

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE MINERAÇÃO E GEOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS**

**O MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE MELHORIAS CONTÍNUA APLICADA
NA MINERAÇÃO CARAÍBA S/A.**

EMIR GURJÃO FILHO

CAMPINA GRANDE - PB

2012

EMIR GURJÃO FILHO

**O MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE MELHORIAS CONTÍNUA APLICADA
NA MINERAÇÃO CARAÍBA S/A.**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia de Minas.**

Área de Concentração:

Lavra de Minas

Linha de Pesquisa:

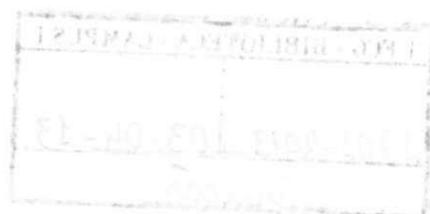
Planejamento de Mina

Orientador:

Prof. Dr. Arlindo José Bazante

CAMPINA GRANDE

2012





FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

G979m Gurjão Filho, Emir.
O método de gerenciamento de melhorias contínua aplicada na Mineração
Caraíba S/A / Emir Gurjão Filho. – Campina Grande, 2012.
51 f. : il. color.

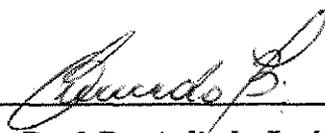
Dissertação (Mestrado em Engenharia Minas) – Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Arlindo José Bazante.
Referências.

1. Mineração - Planejamento de Mina Subterrânea. 2. Método de
Gerenciamento de Melhoria Contínua. 3. Mineração Caraíba S/A.
I. Título.

CDU 622.1(043)

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Arlindo José Bazante
(Orientador)



Prof. Dr. José Agnelo Soares
(Examinador)



Prof. Me. José César de A. Costa
(Examinador)

Data da apresentação pública: 04 de Maio de 2012.

Aos meus pais, Emir e Fátima e aos meus irmãos Diego e Michelle, à minha esposa Pauline e aos meus amados filhos Emir Neto e Ronaldinho, dedico esse trabalho como forma de agradecer todo apoio, compreensão e amor em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus. Sem ele nada seria possível.

Ao Prof. Dr. Arlindo José Bazante, meu orientador, pela oportunidade dada, pela dedicação ao longo de todo trabalho e pelos ensinamentos que se prolongam ao longo da minha vida profissional.

Aos meus pais Emir e Fatima, fonte inesgotável de amor. Aos meus irmãos Diego e Michelle, pela amizade e apoio à minha esposa Paulline e aos meus amados filhos Emir Neto e Ronaldinho e ao meu primo irmão Michael, exemplo de vida.

A todos os meus familiares pela demonstração de felicidade a cada nova conquista. Aos meus inúmeros amigos, que sempre estão disponíveis para ajudar.

A empresa Mineração Caraíba SA , que através dos colegas e companheiros de profissão deram suporte e apoio na coleta dos dados, fundamentais no desenvolvimento desse trabalho.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em especial aos professores da Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia, norteadores da minha formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho discute a aplicação prática do método de melhoria contínua na mineração, em um estudo de caso, em que, a princípio, não se sabe qual a causa principal do não cumprimento das metas traçadas pelo setor de planejamento de uma mina subterrânea, mais precisamente no setor de desenvolvimento da Mineração Carafba SA. Com a aplicação do método "PDCA", encontra-se o motivo principal pelo avanço abaixo do previsto, obtido no desenvolvimento da galeria de acesso principal (leste e oeste) do 7º painel de lavra, detectando os problemas e ordenando-os por prioridade, dando as devidas soluções. Como solução, no caso principal, foi aplicado o método de Destress Blasting, que é um método de furos de alívio de tensão. Na sequência foram detectadas outras situações que obstruíam o cumprimento das metas e seus resultados, as quais também foram resolvidas.

ABSTRACT

This work discusses the practical application of the method of continuous improvement in mining, in a case study, in which the main cause for not meeting the goals outlined by the planning sector of an underground mine, was not known. It occurs in the Development sector of Mining Caralba SA. With the application of the "PDCA", the main reason for the low development of the main entrance gallery (east and west) of the 7th panel of mining was identified, detecting problems and mainly ordering them by priority, giving the necessary solutions for them. In the principal case was applied the method of Destress Blasting, which is a method of stress relief. In subsequence was addressed other situations which were obstructing the goals and results, being all of them resolved.

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELA	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO LITERÁRIA.....	2
2.1 Características gerais do método de melhorias PDCA.....	2
2.2 Etapas do ciclo PDCA.....	4
2.2.1 Plan (planejar).....	4
2.2.2 Módulo executar.....	9
2.2.2.1 Gestão à vista.....	10
2.2.3 Módulo verificar.....	11
2.2.4 Módulo Atuar.....	12
2.3 Técnica de desmonte para alívio de tensões - <i>destress blasting</i>	13
2.3.1 Princípios de aplicação.....	14
2.4 Temperatura em uma mina subterrânea.....	15
2.5 Sismicidade induzida pela lavra.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 Modelo geotécnico da mina Caraíba.....	20
3.1.1 Ambiente geológico.....	20
3.1.2 Qualidade das rochas.....	21
3.1.3 Estado de tensões.....	21
3.1.4 Monitoramento sísmico na Caraíba.....	22
3.1.5 Sismicidade no desenvolvimento de galerias.....	23

3.1.6 Desenvolvimento na mineração Caraíba.....	23
3.1.7 Utilização na mineração Caraíba S/A, da técnica de desmonte para alívio de tensões - distress blasting.....	30
3.2 Metodologia.....	34
3.2.1 Introdução.....	34
3.2.2 Planejamento.....	34
3.2.2.1 Localização do problema.....	34
3.2.2.2 Estabelecimento de metas.....	34
3.2.2.3 Análise do fenômeno.....	35
3.2.2.4 Análise do processo.....	37
3.2.2.5 Elaboração do plano de ação.....	39
4. RESULTADOS.....	41
5. DISCUSSÃO.....	46
6. CONCLUSÃO.....	47
7. REFERÊNCIAS.....	49
8. ANEXO.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo PDCA (Campos, 2001)	2
Figura 2. Gráfico de Pareto (Melo, 2001)	7
Figura 3. Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa (Melo, 2001)	8
Figura 4. Itens técnicos (Empresa: Mineração Caraíba AS) (Campos, 2001)	11
Figura 5. Gerência técnica (Empresa: Mineração Caraíba AS) (Campos, 2001)	11
Figura 6. Metragem de desenvolvimento - programada X realizada na MCSA.	24
Figura 7. Rendimentos dos fogos – programação X realizado na MCSA	25
Figura 8. Razão de carga dos fogos de desenvolvimento – programado X realizado na MCSA	25
Figura 9. Plano de fogo anteriormente usado na MCSA para 4,5 X 4,0 m	26
Figura 10. Plano de fogo atualmente usado na MCSA para 4,5 X 4,0 m	27
Figura 11. Número de tirantes instalados – programação X realizado na MCSA	29
Figura 12. Número de telas instaladas – programação X realizado na MCSA	29
Figura 13. Concreto projetado - programada X realizada na MCSA	30
Figura 14. Nível-180 oeste – trecho onde foi aplicada a técnica de distress blasting na MCSA	31
Figura 15. Plano de fogo usado na MCSA no N-180 para alívio das tensões	32
Figura 16. Realizado X Meta	35
Figura 17. Gráfico de Pareto	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de Causas e Contramedidas (Melo, 2001)	4
Tabela 2. Folha de Verificação (Melo, 2001)	6
Tabela 3. Regime de trabalho em função do IBUTG obtido (NR 15:1978)	16
Tabela 4. Queda do rendimento (R) com a temperatura do ar (T)	17
Tabela 5. Resumo dos resultados dos ensaios em rocha	21
Tabela 6. Folha de Verificação	38
Tabela 7. Plano de ação	39-40
Tabela 8. Tabela de Execução Limpeza mecânica	39
Tabela 9. Tabela de Execução da Alta Temperatura	42
Tabela 10. Tabela de Execução Acumulo de água	43
Tabela 11. Tabela de Execução Quanto a sismicidade	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANFO	- Nitrato de Amônio
CLT	-Consolidação das Leis do Trabalho
EUA	-Estados Unidos da América
HDDR	- Hyperion Digital Drum Recorder
MCSA	-Mineração Caraíba S/A.
NR	-Norma Regulamentadora
N-NW	-Norte – Noroeste
LAG	-Instituto Astronômico e Geofísico
IBUTG	-Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo
IPT	-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
PDCA	- Plan/Do/Check/Act
USP	-Universidade de São Paulo
UCS	-Resistência a Compressão Uniaxial

INTRODUÇÃO

Gerenciar, nos tempos atuais, é um dos principais fatores competitivos entre as empresas dos mais variados setores de produção no mundo inteiro.

Quando uma empresa contrata um engenheiro, normalmente ele recebe um treinamento, que vai de habilitações (segurança e saúde do trabalho, softwares de rotina, entre outros) até a filosofia da empresa. Com o treinamento específico para a área em que irá trabalhar, é possível que esse profissional se torne um especialista em sua área.

O cotidiano de uma mineração é fortemente influenciado pelo trabalho desenvolvido por seus colaboradores. Uma das grandes dificuldades observadas no dia a dia de empresas de mineração é que seus colaboradores nem sempre conseguem expressar, de forma adequada, o real problema de seu setor nem destacar uma solução, ou seja, mostrar se realmente ela é economicamente viável ou não.

Os métodos de gerenciamento de qualidade ou Círculos de Controle de Qualidade, contribuem para a melhoria da segurança, das condições ambientais e da qualidade final do produto, pois definem uma forma sistemática de apresentação de propostas dos problemas e das respectivas soluções em cada setor da empresa.

Este método gerencial que se pretende relatar se apresenta por meio das seguintes letras: PDCA, que significa em seu idioma de origem PLAN, DO, CHECK, ACT .

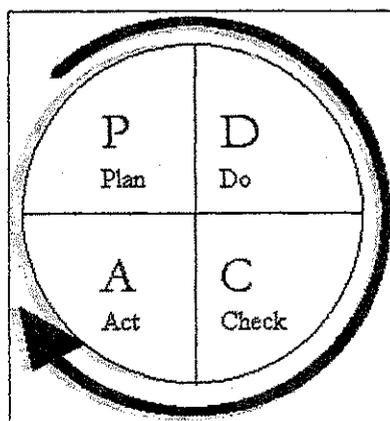
Esta pesquisa tem como objetivo analisar o funcionamento de uma empresa de mineração para verificar a aplicação do método de gerenciamento de melhorias, e através dele melhorar o desempenho da empresa, elucidando os problemas de forma objetiva e concisa, seguindo um roteiro que ajuda a propor soluções.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Características Gerais do Método de Melhorias PDCA

O conceito do método de melhorias, conhecido pela sigla PDCA, foi originalmente desenvolvido na década de 1930, nos laboratórios da Bell Laboratories – EUA, pelo estatístico americano Walter A. Shewhart, como sendo um ciclo de controle estatístico do processo, que pode ser repetido continuamente sobre qualquer processo ou problema. Em 1931, Shewhart publica o livro *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, o qual confere um caráter científico às questões relacionadas à qualidade (Souza, 1997).

PDCA, em seu idioma de origem: PLAN, DO, CHECK, ACT, significa, PLANEJAR, EXECUTAR, VERIFICAR, ATUAR, como ilustrado na figura 1. Esses módulos fazem parte dos passos básicos concebidos originalmente por Shewhart, sendo aprimorados posteriormente por Deming (www.hci.com.au/hcisite2/toolkit/pdcacycl.htm).



Fonte: Campos, 2001

Figura 1. Ciclo PDCA

Esse método, contudo, só foi popularizado na década de 1950 pelo especialista em qualidade W. Edwards Deming, ficando mundialmente conhecido ao aplicá-lo nos conceitos de qualidade em trabalhos desenvolvidos no Japão. Após refinar o trabalho original de Shewhart, Deming desenvolveu o que ele chamou de Shewhart PDCA Cycle, em honra ao mentor do método (Deming, 1990).

Segundo Souza & Mekbekian (1993), a técnica de melhorias pode ser definida como um instrumento valioso de controle e melhoria de processos que, para ser eficaz, precisa ser de domínio de todos os funcionários de uma organização. De acordo com Campos (1996), é um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos processos dos sistemas empresariais. Suzuki (2000), em seus estudos, define a utilização da ferramenta como forma de “embutir” qualidade no produto final, por meio da execução dos quatro módulos inerentes ao procedimento. Portanto, não existe metodologia sem a definição de uma meta a ser atingida. Seguindo no espírito de melhoria contínua de qualidade, o processo sempre pode ser reanalisado e um novo processo de mudança poderá ser iniciado.

