

GABOR DE OLIVEIRA CEZARETTI

**ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE LAVRA AO
“MINER ACT” ATRAVÉS DOS SISTEMAS DE ROTEAMENTO E
COMUNICAÇÃO DE VEÍCULOS NA MINERAÇÃO**

**São Paulo
2006**

GABOR DE OLIVEIRA CEZARETTI

**ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE LAVRA AO
“MINER ACT” ATRAVÉS DOS SISTEMAS DE ROTEAMENTO E
COMUNICAÇÃO NA MINERAÇÃO**

Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas
do curso de graduação do Departamento de
Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo.

Orientador:

Prof. Dr. Giorgio Francesco Cesare de Tomi

**São Paulo
2006**

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor incondicional e apoio incansável nesta longa jornada que empreendi até este momento. Mesmo quando eu cheguei a perder as esperanças, confiaram em mim e souberam aguardar o resultado dos meus esforços.

Dedico também à Carol, minha namorada, pelo amor e dedicação, me ajudando a acreditar na minha capacidade e enxergar a vida com alegria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Giorgio de Tomi, pelo incentivo, idéias e ensinamentos que me foram passados, com objetividade, segurança e bom humor sempre, ajudando a esclarecer dúvidas e enxergar com clareza os objetivos.

A todos os professores do Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo desta Escola, por sua contribuição imensurável ao desenvolvimento pessoal e profissional de todos os alunos.

À equipe de funcionários da Biblioteca do Departamento, pela presteza e rapidez com que me ajudaram nas etapas de pesquisa deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento, que direta ou indiretamente ajudaram na execução dos projetos exigidos ao longo do curso.

A todos os amigos que fazem parte do grupo de alunos do Departamento, em especial meus caros amigos do PET, pelas incontáveis horas de tensão e estudos em grupo, diversão, conversa fiada e pelo tão sincero companheirismo demonstrado em todos os momentos.

A minha família e minha namorada, por todas as experiências, boas e más, que fazem parte da minha história e me ajudaram a ser o que sou hoje.

A Deus, que não nunca me abandonou e sempre deu provas de Sua presença nos momentos difíceis, me permitindo errar, aprender e superar as dificuldades impostas pela vida.

RESUMO

Com a recente aprovação do “MINER Act” nos Estados Unidos, uma emenda ao “Federal Mine Safety and Health” de 1977, referente a questões de segurança nas operações de lavra subterrânea naquele país, um ponto chama a atenção: dentro de três anos, todas as minas subterrâneas americanas deverão possuir sistemas sem fio de comunicação em duas vias, bem como de localização de pessoas, para que sejam aprovados seus planos de emergência pós-acidentes. Esta emenda foi aprovada em resposta a dois acidentes fatais em minas de carvão ocorridas em janeiro de 2006. Com base nisso, este trabalho procura estabelecer os possíveis impactos que esta legislação americana poderá causar na tecnologia dos sistemas de roteamento e despacho de veículos em mineração, bem como a possibilidade de se atender aos requisitos legais utilizando tais sistemas com poucas modificações. É feita uma revisão da legislação americana e análise do funcionamento dos principais sistemas de roteamento.

Palavras-chave: “MINER Act”, legislação mineral, sistemas de roteamento, segurança de trabalho na mineração.

ABSTRACT

With the recent approval of the “MINER Act” in the United States, an amend to the “Federal Mine Safety and Health Act of 1977”, with concerns to safety in underground mining operations in that country, a point has special importance: within three years, every underground coal mine must have wireless two-way communication systems as well as personnel tracking systems so that their emergency post-accident plans can be approved. This Act was approved as a response to the fatal accidents occurred in underground coal mines in January of 2006. Based on this fact, the present research tries to establish the possible impacts that may be caused by the new American legislation on the truck dispatching and assignment technology used in mining operations. Besides that, it also tries to evaluate the possibility of compliance with the new requirements by using those systems with a few modifications. A revision of the “MINER Act” is made, and the main dispatching systems are analyzed.

