10. CAMPOS, VICENTE FALCONI. TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês). 3 ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 220 p.
11. COHEN, A . Extra-auditory effects of occupational noise. I. Disturbances to physical and mental health. Nat. Safety News, 1973. p 93-9.
12. DEL CARLO, UALFRIDO. Controle de ruído industrial. 2 ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1976. 159 p.
13. DEMING, N. EDWARDS. Qualidade, a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990. 142 p.
14. DRUMPT, P. V. Heavy-duty rubber in the mining industry. In: SEMANA BRASIL - SUÉCIA: DESENVOLVIMENTO PELA TECNOLOGIA, 1973, São Paulo. Mineração e processamento de minerais. São Paulo: Embaixada da Suécia/ Câmara de Comercio Sueco- Brasileiro, 1973. p.

1-20 (MIN 7)

15. EKAMBARAM, S. K. A base estatística dos gráficos de controle de qualidade. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978. 143p.
16. FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S.A. Manual de britagem. [s.l.] 1985 p. 5.01-44.
17. FUNDACIÓN MAPFRE. Curso de Higiene Industrial. Madrid, 1983.
18. FUSCO, S. L. Práticas de redução do ruído industrial: curso apostilado. Belo Horizonte: ECOS. [19—]
19. GANIME, J. F. Borracha: aplicações em instalações de tratamento de minérios. In: Simpósio Mineiro - Metalúrgico da UFMG, 1993, Belo Horizonte. Belo Horizonte: UFMG, 1993.
20. _____, SILVA, J.D., SILVA, M.O. Uso das ferramentas da qualidade total na redução de ruído com a substituição de telas de aço por borracha - SAMITRI. In: Seminário Nacional de Qualidade Total em Mineração, IBRAM, 1997. [s.l.]: IBRAM, 1997.
21. LOURENÇO FILHO, Rui de C.B. Controle estatístico de qualidade. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980. 223 p.

22. MENDES, René. Patologia do trabalho. Rio de Janeiro: Atheneu, 1995.
23. NORGREN, Lars. Borracha a serviço da indústria de Mineração. [s.l.]: Trelleborg do Brasil, 1978. 9p.
24. O USO da borracha na mineração Minérios: Extração e Processamento, v. 8, p. 30-4, 1977.
25. RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Saúde. Divisão de Saúde do Trabalho com borracha. Proteção, v.5, n.25, p.244, out./nov.1993.
26. RUÍDO Industrial. Revista CIPA. v.12, n. 135, p.20-35, fev. 1991.
27. RUBIN, Henry. Heavy-duty wear components. In: SEMANA BRASIL- SUECIA: DESENVOLVIMENTO PELA TECNOLOGIA,1973, São Paulo: Mineração e processamento de minérios. São Paulo: Embaixada da Suécia/Câmara do Comércio Sueco-Brasileira, 1973. p. 1-13 (MIN 11B)
28. _____. Redução de custos com emprego de componentes de desgaste e impacto feitos de borracha. In: SEMANA BRASIL - SUECIA: DESENVOLVIMENTO PELA TECNOLOGIA, 1973, São Paulo: Mineração e processamento de minérios. São Paulo: Embaixada da Suécia/Câmara do Comércio Sueco-Brasileira, 1973. p. 1- 7 (MIN 11B)

29. _____. Teorias sobre desgaste da borracha. In: SEMANA BRASIL-SUECIA: DESENVOLVIMENTO PELA TECNOLOGIA, 1973, São Paulo: Mineração e processamento de minérios. São Paulo: Embaixada da Suécia/Câmara do Comércio Sueco-Brasileira, 1973. p. 1- 17 (MIN 11A)
30. SANTINO, Eduardo; COUTO, Hudson A.. Audiometrias ocupacionais. Belo Horizonte, Ergo, 1995. 116p.
31. SENAI. Centro de Formação Profissional Euvaldo Lodi. Laboratório de Higiene e Segurança do Trabalho. Relatório do levantamento de riscos ambientais ocupacionais realizado na empresa S. A. Mineração da Trindade - SAMITRI - Mina de Andrade: Bela Vista de Minas, 1990. (Processo n.º 1626/90).
32. SIRIANI, Fernando Amos. Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de "Livre Docente". São Paulo: EPUSP, 1991. 45p.
33. SKAB DO BRASIL. Recomendações para escolha das telas de borracha e de poliuretano. João Monlevade, [19—] (Relatório Interno)
34. THOMAS, Richard A. Diverse uses win on expanding market for rubber in mining and processing. E/MJ, 71-75, [A .l.:s.n.], 1977.

35. TRELLEBORG DO BRASIL COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. Borracha
"trelex" resistente ao desgaste e aos impactos. Contagem, s. d. (RD-
01/2;7912-1000). 4p.

36. TRELLEBORGS GUMMIFABRIKS A.B. Goma de desgaste Trelex. Trelleborg.
[s.l., 19—].