Segundo Slack (1996), a natureza repetida do melhoramento contínuo pode ser resumida no ciclo PDCA, definido como uma sequência de etapas que são percorridas de maneira cíclica para melhorar as atividades. A utilização da ferramenta envolve várias possibilidades, podendo ser utilizada para estabelecer metas administrativas, ou também, de pessoas ligadas diretamente ao setor operacional com o objetivo de coordenar esforços, enfatizando que cada programa de melhoria deve começar com um planejamento, objetivando ações efetivas. Outra aplicação do método é na resolução de problemas crônicos ou críticos, que prejudicam o desempenho de um projeto ou serviço qualquer, denominado por Campos (2001) como Gerenciamento da Rotina.

2.2 Etapas do Ciclo PDCA

2.2.1 - Planejar

Esse módulo é considerado como o mais importante, por ser o início do ciclo, desencadeando todo processo, ou seja, a eficácia futura do ciclo estará baseada em um planejamento minucioso, o qual proverá dados e informações a todas as etapas restantes do método (Badiru, 1993). Segundo Campos (1996) e Melo e Caramori (2001), o mesmo é subdividido em cinco etapas, as quais são elencadas a seguir:

1. Localizar o problema - é aplicado todas as vezes que a empresa se depara com um resultado (efeito) indesejado, provindo de um processo (conjunto de causas). Como ilustrado na tabela 1.

CONTRAMEDIDA Conhecidas → Desconhecidas	B Problemas que requerem alta tecnologia	A Problemas que valem ser resolvidos
	C Problemas simples	D Problemas cuidado
	Conhecimento → Desconhecida	
	CAUSA	

Fonte: Melo (2001)

Tabela 1. Tabela de Causas e Contramedidas

Analisando a Figura exposta, podemos observar que um problema é tangenciado por dois fatores principais: a causa do problema e a contramedida a ser tomada. De acordo com a combinação da complexidade desses dois fatores, é que podemos definir o tipo de problema a ser resolvido (Melo, 2001).

Um problema localizado na região D é um problema cuja causa é desconhecida, porém, as contramedidas para solucioná-lo são conhecidas. Logo, se uma organização possui a solução para um problema, não existem motivos para manter esse problema sem solução. Nesse caso, porém, após eliminar o problema (por meio de ações corretivas), deve-se realizar uma metodologia (Ex: *Brainstorming*) para se acharem as causas desse problema, para que o mesmo não ocorra novamente. Para um problema localizado na região B, a situação é inversa à da região D. Nesse caso, as causas do problema são conhecidas, porém, as contramedidas não se encontram tão evidentes para a organização. Aconselha-se nessa situação a recorrer a centros de pesquisas, ou empresas de consultorias especializadas para que a empresa possa obter a solução para seu problema.

A região A da Figura é, segundo Melo (2001), a região onde os problemas valem ser resolvidos. Isso se deve ao fato que, nessa região, nem as causas, nem as contramedidas são conhecidas pela organização, devendo esse problema ter um tratamento especial. Para solucionar esses problemas, é utilizado o método PDCA. Por meio desse método, o problema será delimitado, uma meta para solucioná-lo será estabelecida, as causas dele serão encontradas, e ações corretivas e preventivas deverão ser tomadas a fim de sanar definitivamente esse problema.

A última região da Figura, região C, é oposta à região A, e se caracteriza por ter as causas e as contramedidas conhecidas pela empresa, formalizando o mesmo como sendo um problema de simples resolução.

2. Estabelecer meta – Esta etapa deverá ser definida para qualquer produto ou serviço, em quaisquer circunstâncias. Um problema, segundo Campos (1996), será sempre um resultado indesejável de um processo. Em outras palavras, o problema será sempre um alvo não alcançado, sendo a diferença entre o resultado atual e um valor desejado. Toda meta a ser definida deverá sempre ser constituída de três partes –

objetivo gerencial, prazo e valor.

3. Análise do Fenômeno - Trata exclusivamente da análise detalhada do problema, através de um levantamento do histórico das ocorrências a fim de estratificá-las, identificando o tempo, o local, o tipo e os sintomas. Para que o problema seja analisado da maneira mais detalhada possível, algumas ferramentas disponíveis no meio gerencial são utilizadas para otimizar essa análise. A folha de verificação que é utilizada para facilitar a coleta dos dados se apresenta sob a forma de uma planilha e/ou tabela, a tabela 2 ilustra um modelo.

Folha de verificação

OCORRÊNCIA DE ATRASO DE PAGAMENTO

OCORRÊNCIA	VERIFICAÇÃO	TOTAL
Falta de recurso em caixa	////////////////////	20
NF Errada	////////////////////////////////////	50
Cobrança indevida	////////.....////////////////////	150
NF Atrasada	////////////////////////////////////	350
Problema no setor de tesouraria	////////.....////////////////////	80
Outros	////////.....////////////////////	50
Total	////////////////////////////////////	700

PLANILHA DE DADOS PARA CONSTRUÇÃO DO GRAFICO DE PARETO

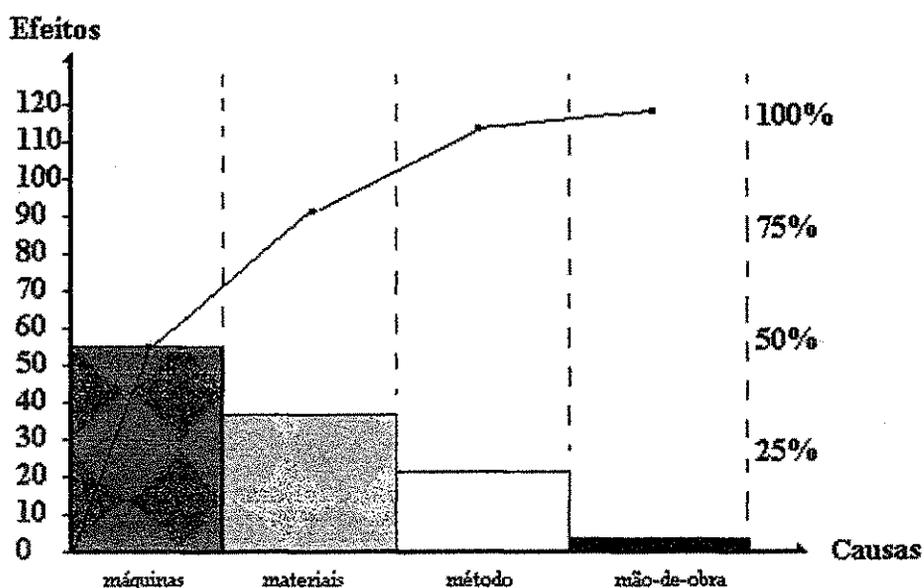
OCORRÊNCIA	QUANTIDADE	QUANTIDADE ACUMULADA	PERCENTAGEM (%)	PERCENTAGEM ACUMULADA(%)
NF Atrasada	350	350	51,5	51,5
Cobrança indevida	150	500	22	73,5
Problema no setor de tesouraria	50	550	7,35	80,85
NF Errada	50	600	7,35	88,2
Falta de recurso em caixa	20	620	2,95	91,15
Outros	60	680	8,85	100
Total	680	-	100	-

Fonte: (Melo, 2001)

Tabela 2 - Folha de Verificação

Outra ferramenta muito utilizada é o gráfico de Pareto, o qual serve para hierarquizar o ataque aos problemas. Apresenta-se, geralmente, sob a forma

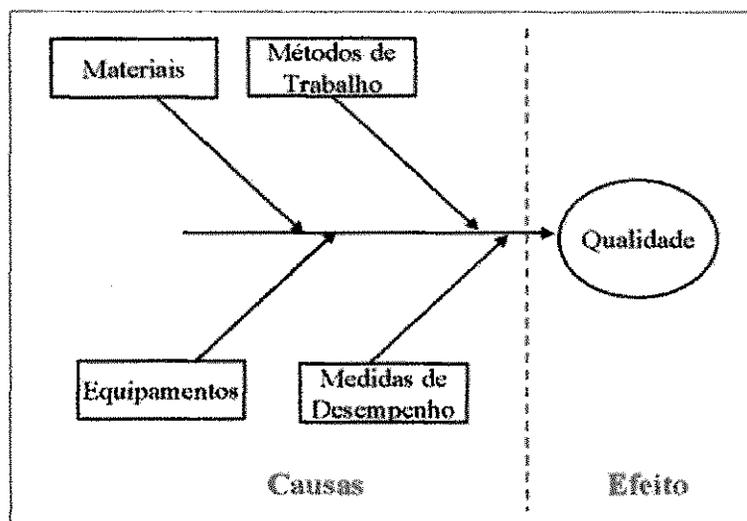
de histograma ou diagrama de frequências acumuladas que ordenam as ocorrências da maior para a menor, possibilitando assim determinar prioridades. Abaixo, na figura 2, temos a ilustração do gráfico de Pareto.



Fonte: (Melo, 2001)

Figura 2. Gráfico de Pareto

4. Análise do processo - Consiste basicamente na identificação e priorização das causas. Avaliar o processo é buscar as principais causas que provocam o problema através da análise das características importantes. Segundo Godoy (2001), essa metodologia consiste em se analisar as causas – por meio de métodos participativos como o Brainstorming – e expô-las de forma clara para toda a equipe envolvida, utilizando um Diagrama de Causa e Efeito, conhecido pelo nome do seu criador, Diagrama de Ishikawa, como ilustra a figura 3.



Fonte: (Melo, 2001)

Figura 3. Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa

5. Elaborar plano de ação – Apresenta-se como o produto de todo processo. Nele estão contidas, em detalhes, todas as ações que deverão ser tomadas para se atingir a meta proposta. Segundo Barros (2001), o objetivo é tornar operacional a implantação de metas no processo de produção, de maneira que se tenha elevada probabilidade de sucesso. As medidas tomadas devem ser de baixo custo, eficazes, rápidas e simples.

Elaborado o plano de ação, finaliza-se a etapa PLANEJAR, e inicia-se a etapa seguinte EXECUTAR, que irá colocar em prática as ações definidas.

2.2.2 Módulo executar

Segundo Badiru (1993), esta etapa permite que o plano de ação seja praticado de forma gradual, possibilitando maior eficácia das medidas a serem tomadas. Neste módulo, todas as metas e objetivos traçados na etapa anterior deverão ser postos em prática de acordo com a filosofia de trabalho de cada organização. Segundo Campos (2001), para que esse módulo apresente a eficiência desejada, o mesmo é subdividido em duas etapas: a de treinamento e a de execução.

1. Etapa de Treinamento – Nesta fase é feita a divulgação do plano a todos os envolvidos e deve ser realizada por meio de reuniões, apresentando as tarefas e suas razões. Ao final, deve-se certificar se os envolvidos compreenderam as ações que serão executadas e as medidas propostas. Dessa forma, a publicação estará sendo efetuada da maneira eficaz, abrangendo todos os setores envolvidos da empresa e pronta para ser executada.
2. Etapa de Execução – Essa fase consiste na execução do plano de ação. Deve-se efetuar verificações periódicas no local em que os atos estão sendo efetuados, para manter o controle e dirimir possíveis dúvidas. Todas as ações e seus resultados devem ser registrados para serem utilizados no passo seguinte do ciclo.

Segundo Campos (2001), todos os itens de controle geram no processo elementos de verificação, os quais podem ser definidos como medidores do desempenho. Ou seja, a verificação atua sobre as causas. O mesmo autor define os componentes desse processo como sendo:

- a) Equipamentos: tendo como itens de verificação o tempo de parada por mês, número de paradas, tempo médio entre falhas, etc.
- b) Matérias primas: tendo como itens de verificação as características da

- qualidade da matéria prima, nível de estoques, etc.
- c) Condições ambientais: tendo como itens de verificação a temperatura, nível de poeira, umidade, etc.
 - d) Aferição dos equipamentos de medida.
 - e) Cumprimento dos procedimentos operacionais.

Em um sistema de Informações Gerenciais, torna-se necessário que cada gerente tenha acesso a todas as informações para monitorar as atividades. Campos (1996) sugere a criação do sistema de gestão à vista.