Keywords: “MINER Act”, mineral legislation, dispatching systems, mine safety.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. Acidentes motivadores.....	9
3.1.1. Sago Mine	9
3.1.2. Aracoma Alma	11
3.2. O “MINER Act”	13
3.2.1. Artigos de interesse e suas implicações	13
3.3. Sistemas de roteamento de veículos de mineração	15
3.3.1. O roteamento para atender parâmetros de produtividade	16
3.3.1. O roteamento para atender parâmetros de qualidade	19
3.3.2. Componentes dos sistemas de roteamento.....	22
3.3.2.1. Caterpillar MineStar®.....	24
3.3.2.2. Modular DISPATCH®	25
3.3.2.3. Devex SmartMine®	26
4. DESAFIOS PARA ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO.....	27
4.1. Considerações sobre a adequação	27
4.1.1. Previsões do MSHA.....	27
4.1.2. Transferência de tecnologias.....	27
4.1.3. Tendências e planos dos fabricantes	28
4.2. Questões aos fabricantes	29
4.3. Propostas	30
5. COMENTÁRIOS FINAIS	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
ANEXO 1: Mineração de Carvão em West Virginia.....	35
ANEXO 2: Fatalgrama do acidente em Sago	37
ANEXO 3: Ata de audiência pública sobre o acidente em Sago (“PowerPoint”).....	38
ANEXO 4: Fatalgrama do acidente em Aracoma Alma	39
ANEXO 5: Cópia do e-mail enviado pelo MSHA com respostas sobre o “MINER Act”	40
ANEXO 6: “Press Release” do MSHA sobre o “MINER Act”	41
ANEXO 7: Texto integral do “MINER Act”	42

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes em minas subterrâneas ainda continuam a ocorrer no mundo todo com certa frequência. Além das óbvias perdas financeiras decorrentes do tempo fora de operação e equipamentos destruídos, o risco de ocorrência de vítimas fatais é a principal preocupação das empresas nesses casos.

No início de 2006, dois acidentes fatais ocorreram em minas de carvão nos Estados Unidos, mostrando que esse tipo de acontecimento não é exclusividade de países menos desenvolvidos ou que invistam menos em segurança. No Estado de West Virginia, as minas de carvão Aracoma Alma e Sago reportaram acidentes graves ao MSHA – “Mine Safety and Health Administration”.

Na mina Sago, uma explosão, ocorrida em 02 de janeiro de 2006, causou a morte de 12 operários e deixou outro seriamente ferido. As equipes de resgate só conseguiram retirar o operário ferido e os 12 corpos dois dias depois da explosão.

Em Aracoma Alma, no dia 19 de janeiro de 2006, uma correia transportadora pegou fogo, forçando a retirada de um grupo de trabalhadores do local. Porém dois deles se perderam do grupo em meio à fumaça, e seus corpos só foram encontrados dois dias depois.

Como resposta às prováveis falhas que permitiram a ocorrência desses acidentes, e visando a uma atualização das leis de segurança nas operações mineiras, o governo dos Estados Unidos, por meio do Senado e do “Department of Labor” (equivalente ao Ministério do Trabalho no Brasil), aprovou o “Mine Improvement and New Emergency Response Act” ou “MINER Act”, como é citado. Esse ato é na verdade uma emenda ao “Federal Mine Safety and Health Act” de 1977, de acordo com informações oficiais disponibilizadas pelo MSHA.

Entre diversos pontos relacionados à segurança, o “MINER Act” propõe atualizações à lei federal americana quanto aos sistemas de comunicação e rastreamento utilizados nas minas subterrâneas. Especificamente, estabelece-se que dentro de três anos a partir de sua aprovação, todas as minas subterrâneas deverão contar com sistemas de comunicação sem fio em duas vias, bem como sistemas de localização de pessoas que possibilitem encontrar operários após algum acidente.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é identificar, de modo preliminar e estimativo, alternativas para que algumas exigências específicas do “MINER Act” sejam atendidas de maneira simples, com a utilização de tecnologias e sistemas já disponíveis comercialmente.

Para tanto, apontamos três aspectos que deveriam ser abordados, de modo a se fazer uma revisão de cada um deles para que se pudessem identificar relações entre os acontecimentos (acidentes em minas de carvão), as mudanças na legislação (aprovação do “MINER Act”) e as características das tecnologias que poderiam ser utilizadas (sistemas de roteamento de veículos em mineração).