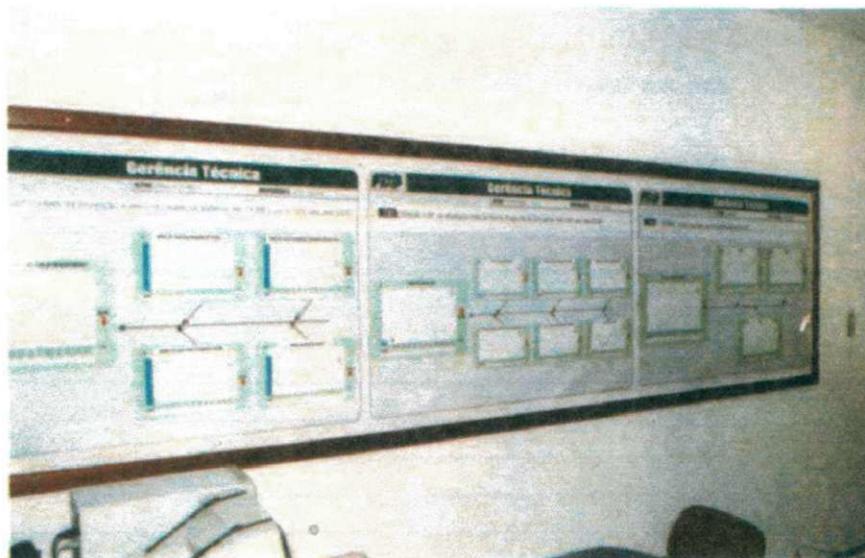
2.2.2.1 Sistema de Gestão à Vista

O sistema consiste em expor, por meio de gráficos e diagramas de barras, os itens de controle e os planos de ação para cada setor da empresa. Devem-se organizar os painéis de controle, contendo as metas a serem atingidas em um prazo definido. Comumente, na indústria de mineração, esse prazo varia de acordo com as informações e restrições da área de planejamento. Segundo Campos (1996), esses painéis devem ser expostos no local de trabalho pertinente e serem de fácil compreensão. Todos os campos do gráfico devem ser preenchidos corretamente, tendo as informações atualizadas regularmente, as figuras 4 e 5 ilustram modelos de painéis de gestão à vista.



Fonte: (Campos, 2001)

Figura 4. Itens técnicos (Empresa: Mineração Caraíba SA)



Fonte: (Campos, 2001)

Figura 5. Gerência técnica (Empresa: Mineração Caraíba SA)

2.2.3 Módulo de Verificação

O terceiro módulo do ciclo PDCA é definido como a fase de verificação das ações executadas na etapa anterior. Essa fase irá se basear nos resultados das ações

procedentes da fase de planejamento. A fase em questão, segundo estudos realizados por Clark (2001) é considerada a etapa mais importante do ciclo, devendo essa ser enfatizada pela organização a fim de obter um resultado eficaz.

Para que essas questões sejam analisadas de forma organizada, Melo e Caramori (2001) propõe subdividir essa etapa em 3 fases: comparação dos resultados, listagem dos efeitos secundários e verificação da continuidade ou não do problema.

Na fase de comparação dos resultados, devem-se utilizar os dados coletados antes e após a tomada de ações efetuadas na fase anterior a fim de verificar a efetividade das ações e o grau de redução dos efeitos indesejáveis.

A segunda fase compreende a listagem dos efeitos secundários. As ações executadas na etapa anterior podem provocar consequências positivas ou negativas. Cabe à organização tomar as devidas providências com relação a esses resultados.

Na verificação da continuidade ou não do problema, quando o resultado da ação é satisfatório, a organização deve certificar-se de que todas as ações planejadas foram implementadas de acordo com o plano inicial.

2.2.4 Módulo Atuar

O último módulo é caracterizado pelo processo de padronização das ações executadas, objetivando a melhoria contínua. Segundo Badiru e Ayen (1993), essa fase deve ser baseada nos resultados positivos obtidos na fase de verificação,

O processo de padronização, segundo Souza (1997) e Melo e Caramori (2001), consiste em elaborar um novo padrão ou alterar o já existente, adaptando aos

aspectos a serem respeitados pela empresa no processo de elaboração dos seus padrões:

- a) o documento a ser redigido deve estar na forma mais simples possível;
- b) o padrão deve ser passível de cumprimento;
- c) incorporar mecanismos à prova de falhas;
- d) todos os documentos devem ser arquivados para futura utilização;
- e) deve ser revisto periodicamente.

Após a elaboração dos padrões, os mesmos devem ser divulgados na empresa e acompanhados pela sistemática de educação e treinamento, contando com o suporte de manuais distribuídos aos funcionários envolvidos na mudança.

2.3 - Técnica de desmonte para alívio de tensões - *destress blasting*

O *destress blasting* ou desmonte para alívio de tensões é uma técnica usada para escavação de rochas em condições potenciais para ocorrência de *rockbuster* em áreas com elevado estado de tensões e/ou sismicidade ativa, com o objetivo de reduzir os riscos de acidentes relacionados a esses eventos e também de diminuir o tempo para retorno às áreas onde houve detonações, evitando atrasos nos ciclos. É normalmente utilizada no desenvolvimento de galerias, de poços, na recuperação de pilares remanescentes. Essa técnica foi utilizada inicialmente em minas sul-africanas profundas na década de 1950, e vem sendo usada em diferentes países que utilizaram principalmente a experiência adquirida em alguns distritos mineiros como Coeur d'Alene nos EUA e em Sudbury, no Canadá.

A técnica *destress blasting* foi introduzida na Mineração Caraíba em 2001, em aberturas de galerias que apresentavam alto nível de tensão horizontal, provocando acentuada perturbação sísmica após cada detonação, como uma forma de manter o ritmo de escavação dentro do programado e reverter os atrasos no cronograma de execução originados por tais eventos sísmicos considerando os aspectos de segurança de pessoal.

2.3.1 - Princípios de aplicação

Existem poucos dados disponíveis sobre a metodologia de *destress blasting* no que diz respeito a todos os parâmetros envolvidos no planejamento / execução e na avaliação da eficácia obtida, como também dos custos diretos adicionais envolvidos na operação. Assim, não estão bem definidos os diâmetros de perfuração e quantidade / arranjo dos furos, tipos de explosivos e sequência ótima de iniciação. Também não estão sistematizadas práticas de instrumentação na modelagem numérica para o planejamento da operação, bem como medição do grau de fraturamento induzido e do alívio das tensões. As minas que utilizam a técnica orientam-se em experiências anteriores, e ajustam os parâmetros a cada situação em particular.

A idéia básica é fazer alguns furos a mais que os do plano de fogo normal nas laterais da galeria, em ângulo com esta, estes furos são carregados normalmente com cargas explosivas pontuais na sua extremidade e detonadas juntamente com os furos do pilão. Essa detonação deve ser suficiente para induzir um fraturamento no interior do maciço, nas imediações da face de avanço, mas sem danificar as paredes e teto da frente escavada. Este procedimento acelera a liberação da energia sísmica armazenada na rocha, agindo como um catalisador de tempo, fazendo com que a maior parte da energia se dissipe mais rapidamente.

De acordo com um estudo conduzido por Blake (1998), o custo adicional médio para a utilização da técnica de *destress blasting* em galerias com dimensões médias de 5 m X 5 m, seria 7% superior ao custo para o avanço normal. Este custo adicional seria perfeitamente admissível considerando-se os benefícios obtidos. Para o alívio das tensões nos pilares que envolvem perfuração com maior diâmetro, este custo seria de US\$ 5,11 por tonelada de minério, e precisa ser avaliado caso a caso, de acordo com o valor agregado ao minério a ser recuperado.

2.4 - Temperatura em uma mina subterrânea (a norma regulamentadora NR 15)

Alterações de temperatura são parte do regime climático normal e são influenciadas por fatores tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A exposição ao calor deve ser avaliada por meio do “Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo”, de acordo com as equações 1 e 2.

Em ambientes sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad 1$$

Ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad 2$$

Onde:

Tbn Temperatura de bulbo úmido natural
Tg Temperatura de globo
Tbs Temperatura de bulbo seco

De acordo com NR-15/CLT, os equipamentos que devem ser usados nesse cálculo são termômetros de bulbo úmido natural, de globo e de mercúrio comum. As medições devem ser efetuadas no local de trabalho. Em função do índice obtido, o regime de trabalho intermitente será definido conforme apresentado na tabela 3.

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho(por hora)	Tipo de atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho Contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalhando 15 minutos descansando	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalhando 30 minutos descansando	31,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalhando 45 minutos descansando	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte: Segurança e Medicina do Trabalho, 2009

Tabela 3- Regime de trabalho em função do IBUTG obtido (NR 15:1978)

Eston (2005) comenta mais de 23 fontes de calor em subsolo, destacando-se o fluxo geotérmico, motores a combustão, o uso de explosivos, a rede de iluminação, a oxidação de certos tipos de minerais, a infiltração de águas termais, movimentação do maciço, a rede de ar comprimido e a presença de grande número de trabalhadores em certos tipos de lavra – são algumas das fontes de calor características de uma lavra em subsolo.

O problema do conforto térmico em subsolo não só envolve as fontes de calor, como também, deve ser analisado em termos das condições psicrométricas, ou seja, da umidade e da velocidade do ar nas galerias e realces, além da compressão adiabática nos poços de influxo de ar (Eston, 2005).

O conforto térmico nas minas está diretamente relacionado com a produtividade e ainda associado a acidentes e doenças térmicas como exaustão, síncope, câibras, sudamina e perdas de sais minerais. Com as minas cada vez mais profundas, superando 3.000m, aumenta a preocupação com os sistemas de ventilação e refrigeração. Na Inglaterra, Bedford & Vernon (1922) realizaram estudos demonstrando que os trabalhadores das minas de carvão perdiam até 41% do seu rendimento habitual de

trabalho quando a temperatura efetiva do local é de 27°C, em comparação com a temperatura efetiva de 19°C.

Sabe-se que, a partir de uma determinada faixa de temperatura, o rendimento do trabalhador é reduzido de forma drástica, chegando a doenças ou acidentes. A tabela 4 apresenta a queda de rendimento com o aumento da temperatura do ar.

Temperatura °C	Rendimento (%)
28,9	100
32,8	75
35,5	50
36,4	30
37,0	25

Fonte: Eston (2005)

Tabela 4- Queda de rendimento com o aumento da temperatura do ar.

2.5 -Sismicidade induzida pela lavra

Existem três tipos básicos de sismicidade induzida pela lavra: 1) relacionada a alívio de tensão em frentes de desenvolvimento; 2) relacionada aos pilares e 3) relacionada a deslocamentos de falhas (Golder Associates, 2000).

Tipo 1) - A atividade sísmica é concentrada em torno da frente de desenvolvimento, ocorre geralmente após uma detonação e dissipa de forma gradual após 1 a 2 horas. Em alguns casos, onde a atividade sísmica é mais intensa, esse tempo pode variar até horas ou dias após a detonação. O evento normalmente é de pequena magnitude ,inferior a 2 na escala desenvolvida por Richter, e sua origem é a energia armazenada nas imediações da

escavação a ser aberta. Uma vez a energia liberada, a atividade cessa até a detonação do próximo fogo.

Tipo 2) - relacionada à ruptura de pilares, é liberada quando um pilar rompe violentamente, analogamente à ruptura de um corpo de prova numa prensa. As configurações mais susceptíveis a isso são um pilar entre duas galerias de acesso ou dois realces. Nesses casos, a energia aliviada pode ser muito maior que a energia armazenada no pilar propriamente dito, e sua origem é a energia potencial armazenada no maciço rochoso e nos arredores. Quando o pilar rompe, o maciço rochoso em ambos os lados converge e a energia potencial é convertida em energia cinética, sendo liberada como energia sísmica. Por esses eventos ocorrerem geralmente próximos às áreas de trabalho, eles normalmente resultam em sérios danos às operações, e são normalmente induzidos pela detonação.

Tipo 3) - Relacionado a deslocamento de falhas, é essencialmente o mesmo mecanismo de um terremoto. Apesar de os eventos serem conhecidos como os relacionados a "falhas" eles podem ocorrer com qualquer descontinuidade estrutural, tais como um contato de um dique ou mesmo uma junta persistente. As feições estruturais mais fracas, como zonas de falhas ou falhas preenchidas com material milonitizado são as menos propensas a esse tipo de evento, pois elas se acomodam gradualmente segundo solicitações de tensões induzidas pela lavra. As feições estruturais com menor preenchimento e planares são as preferenciais, pois armazenam uma quantidade maior de energia e a libera rapidamente. Esses são normalmente os maiores eventos que podem ocorrer numa mina e os mais difíceis de se prever. Ocorrem geralmente com elevadas taxas de extração (> 75%) e, como nos eventos relacionados a pilares, a origem da energia é a energia cinética liberada quando o maciço de cada lado da falha se move. Eles podem ocasionar grandes danos na mina. Embora sua origem possa estar distante das atividades de produção, seus efeitos são espalhados em uma extensa área da mina.

Os *rockbursts* são definidos como qualquer evento sísmico que cause dano físico às

escavações. Os eventos que não causam danos físicos são simplesmente chamados eventos sísmicos. As ocorrências de *rockbursts* têm três componentes essenciais, que estão relacionados às perturbações nas condições naturais de tensão provocadas pela atividade de lavra. Primeiro, os níveis de tensão induzidos pela lavra devem ser significativamente maiores que a resistência da rocha. Segundo, para ocorrer eventos relativamente grandes, deve haver uma quantidade de energia significativa armazenada no maciço em escala regional. Finalmente, a convergência das paredes nos limites do corpo mineralizado deve permitir uma liberação rápida de energia, que é responsável pelos danos causados.

É importante frisar que a magnitude de um evento sísmico é medida pela quantidade de energia liberada, enquanto que a severidade é medida pelos danos físicos causados.

Segundo a NR-15, são consideradas atividades ou operações insalubres aquelas desenvolvidas em locais que tenham a presença de agentes ambientais acima do limite de tolerância estabelecido nesta norma. O pessoal envolvido no trabalho direto na mina subterrânea se expõe a um nível determinado de ruídos e vibrações podendo, em certos casos, abandonar a frente de trabalho ou retardar a entrada para dar continuidade a um novo ciclo de atividades. A operação da mina pode ser afetada, mesmo que temporariamente, em situações onde não ocorram danos físicos. Um evento significativo não precisa ser necessariamente um grande evento, mas sim um que interrompa a rotina da mina.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Modelo geotécnico da mina Caraíba

A mina Caraíba, embora esteja desenvolvendo suas atividades a uma profundidade relativamente baixa(535 a 1000m), vem apresentando uma sismicidade considerável. Ela está sujeita a um componente de tensão horizontal acentuado, o que significa que são encontrados efeitos de sobre-tensão equivalentes aos encontrados em operações mineiras canadenses com cerca de 1500 a 2000m de profundidade. Neste trabalho analisou-se apenas a reação da rocha tensionada durante a escavação. O ambiente geotécnico em que está inserida a mina da Mineração Caraíba pode ser descrito considerando-se o ambiente geológico e estrutural e o estado de tensões em que se encontra o maciço rochoso.

3.1.1 -Ambiente geológico

A Mina Caraíba encontra-se numa sequência de rochas básicas/ultrabásicas composta de noritos, gabro-noritos e piroxenitos encaixada basicamente em gnaisses e granitos, correspondendo a uma faixa de terreno Pré-Cambriano do Vale do Rio Curaçá a nordeste do Cráton São Francisco. O Vale do Curaçá constitui-se de terrenos de alto grau metamórfico polideformados, compondo uma faixa orientada segundo trend N-S (Golder associates, 2000).

Segundo a Golder Associates, estruturalmente a Mina Caraíba é representada por um sinforme com eixo mergulhando 10° a 30° para N-NW caracterizada por zonas de cisalhamento, dobras e falhas condicionando a segmentação de primeira grandeza. As zonas de falhas são marcadas por grandes falhas longitudinais, normalmente de médio a alto mergulho, estando presentes entre elas falhas menores e juntas de orientações diversas. Além dessas feições, aparecem famílias de juntas e falhas menores de atitudes variadas, impondo uma segmentação de segunda grandeza no maciço. Os contatos geológicos também constituem zonas de instabilidade potencial, principalmente quando

associadas a falhamentos.

O minério é composto de *sulfetos* de cobre (calcopirita), que ocorrem principalmente em piroxenitos, sendo presentes em zonas maciças e remobilizadas, secundariamente, em fraturas (Golder associates, 2000).

3.1.2- Qualidade das rochas

Os ensaios laboratoriais de resistência mecânica das rochas foram conduzidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). A Tabela 5 apresenta um resumo dos resultados dos testes.

Tipo de Rocha	Módulo Elástico (GPa)	UCS (MPa)	Densidade (t/m ³)	Coef. de Poisson
Rocha Encaixante (Média)	65	162	2.70	0.25
Minério (Média)	100	180	3.13	0.21

Fonte: IPT

Tabela 5- Resumo dos resultados dos ensaios em rocha

3.1.3 - Estado de tensões

O nível de tensões encontrado na mina é relativamente elevado considerando-se a pouca profundidade em que estão ocorrendo as atividades produtivas, atualmente (535 a 1000 m), principalmente relacionado a um forte componente horizontal. Esse fenômeno é evidenciado através de empastilhamento de testemunhos de sondagem, esfoliação da rocha em galerias tipo "casca de cebola" e fechamento de furos de perfuração de 3 ½ "a 6 ½".

Como tentativa de quantificar o regime de tensões na mina, dois estudos de medidas de tensões in-situ foram realizados em 1984 e em 1990 pelo IPT, IPT (1984) e IPT

(1990). Estes estudos, contudo, produziram resultados incapazes de definir de forma precisa o regime de tensões atuantes no maciço. Inspeções subterrâneas conduzidas em outubro de 1999, pela Golder Associates, forneceram evidências da ocorrência de níveis de tensões superiores aos que seriam normalmente esperados para escavações em suas respectivas profundidades, e que estes estariam compatíveis com os comumente encontrados em minas canadenses que atingiram profundidades superiores a 1.500m.

O regime de tensões foi então definido com base em observações de campo e retro-análise, usando modelamento numérico. A tensão horizontal máxima in-situ foi estimada variando de 80 MPa a 90 MPa na parte mais profunda, evidenciando que o gradiente de tensões não é significativo a partir dos 535 m até o final da mina (1000 m).

3.1.4 - Monitoramento sísmico na Caraíba

Desde o ano de 1997, sismos induzidos pela lavra começaram a se tornar mais frequentes na Mineração Caraíba em consequência de seu aprofundamento e incremento da taxa de extração. Esses eventos estão relacionados aos tipos 1, 2 e 3.

Ocorreram cerca de dois eventos de magnitude considerável (Mn 2 a 3) por ano a partir de 1997 e algumas dezenas de outros de menor intensidade, bem como a ocorrência de alguns *rockbursts* (Bezerra, 2000).

Para monitorar o fenômeno, foi instalada em 1998, em parceria com o Instituto Astronômico e Geofísico (IAG) da Universidade de São Paulo (USP), uma estação sismográfica (S-13 Teledyne-Geotech) no limite da extinta cava da mina a céu aberto, a cerca de 1 km do possível ponto onde foi registrada a intensidade máxima. Durante esse período, também foram registrados vários sismos induzidos pela lavra pelas estações sismográficas de Itaparica, Xingó e Brasília.

Em janeiro de 2000, foi instalado na mina o sistema de monitoramento sísmico de

superfície HDDR - Hyperion Digital Drum Recorder (ESG Canadá), que registra eventos continuamente em meio digital e são armazenados em um computador gerando arquivos com o formato das ondas, magnitude e localização aproximada dos eventos com magnitude superior a zero, ou próximo deste.

Foi instalado, também, um sistema micro-sísmico da ISS (África do Sul) na mina subterrânea para total monitoramento dos eventos a partir de magnitudes da ordem de 2 e localização dos pequenos eventos (erro em torno de 10 m na localização de um evento sísmico).

3.1.5 - Sismicidade no desenvolvimento de galerias

Os primeiros sinais de sismicidade ativa durante o desenvolvimento de galerias na mina Caraíba remotam de 1997, quando da escavação da rampa principal de acesso para aprofundamento da mina subterrânea.

Esta atividade sísmica tem, desde então, se mostrado frequente em algumas frentes de desenvolvimento, caracterizada por estalos da rocha após a detonação seguida, às vezes, de ejeção de fragmentos de rocha da face de avanço, bem como das paredes laterais até a completa dissipação da energia armazenada. Isto retarda o ciclo de avanço, já que todas as atividades subseqüentes à detonação ficam paralisadas até a normalização da situação.

Neste caso, deve ser implementada uma solução alternativa para permitir uma velocidade de escavação compatível com o planejado. A técnica usada na Mineração Caraíba foi o distress blasting ou detonação para alívio de tensões.

3.1.6 - Desenvolvimento na mineração Caraíba

A metragem média de desenvolvimento média é em torno de 250 m de galerias por mês (figura 6), com seções de 4,5 m X 4.0 m (18 m²) e 6 m X 4.8 m (29 m²). A

perfuração é feita com haste de 3,65 m de comprimento, possibilitando um rendimento de 92 a 93% (figura 7). Os explosivos usados são o ANFO escorvado com um cartucho de emulsão de 1 ½" X 8". Os iniciadores são espoletas de retardo não elétricas. O carregamento é feito com um caminhão plataforma e uma máquina de carregamento pneumática. A razão de carga usada fica em torno de 3,0 Kg/m³ (Figura 8). Para a execução deste desenvolvimento são usados os seguintes equipamentos:

01 Jumbo de dois braços (Minimatic HS 205 D) eletro-hidráulico, com perfuratriz HL 500 S.

01 *Rock Bolting* de um braço (Secoma) eletro-hidráulico com perfuratriz HL 200.

01 Carregadeira LHO (TORO 650 DL) com capacidade de 9 jd3.

01 Carregadeira LHO (EJC 180) com capacidade de 5 jd3.

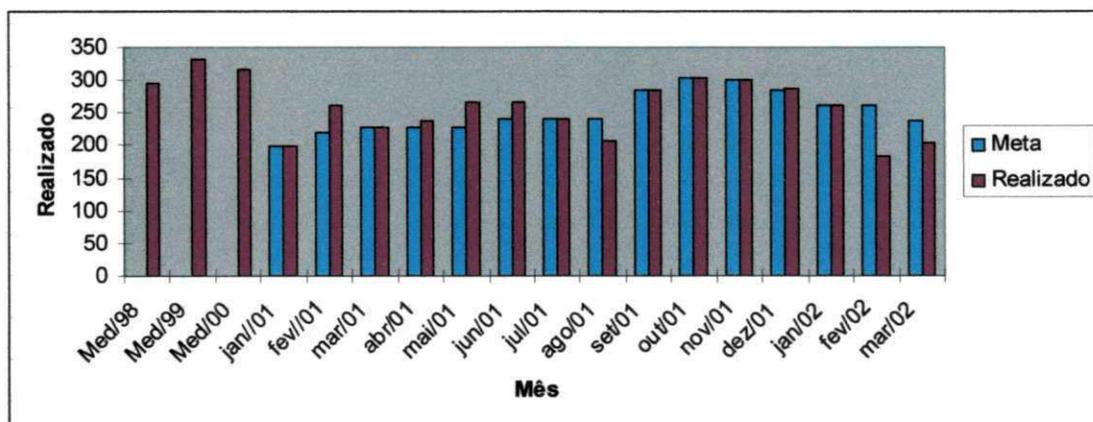
02 Caminhões rebaixados (EJC 430 O) com capacidade de 27ton.

01 *Scaler*.

03 Caminhões plataforma.

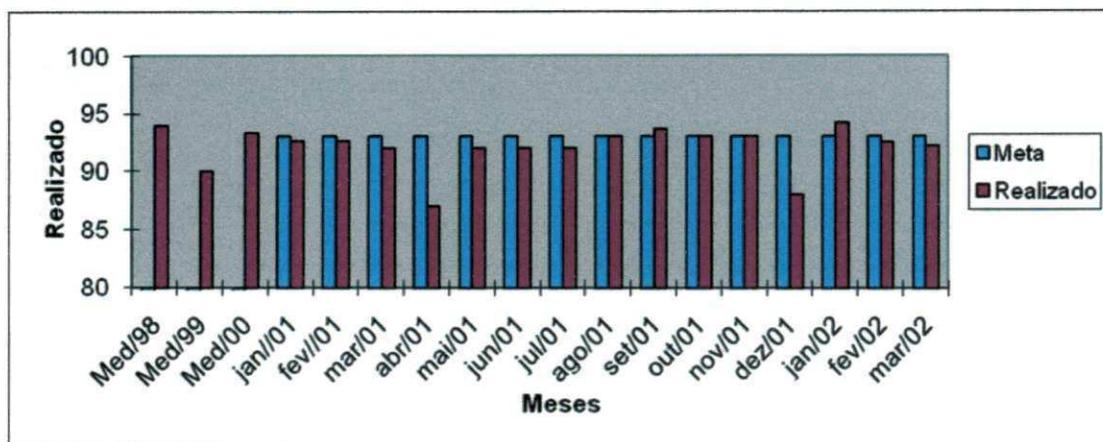
01 Caminhão projetor de concreto com bomba CP-10.