É feita inicialmente uma revisão a respeito dos acidentes em Sago e Aracoma Alma, que foram o estopim das mudanças na legislação americana sobre segurança em minas. Com isso, é feita também uma análise do “MINER Act” quanto aos aspectos salientados neste trabalho, que são a criação de planos emergenciais por cada mina de carvão subterrânea e a necessidade de existir sistemas de comunicação sem fio redundantes e sistemas de localização de funcionários em subsolo.

Com as exigências definidas, passamos a analisar os sistemas de despacho e roteamento de veículos em mineração. Quais seriam seus objetivos e funções, suas principais características e benefícios no contexto atual, que visa principalmente ao aumento de produtividade.

Ao final, são apresentados alguns comentários, baseados nas análises prévias, buscando uma nova abordagem sobre os sistemas de roteamento além da questão de produtividade. Tentou-se também visualizar as mudanças necessárias para que tais sistemas possibilitem a adequação das minas à nova legislação, por meio de contatos com os principais fabricantes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Acidentes motivadores

Logo no início de 2006, dois acidentes fatais ocorreram em minas de carvão subterrâneas nos Estados Unidos, ambos no Estado de West Virginia¹. O primeiro aconteceu às 6:30 de uma segunda-feira, dia 2 de janeiro, na mina Sago. O outro aconteceu no dia 19, na mina Aracoma Alma.

3.1.1. Sago Mine

O acidente em Sago foi especificamente uma explosão, que ocorreu na chamada “2nd left”, ou seja, a segunda galeria à esquerda, em tradução literal, conforme o mapa mostrado na Figura 1.

Segundo foi reportado ao MSHA (“Mine Safety and Health Administration”), às 6:00 as equipes da primeira e da segunda galeria entraram na mina, para percorrer o percurso de aproximadamente 3,2 quilômetros (2 milhas) entre o portal e as galerias. Meia hora depois, no momento em que a primeira equipe chegava à respectiva frente de lavra, ocorreu a explosão dentro da galeria 2, onde já se encontrava a segunda equipe.