02 Bombas de projeção de concreto CP-06.



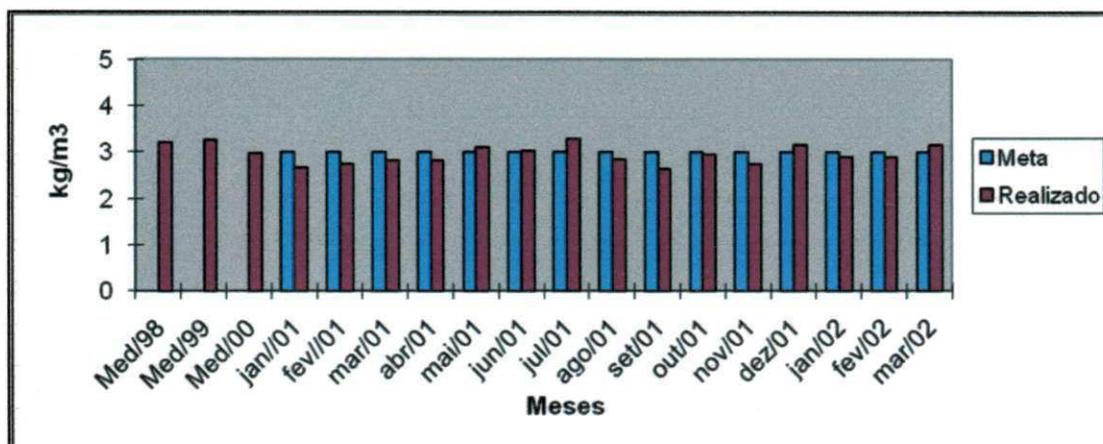
Fonte: MCSA

Figura 6 - Metragem de desenvolvimento (metros) - programada X realizada na MCSA.



Fonte: MCSA

Figura 7 - Rendimentos dos fogos (% de avanço) - programação X realizado na MCSA



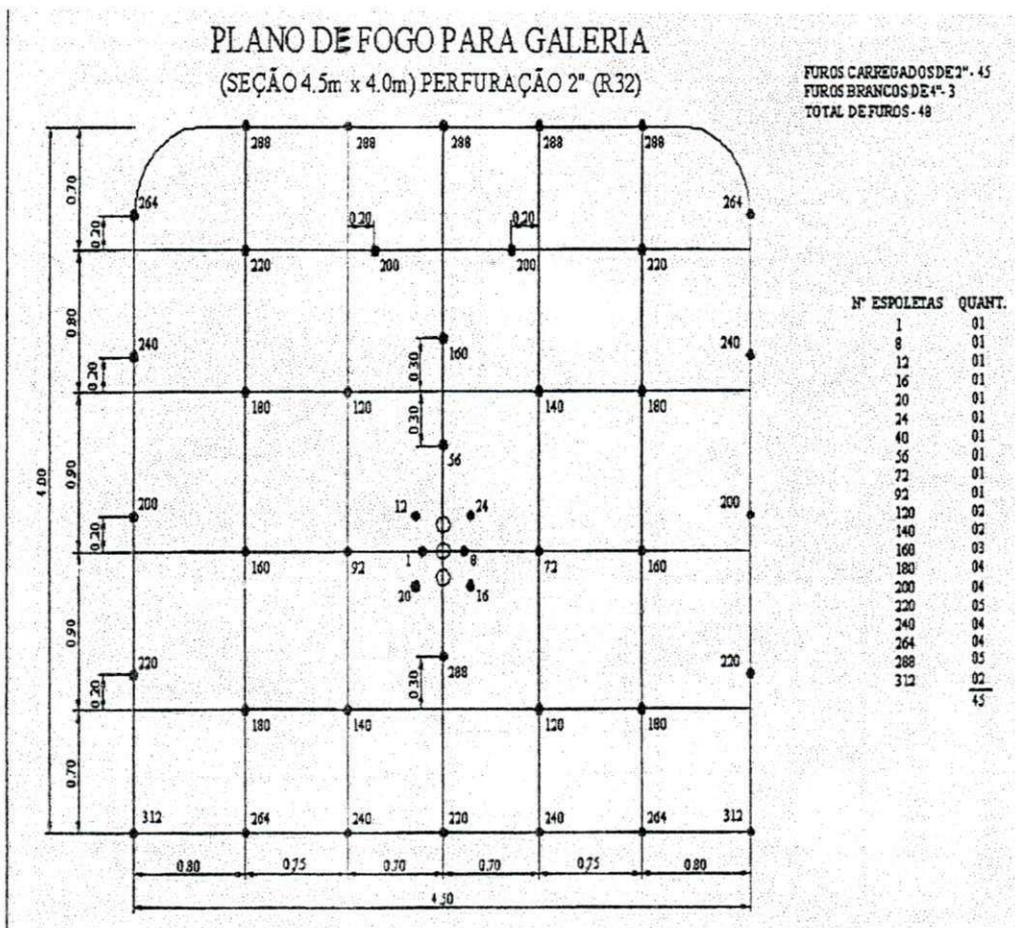
Fonte: MCSA

Figura 8 - Razão de carga dos fogos de desenvolvimento – programado X realizado na MCSA

Um estudo visando à melhoria de produtividade foi implementado a partir de 2000, cujo resultado foi a alteração do plano de fogo, aumentando o diâmetro de perfuração de 2" para 2 ½" e reduzindo, conseqüentemente, o número de furos a serem carregados. Isto permitiu uma diminuição nos tempos de perfuração e carregamento, bem como nos gastos com materiais, resultando numa redução global no custo do desenvolvimento da ordem de 14%.

Vale salientar que os antigos índices técnicos como rendimento, granulometria do material e contorno da galeria foram mantidos, com o benefício adicional da diminuição da razão de carga da ordem de 10% e aumento da produtividade.

Plano de fogo anterior representado (figura 9), cujo diâmetro de perfuração era de 2" com um total de 48 furos, sendo 45 carregados e três de alívio com 4" para a seção de 4,5 m X 4,0 m. O controle do desmonte no perímetro era feito usando-se cargas desacopladas.

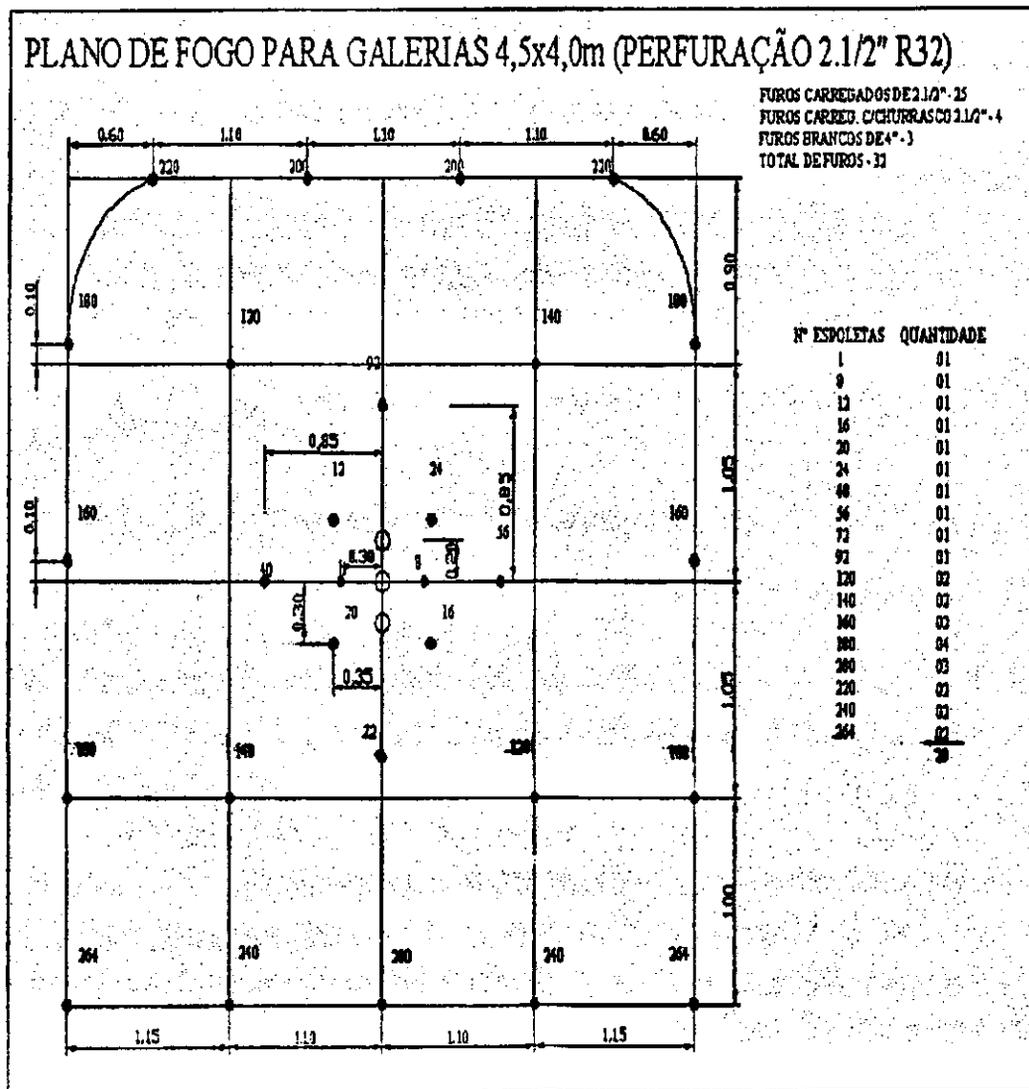


Fonte: MCSA

Figura 9 - Plano de fogo anteriormente usado na MCSA para 4,5 X 4,0 m

Os planos de fogo atualmente em uso, com perfuração de 2 1/2" de diâmetro e com três furos de alívio com diâmetro de 4" têm para a seção de 4,5 m X 4,0 m, 32 furos, sendo 29

carregados(figura 10).. Já para a seção de 6,0 m X 4,8 m, temos 42 furos, sendo 39 carregados



Fonte: MCSA

Figura 10 - Plano de fogo atualmente usado na MCSA para 4,5 X 4,0 m

Atualmente na Mineração Caraíba, o atirantamento faz parte do ciclo de escavação de todas as galerias desenvolvidas, ou seja, não é permitido perfurar um novo avanço sem que o anterior tenha sido fixado o tirante, sendo o suporte mínimo necessário para o

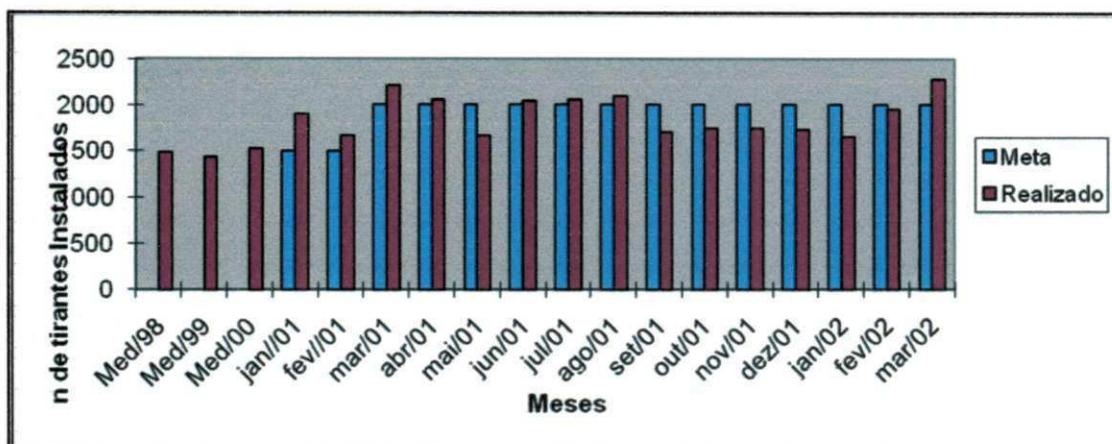
avanço das frentes. Em alguns casos, onde o estado de tensões é mais acentuado, telas metálicas são instaladas para garantir a segurança da equipe de carregamento.

Depois de escavadas, as galerias passam por uma avaliação geotécnica e têm seu tipo de suporte determinado em função do estado de tensão, podendo ser apenas telas metálicas, concreto projetado reforçado com fibras de aço, ou concreto projetado sobre as telas metálicas. *Cable Bolting* é ocasionalmente adicionado, principalmente em galerias que serão futuros tetos de realces.

As características dos suportes empregados são as seguintes:

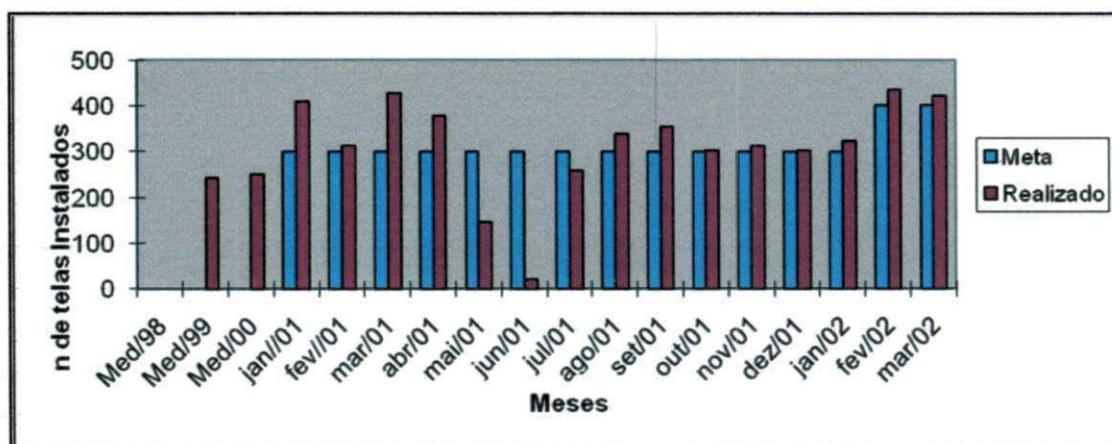
- a) Tirantes de aço com diâmetro de 7/8", resinados, com ancoragem total, comprimento de 2,40 m e malha de 1,20 X 1,50 m.
- b) Tela metálica com fios de 6 mm de diâmetro, malha quadrada de 10 X 10 cm e tamanho de 3,00 X 2,45 m.
- c) Concreto projetado reforçado com fibras metálicas com 400 Kg de cimento e 40 Kg de fibra por m³.
- d) *Cable Bolting* com diâmetro de perfuração de 2 1/2" e cabos de 7 fios com 15 mm de diâmetro, malha de 2,5 m X 2,7 m e comprimento médio de 7,5 m.

Os gráficos abaixo (figuras 11, 12 e 13) mostram os quantitativos de suporte empregados na mina no período de 1998 a março de 2002.



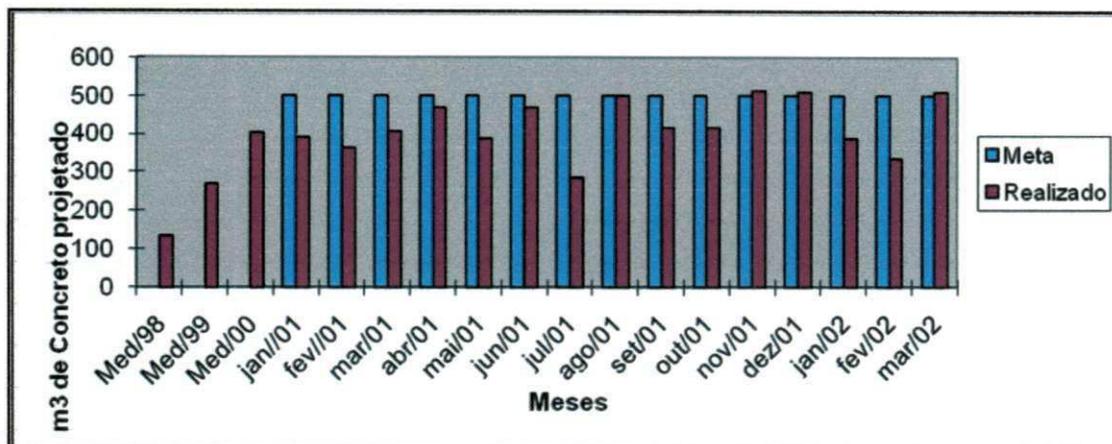
Fonte: MCSA

Figura 11 – Número de tirantes instalados – programação X realizado na MCSA



Fonte: MCSA

Figura 12 – Número de telas instaladas – programação X realizado na MCSA

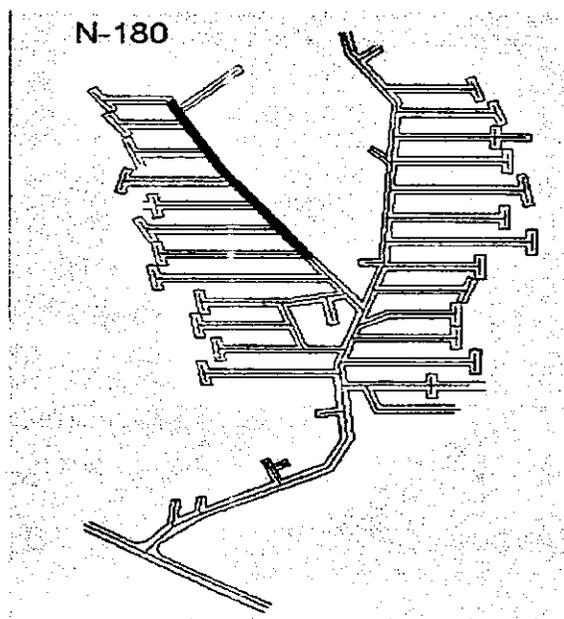


Fonte: MCSA

Figura 13 - Concreto projetado - programada X realizada na MCSA

3.1.7 - Utilização na mineração Caraíba S/A da técnica de desmonte para alívio de tensões - *destress blasting*

Desde 1997, quando da abertura da rampa de aprofundamento da mina subterrânea, foram noticiados pela primeira vez casos de sismicidade. Os eventos eram pouco danosos e sem continuidade, não chegando a interferir na programação do desenvolvimento. Alguns outros locais apresentaram situações semelhantes, que foram conduzidas normalmente dentro das técnicas convencionais de desenvolvimento. Foi durante o desenvolvimento da galeria de acesso principal oeste no nível-180 (figura 14) que a situação mostrou-se mais grave, chegando a interferir significativamente no cronograma de execução.



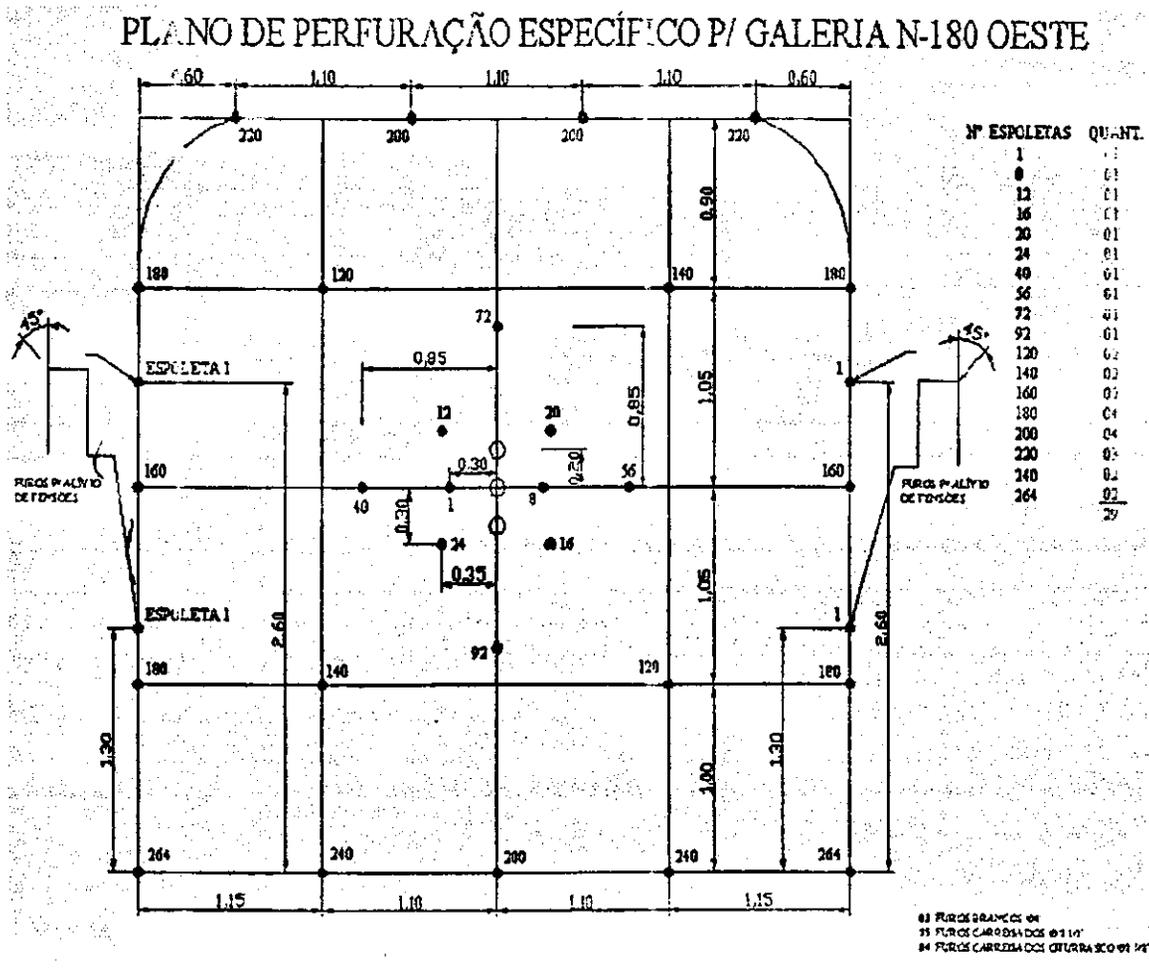
Fonte: MCSA

Figura 14 - Nível-180 oeste - trecho onde foi aplicada a técnica de *destress blasting* na MCSA

Após cada nova detonação, uma série de eventos micro-sísmicos iniciava-se, algumas vezes, com o lançamento de fragmentos de rocha a alguns metros de distância oriundos das laterais e/ou da face de escavação. Esses fenômenos interferiam diretamente no ciclo de operações, pois não era seguro voltar a trabalhar nesta frente enquanto toda a energia sísmica associada não fosse dissipada, o que, às vezes, chegava desde algumas horas até a três dias, a depender da severidade da situação. Vale salientar que mesmo havendo eventos sísmicos, sem a ejeção de material interferiam no ciclo de atividades, pois o nível de ruído não era aceitável pelos operadores para retomarem com segurança à frente de serviço. Foi então decidido adotar a técnica de *destress blasting* nessa área, pois os atrasos começavam a ameaçar a liberação de novos realces, dentro da sequência de lavra programada.

O plano de fogo adotado foi baseado na experiência de minas canadenses do distrito mineiro de Sudbury e consta basicamente de mais quatro furos no plano de fogo normal,

com o mesmo diâmetro usado, sendo dois em cada lateral, com o mesmo comprimento dos furos da frente (3,65 m), inclinados de 45° em relação ao alinhamento da galeria e dispostos a 1/3 e 2/3 de altura da galeria, como indicado na figura 15.



Fonte: MCSA

Figura 15 - Plano de fogo usado na MCSA no N-180 para alívio das tensões

Estes quatro furos são carregados com um cartucho de 1 1/2" X 8" e escorvados com uma espoleta nº 1, a mesma do primeiro furo do pilão saindo juntamente com o mesmo. Este ângulo de 45° permite que seja deixada uma distância mínima de 2,60 m entre a carga explosiva e a face lateral da galeria, para no caso de necessidade de atirantamento

lateral (2,40 m), não seja possível atingir, durante a perfuração, algum resto de explosivo não detonado.

Após a detonação, as tensões são aliviadas rapidamente pela aceleração dos possíveis eventos sísmicos associados, causados pelo fraturamento induzido imposto no perímetro da escavação. Com isso, conseguiu-se reduzir significativamente o tempo de retomada das atividades, de horas até no máximo um dia. Esta detonação não causa nenhum dano nas faces remanescentes expostas como poderia se supor, como também não altera a quantidade de choco gerada pela detonação.

Os resultados eram avaliados fogo a fogo e foi mantido o procedimento até a finalização da abertura da galeria, com um considerável benefício em relação à segurança, bem como o cumprimento da programação. No final, o plano de fogo foi padronizado e usado em novas frentes que apresentassem condições semelhantes.

O custo adicional para o emprego da técnica comparado com o avanço normal de galerias foi calculado em torno de 2% considerando-se o gasto a mais com equipamento, materiais de perfuração, acessórios e explosivos.

3.2-Metodologia

3.2.1 Introdução

Essa pesquisa baseou-se em estudos realizados sobre os sistemas de gestão da Mineração Caraíba. Com relação à aplicabilidade do método, compondo a parte prática da pesquisa, foram realizados contatos com empresas nacionais em busca de uma análise mais específica no que diz respeito à utilização do método em questão. O estudo de caso exhibe, de uma maneira prática, a aplicação do método de melhorias PDCA diante das dificuldades apresentadas no dia a dia da mineração.

Para a utilização do método, utilizaram-se os dados disponíveis, tais como: relatórios técnicos, dados históricos operacionais, anotações de relatórios diários, entre outros, com o objetivo de gerar informações e posteriormente tomar as decisões necessárias.

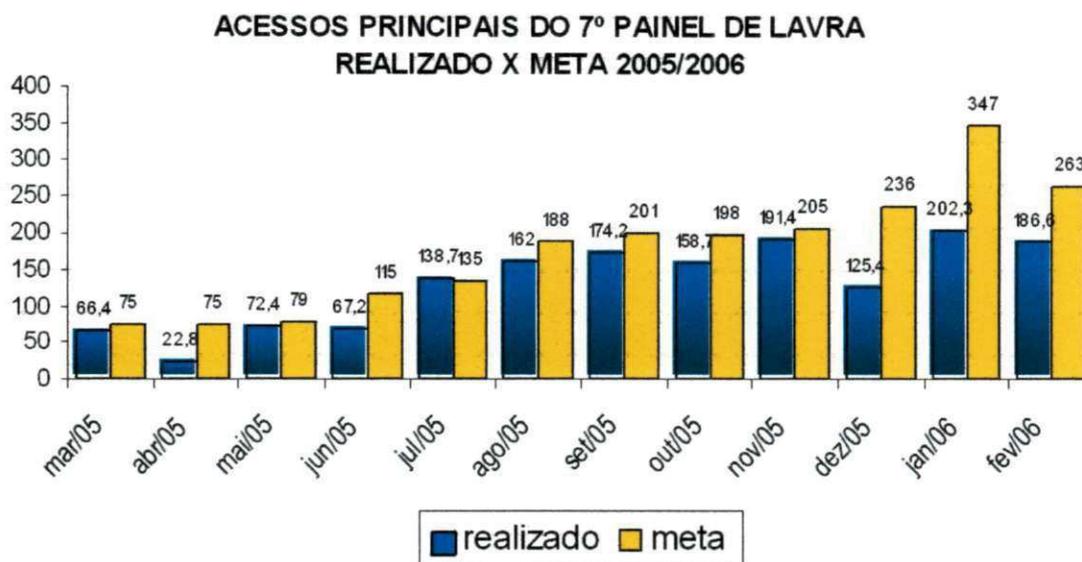
3.2.2 Planejamento

3.2.2.1 Localização do problema

O problema foi localizado no 7º painel da mina Caraíba, através de estudos dos relatórios, onde foi detectado o descumprimento das metas programadas pelo setor de planejamento, ou seja, não estava sendo cumprida a metragem planejada pelo setor de desenvolvimento, assim, ocorrendo uma não conformidade.

3.2.2.2 Estabelecimento de metas

Tomou-se como base as metas de planejamento estabelecidas pela empresa, conforme observado na figura 16.



Fonte: MCSA

Figura 16 - Realizado x Meta

3.2.2.3 Análise do fenômeno

Durante o período de estudo, foram observados alguns problemas nos locais de desenvolvimento e constatou-se que poderia ser esse o motivo da falta de realização das metas deste painel. Identificou-se a presença de água do 3º ao 6º painel, que afetava o sétimo painel proveniente de infiltração do maciço, refrigeração dos equipamentos e da limpeza dos furos.

exemplos:

- ✓ jumbo: 120 litros / minuto
- ✓ rock bolting: 120 litros / minuto
- ✓ solo: 120 litros / minuto
- ✓ cubex: 02 unidades: 16 litros / minuto

Foi observado que nas datas abaixo, uma ou outra frente de trabalho ficou parada aguardando liberação (fazer o bombeamento), devido a presença de água proveniente de infiltração do maciço, refrigeração dos equipamentos e da limpeza dos furos.

Datas em que alguma área parou para fazer bombeamento:

- 5 de março /05
- 7 de abril /05
- 11 de maio /05
- 23 de junho /05
- 12 de julho /05

A alta temperatura foi outro problema identificado, pois o circuito de ventilação definitivo depende exclusivamente do desenvolvimento das galerias para a abertura das chaminés. Assim, nestes casos, a ventilação é bastante precária tendo como efeito o incremento na temperatura.

Dias parados aguardando normalização da temperatura em alguma frente de trabalho:

- dia 3 e dia 27 de abril /05 .
- dia 2 de maio /05.
- dia 15 de junho /05.
- dia 4 de julho /05.
- dia 6 , dia 10 e dia 17 de agosto /05.

Um outro problema observado foi a prioridade e a baixa disponibilidade dos equipamentos de carregamento e transporte para a remoção do material desmontado no 7º painel.

Dias parados aguardando equipamentos para fazer a limpeza mecânica da área (dificuldade operacional):

- dias 4 , 5 e dias 11, 13 de abril /05 .
- dias 7 e 8 de maio /05.
- dias 11 e 28 de junho /05.
- dias 17 , 19 e 25 de julho /05.
- dias 2 , 7 e 19 de agosto /05.

Também foram observados atrasos das frentes de desenvolvimento por causa do

elevado estado de tensão das rochas após a etapa de detonação, que atrasava o desenvolvimento das frentes, pois tinha-se que esperar essas se estabilizarem.

Observando o histórico das frentes de trabalho, foram verificados os seguintes dias parados, aguardando liberação da energia sísmica durante o período de março a julho de 2005.

- 08 a 20 de março /05.
- 13 de abril a 12 de maio /05.
- 17 a 19 de maio /05.
- 25 a 31 de maio /05.
- 06 a 14 de junho /05.
- 16 a 19 de junho /05.
- 24 a 30 de junho /05.
- 10 a 20 de julho 05.

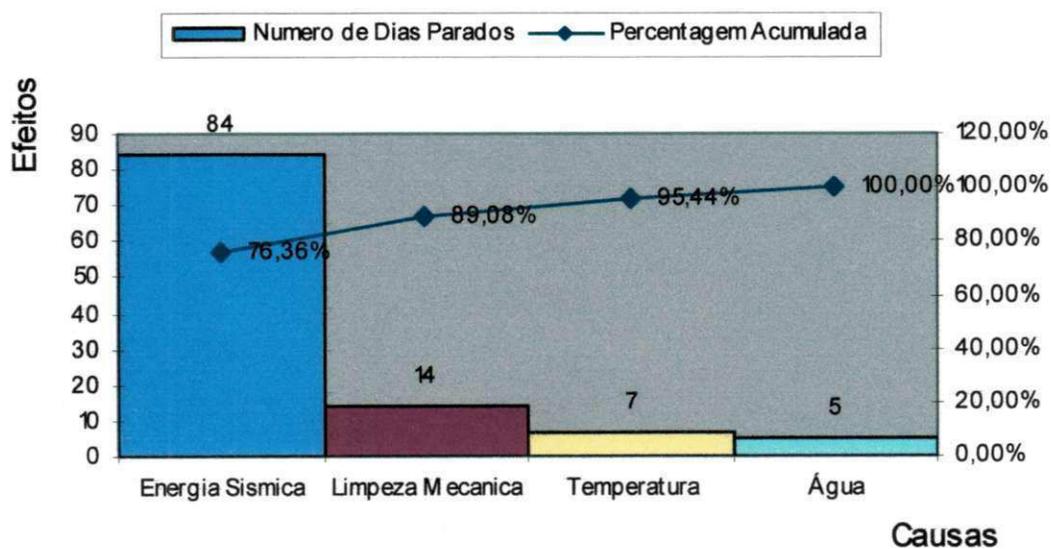
3.2.2.4 Análise do processo

Depois da realização de um trabalho usando o método de PDCA com base nos históricos de todos esses problemas, e passando esses dados para uma tabela chamada de folha de verificação, conforme observada, na tabela 6, e os transferindo para o gráfico de Pareto a Figura 17, ficou claro que o principal problema era o elevado estado de tensão da rocha no 6º e 7º painéis. A sismicidade nestas áreas estava dificultando a retomada dos trabalhos.

Atividades	Nº de Dias Parados	Total de Nº de Dias Parados	Percentagem(%)	Percentagem Acumulada(%)
Energia Sísmica	//////////////////// //////////////////// ////////////////////	84	76,36%	76,36%
Limpeza Mecânica	//////////	14	12,72%	89,08%
Temperatura	//////	7	6,36%	95,44%
Água	////	5	4,56%	100,00%

Fonte: MCSA

Tabela 6 - Folha de Verificação do PDCA



Fonte: MCSA

Figura 17, Gráfico de Pareto.

3.2.2.5 Elaboração do plano de ação

As ações foram detalhadas para aplicação na solução dos problemas identificados, visando a atingir as metas estabelecidas, destacando-se o que segue no quadro abaixo.

CAUSA	O QUE	COMO	QUANDO
Atraso nas contenções	Coletar informações sobre elevada sismicidade de rochas	Realizando estudo sobre sismicidade induzida, disseminando as informações com os envolvidos e implementando o novo plano de perfuração	Junho/2005
	Substituir o Jumbo modificado para contenções por um equipamento específico de atirantamento (Rock Bolting)	Apresentando à gerência os riscos gerados pelo uso de equipamento adaptado	Junho/2005
Atraso na limpeza mecânica	Abrir ponto de carga	Escavando a rocha, utilizando-se dos equipamentos: Jumbo, Scaller, Rock Bolting, etc.	Agosto/2005 (-362) Novembro/2005 (-412)
	Modificar o procedimento de priorização de limpeza mecânica das frentes do 7º painel	Realizando reuniões entre a gerência e os setores	Julho/2005
Alta temperatura	Abrir uma chaminé de exaustão do nível -332 ao -362 e do -332 ao -412	Utilizando o método VCR de abertura de chaminés	Maió/2005 (-332 ao -362) Outubro/2005 (-332 ao -412)
	Abrir chaminé de injeção de ar no nível -305 ao -371	Utilizando o método VCR de abertura de chaminés	30/12/2005
	Forçar a entrada de ar limpo nas galerias do 7º painel	Instalando ventiladores secundários de 40.000 cfm	Outubro/2005

	Criar procedimento de abandono de área para casos em que a temperatura seja maior ou igual a 34o (IBUTG)	Realizando reuniões entre os setores de segurança e medicina, gerência DIGPD e setores	Dezembro/2005
	Diminuir a concentração de gases explosivos ou tóxicos e da temperatura dentro das galerias do 7º painel	Adquirindo sopradores de ar alimentados por ar comprimido com alta vazão e ar na saída do difusor	Janeiro/2006

Fonte: MCSA

Tabela 7 - Plano de ação

4- RESULTADOS

Quanto a Limpeza mecânica

Com os pontos de carga (aberturas laterais na rampa, próximo ao nível desejado) feitos nos níveis -362 e -412, facilitou a remoção de material empolado das galerias destes níveis para estes pontos de carga quando não pudesse levar o material a superfície, e com a modificação no procedimento de limpeza, em que ficaram definidos os equipamentos que disporíamos e que o setor do desenvolvimento ajudando na limpeza do 7º painel quando estivesse livre, logo aumentando o rendimento desta operação, como é observada na tabela 8.

CAUSA	PLANEJADO	RESULTADO	PONTO PROBLEMÁTICO	PROPOSIÇÃO
Atraso na limpeza mecânica	Abrir pontos de carga	Foi concluído em Agosto/2005(-362) e Novembro/2005(-412)		
Atraso na limpeza mecânica	Modificar o procedimento de limpeza mecânica das frentes do 7º painel	Ficou definido em julho de 2005, que o setor de Desenvolvimento do 7º painel ficaria com 4 caminhões EJC 430 e 2 carregadeiras toro MT, e quando o pessoal do setor de Desenvolvimento estivesse livre ajudaria na limpeza do 7º painel.	O não cumprimento do acordo entre setores	Gerência, agosto de 2005.

Fonte: MCSA

Tabela 8 - Tabela de execução limpeza mecânica

Quanto à temperatura

Com os procedimentos realizados, foram feitos investimentos no sistema de ventilação dentro de padrões da ABNT, aumentando a segurança e rendimento da operação, conforme tabela 9.

CAUSA	PLANEJADO	RESULTADO	PONTO PROBLEMÁTICO	PROPOSIÇÃO
Alta temperatura	Abrir uma chaminé de exaustão do nível -332 ao -362 e do -332 ao -412	A abertura da chaminé foi concluída, porém, com 15 dias de atraso.	O atraso ocorreu devido a baixa disponibilidade de equipamentos para limpeza mecânica no local inferior à chaminé.	Realizar parada de produção nos dias 01 e 02/08/05 para realização da limpeza.
Alta temperatura	Abrir chaminé de injeção de ar no nível -305 ao -371	Abertura da chaminé com explosivos, poderia ocorrer deslocamento das paredes	Risco de acidentes.	Foi construído uma proteção com tela, cabo de aço e vigas no bocal inferior da chaminé.
Alta temperatura	Forçar a entrada de ar limpo nas galerias do 7º painel	Instalado, os ventiladores secundários de 40.000 cfm		
Alta temperatura	Criar procedimento de abandono de área para casos em que a temperatura seja maior ou igual a 34º (IBUTG)	Realizada reuniões entre os setores de segurança e medicina, gerência DIGPD e setores, ficando o setor de segurança responsável pela verificação de cada área, aumentando a segurança e rendimento da operação.		

Fonte: MCSA

Tabela 9 - Tabela de execução da alta temperatura

Quanto à água

Priorizou-se o bombeamento mecânico nos níveis acima do 7º painel, permitindo um melhor rendimento operacional, sendo uma contribuição importante para as melhorias apresentadas, mostradas na tabela 10.

CAUSA	PLANEJADO	RESULTADO	PONTO PROBLEMÁTICO	PROPOSIÇÃO
Acúmulo de água no 7º Painel	Fazer manutenção e trocar alguns equipamentos de bombeamento da mina.	O estudo indicou que a manutenção de bombeamento entre níveis não estava sendo feita como haviam acordados, um novo planejamento com trocas de equipamentos no 7º painel também foi realizado em julho de 2005. Em agosto de 2005, conseguiu-se atingir a quantidade normal da decida de água para o 7º Painel, com 1 mês de atraso.	O atraso se deu por falta de disponibilidade mecânica.	Reunião com a gerência do setor de desenvolvimento

Fonte: MCSA

Tabela 10 - Tabela de execução acúmulo de água

Quanto à sismicidade

A sismicidade relacionada ao alívio de tensões em frente de desenvolvimento é a reação da rocha à escavação. A atividade sísmica é concentrada em torno da frente de desenvolvimento e ocorre geralmente, após a detonação e frequentemente dissipa de forma gradual após 1 a 2 horas. Em certos casos onde a atividade sísmica é muito intensa (caso do N-362/acesso principal), foi observado que o tempo variava de algumas horas até alguns dias. Com a utilização da técnica de alívio de tensões, o tempo de espera para a

retomada do desenvolvimento foi reduzido aos padrões normais, sem nenhum ponto problemático como vemos na tabela 11.

CAUSA	PLANEJADO	RESULTADO	PONTO PROBLEMÁTICO	PROPOSIÇÃO
Atraso nas contenções	Coletar informações sobre elevada sismicidade de rochas	Implementou um novo plano de perfuração (técnica <i>de stress blasting</i>)		
Atraso nas contenções	Substituir o Jumbo modificado para contenções por um equipamento específico de atirantamento (Rock Bolting)	Foi feita a substituição do equipamento em julho de 2005 e treinamento de operação do Rock Bolting, ganhando tempo e qualidade e segurança na operação de atirantamento.		

Fonte: MCSA

Tabela 11 - Tabela de execução quanto a sismicidade

Quanto à Produção e Faturamento

Com os resultados obtidos, aumentou a produtividade no setor do 7º Painei, assim refletindo diretamente na produção e faturamento da mina, possibilitando a produção de 82.000t de minério em abril, assim podendo atingir o faturamento como mostram os cálculos abaixo:

Com o método PDCA

Massa x Teor x Recuperação x Fator da Usina x LME Pagável = Faturamento

82.000t X 0,0244 X 0,8375 X 0,97 X 0,83 X 4.900 = US\$ 6.610.501,39

Faturamento Bruto = Faturamento / 0,7475 = US\$ 8.843.480,12

Lucro Líquido = 40% x Faturamento Bruto = **US\$ 3.537.392,05**

Como de janeiro a março não foi cumprido o plano anual de produção, correspondendo a 38.000t de minério que deixaram de ser retirados, o que refletiu no faturamento como mostra os cálculos abaixo:

Sem o método PDCA

Massa x Teor x Recuperação x Fator da Usina x LME Pagável = Faturamento

38.000t X 0,0244 X 0,8375 X 0,97 X 0,83 X 4.900 = US\$ 3.063.403,09

Faturamento Bruto = Faturamento / 0,7475 = US\$ 4.098.198,11

Lucro Líquido = 40% x Faturamento Bruto = **US\$ 1.639.279,24**

5. DISCUSSÃO

Com o resultado obtido através da aplicação do método PDCA, foi possível a liberação da aba oeste do 7º Painel para lavra, sendo liberados 223.520t de minério. Para comprovação numérica da eficiência da solução alcançada pelo método, foi apresentada a memória de cálculo dos resultados obtidos, mostrados anteriormente, que apresentam os casos em que se utiliza a solução encontrada neste trabalho e a situação em que o método não foi utilizado.

A liberação do 7º painel que aconteceu somente em março/06, acarretou o não cumprimento do plano anual de produção no período de janeiro - março, o que corresponde a 38.000t de minério (confinamento Plano Anual de Produção) com teor aproximado de 2,44%, ocasionando uma perda de US\$ 1.639.279,24.

A disponibilização da aba oeste do 7º painel de lavra em março de 2006, possibilitou a produção de 82.000t de minério em abril, gerando uma receita líquida de US\$ 3.537.392,05.

Posteriormente, foi dada prioridade ao não acúmulo de água no sétimo painel. Para isso priorizaram-se todos os níveis anteriores com o bombeamento de água. Como a característica da mina é de rocha fraturada, onde qualquer acúmulo de água desceria naturalmente pelas fraturas da rocha, essa ação diminuiu consideravelmente o trabalho de bombeamento do 7º painel. Assim pôde-se fazer um bombeamento controlado, não perdendo frentes de trabalho.

Realizaram-se melhorias no sistema de ventilação entre níveis e aberturas de galerias externas ao corpo da mina, levando um fluxo de ar puro para as antigas e novas galerias. Criaram-se procedimentos de segurança normatizados pela ABNT.

6. CONCLUSÃO

Quando deparados com vários problemas no setor de mineração, no caso em especial o que envolvia o setor de desenvolvimento da mina Caraíba, foram feitas algumas suposições com o objetivo de diagnosticar a situação. Foram analisadas diferentes questões a respeito dos problemas e suas respectivas soluções, mas sem um diagnóstico preciso do real problema.

Convém lembrar que o não cumprimento das metas estabelecidas pelo setor de planejamento da mina Caraíba gerou discussões sobre o porquê de não se conseguir êxito, a partir das quais foram apresentados alguns problemas existentes, tais como: falta de equipamento, prioridade ao setor de lavra no uso dos equipamentos, alagamento de galerias, falta de uma ventilação adequada, tensões nas rochas, entre outras.

Com a aplicação da metodologia do PDCA foi possível detectar por ordem de prioridade os problemas elencados anteriormente, e chegou-se a conclusão de que a principal dificuldade eram as tensões pós-detonação, que duravam alguns dias para a rocha, naquele local, se acomodar, com isso, naquele ponto o ciclo de desenvolvimento era suspenso até a volta da normalidade.

Identificado o principal problema implementou-se a solução adequada, sendo aplicada a técnica de alívio de tensões. Verificou-se que o custo adicional acrescido à técnica convencional de escavação foi compensador, devido à aceleração do ritmo de escavação e de ter proporcionado condições mais seguras.

A implementação da nova técnica foi feita como um teste com a intenção de superar uma nova adversidade imposta pelas condições geomecânicas do maciço rochoso e foi considerada como sendo bem sucedida. Houve redução no tempo de retorno às atividades nas frentes em desenvolvimento após as detonações, bem como a garantia da segurança do pessoal e dos equipamentos envolvidos na operação. Ainda foram solucionados

problemas que iram contribuir ainda mais para obtenção de melhores resultados, tais como: alagamento de galerias, sistema de ventilação, entre outros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. Coletânea de normas de sistemas da qualidade. Rio de Janeiro. ABNT, 2001. 47p.

AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES DE QUALIDADE DO AR EM MINA SUBTERRÂNEA, Boris Ferreira Gancev

AZEVEDO, C. M. (2000) - Modelamento Numérico Tridimensional e Soluções Práticas Aplicadas na Lavra da Mineração Caraíba - Bahia - Brasil- I Seminário de Mina a Céu Aberto e Mina Subterrânea -IBRAM/Bh.

BADIRU, A. B. AYENI, B. J. Practitioner's guide to quality and process improvement. London: Chapman & Hall, 1993. 353p.

BARROS, M. M. S. B. Implantação de inovações tecnológicas em empresas construtoras: como vencer esse desafio? In: CONSTRUÇÃO 2001 – ENCONTRO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, Lisboa, 2001. **Por uma construção sustentável:** Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2001, p.102-109

BEZERRA, F. N. M. (2000) - O Uso da Instrumentação como Ferramenta para Otimização da Lavra de Minas Subterrâneas - I Seminário de Mina a Céu Aberto e Mina Subterrânea IBRAM/Bh.2001.

BLAKE, Board&Brummer (1998) - Destress Blasting Practices - A Review of the Literature and Current Industrial Practice- Report Submitted to CAMIRO Mining Division

CAMPOS, V. F. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

_____. Gerenciamento pelas diretrizes. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

CLARK, A. B. How managers can use the Shewhart PDCA Cycle to get better results. Houston: Jesse H. Jones Scholl of Business – Texas Southern University, 2001.

DEMING, W. E. Qualidade: a revolução da administração. São Paulo: Marques Saravia, 1990.

ESTON, S. M. Problemas de conforto termo-corporal em minas subterrâneas. Revista de Higiene Ocupacional, v. 4,n.13, jul./set. São Paulo. 2005. p.15-17.

Golder Associates (2000) - The Visit to Caraiba Mine - July 25 to 28, 2000. Relatório Interno.

GODOY, M. H. P. C. Brainstorming. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

IPT (1984) - Determinação de Tensões no Maciço Rochoso da Mineração Subterrânea da Mina Caraiba - Jaguarari/Ba - Rei 19.763. Relatório Interno.

IPT (1990) - Tensões in situ na Mina Subterrânea da Caraiba - Rei 28.170. Relatório Interno.

MELO, C. P; CARAMORI, E. J. PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura - versão 2.0. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

PDCA CYCLE. Disponível em: <<http://www.hci.com.au/hcisite2/toolkit/pdcacycl.htm>>. Acesso em: 26 Mar. 2002.

SLACK, N. et al. Administração da produção. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

SOUZA, R. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte.1997, 387p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

SOUZA, R. & MEKBEKIAN, G. Metodologia de gestão da qualidade em empresas construtoras. In: ENTAC93 – ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo, 1993. Avanços em Tecnologia e Gestão da Produção de Edificações. São Paulo: EPUSP, 1993. p.127-131.

SUZUKI, M. Implementation of project management based os QES and those Issues in japanese construction industry and in Kumagaigumi. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION QUALITY AND RELATED SYSTEMS, Lisboa, 2000. A Global Updtade. Lisboa: CIB-TG36, 2000. p.214-221.

ANEXO



ANEXO 2A

PLANO DE QUALIDADE
"PLANO ANUAL DE PRODUÇÃO"

NATUREZA	PLANO DE PRODUÇÃO - ANO 2006									
	UNIDADE	JANEIRO	FEVEREIRO	MARCO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
MINA SUBTERRÂNEA										
Dias Trabalhados	un	31	28	31	30	31	30	31	31	30
Produção mina atual	t	75.000	70.000	53.500	53.600	45.000	40.000	13.000	18.100	10.000
Teor Médio Mina Atual	%	2,48	2,89	2,01	2,06	2,88	3,02	2,73	3,59	3,51
Produção VII Painei	t	6.000	6.000	26.000	44.000	44.700	55.000	84.000	81.000	85.000
Teor Médio VII Painei	%	2,00	2,00	2,36	2,39	2,28	1,94	1,96	2,17	2,34
Produção Total	t	81.000	76.000	79.500	97.600	89.700	95.000	97.000	99.100	95.000
Produção Média Diária	t/dia	2.613	2.714	2.565	3.253	2.894	3.167	3.129	3.197	3.167
Teor Médio	%	2,44	2,82	2,12	2,21	2,58	2,39	2,06	2,43	2,46
Recuperação Média	%	89,04	89,64	82,88	86,59	86,21	85,39	81,12	82,53	78,53
Concentrado Seco	t	4622	5036	3670	4894	5232	5093	4256	5209	4817
Cobre Contido	t	1.710	1.863	1.358	1.811	1.936	1.884	1.575	1.927	1.782
Galerias mina atual	m	243	117	20	20	20	80	92	81	32
Galerias Painei VII	m	266	263	282	312	250	220	208	219	271
Galerias Ventilação	m	20			30					
Total Galerias	m	529	380	302	362	270	300	300	300	303
Paste Fill	t	35.000	44.267	28.275	13.125	19.675	66.202	20.175	61.872	33.896
Cabos injetados	m	3.000	2.500	3.000	2.500	3.000	3.000	2.500	2.500	2.500
Perfuração 2,5 "	m	3.000	2.500	3.000	2.500	3.000	3.000	2.500	2.500	2.500
Perfuração 3,5 "	m	0	537	184	1.913	1.273	1.113	826	1.538	1.246
Perfuração 4,5 "	m	2.600	3.000	2.650	3.600	4.300	3.000	4.100	2.600	3.000
Perfuração 6,5 "	m	3.400	3.000	3.134	2.800	2.000	3.200	1900	2.520	3.000
Atirantamento	un	3.670	2.600	2.200	2.500	2.100	2.000	2.000	2.100	2.300
Tela Metálica	un	700	500	450	500	450	450	500	500	500
Concreto Projetado	m ³	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Raise Borer	m	133	77	80	80	71	85			