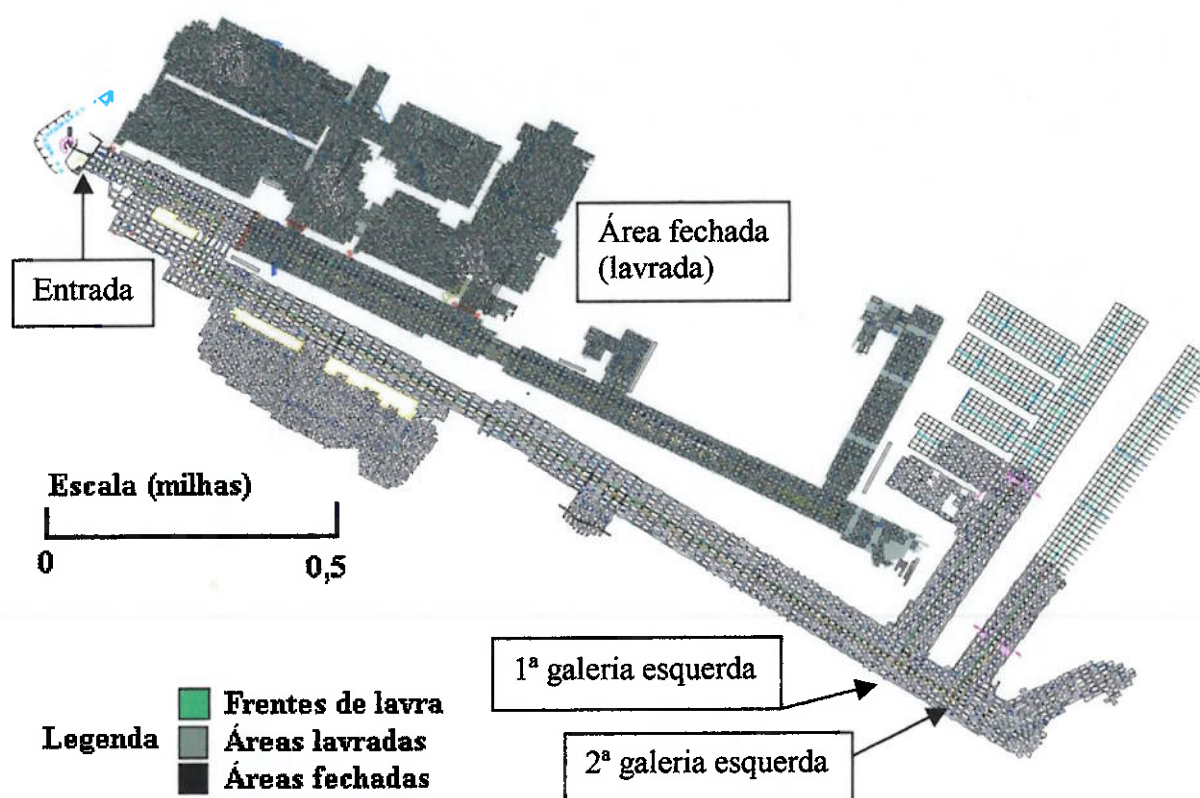


Figura 1 – Visão esquemática da mina de carvão Sago e suas galerias.

¹ West Virginia é um dos maiores produtores de carvão dos Estados Unidos, sendo que em 2004 sua participação foi de 15% do total produzido no país. Maiores informações podem ser encontradas no ANEXO 1.

Como consequência, o saldo de mortos chegou a doze operários, e um sobrevivente gravemente ferido. Segundo o MSHA, as equipes de resgate só conseguiram localizar os corpos e retirá-los dois dias depois, junto com o operário sobrevivente. A Figura 2 mostra a localização das vítimas dentro da galeria 2. Mais detalhes podem ser vistos no ANEXO 2, que é um fatalgrama retirado do site oficial www.msha.gov com uma breve descrição dos momentos que antecederam o acidente.

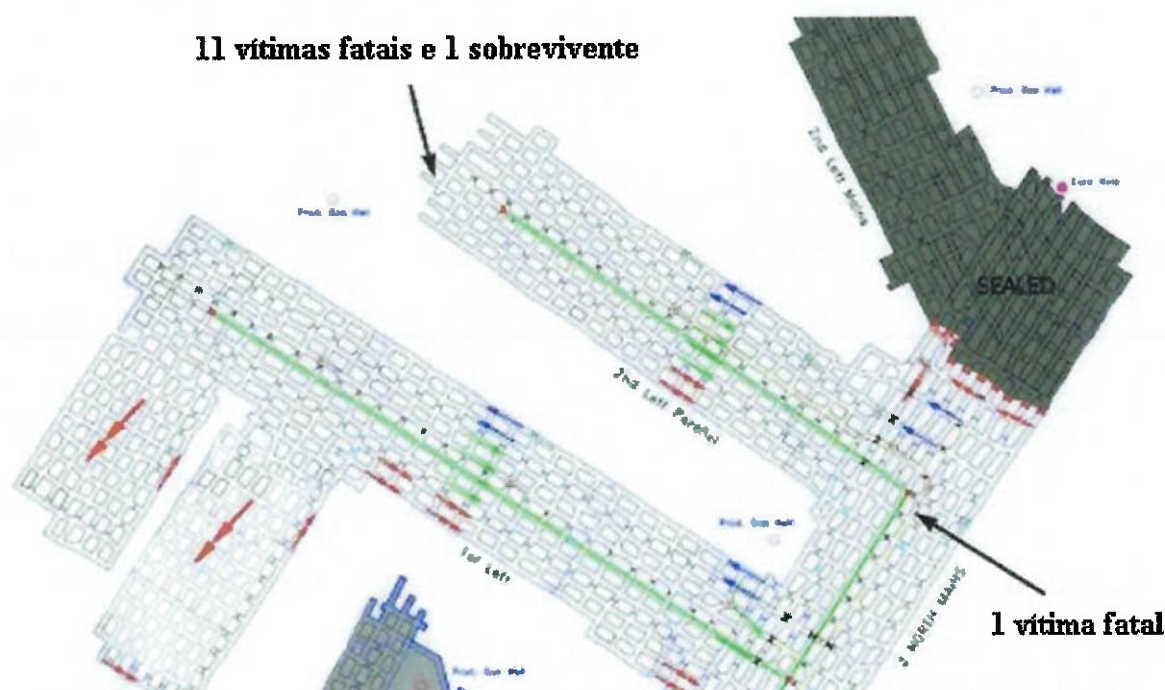


Figura 2 – Indicação dos locais onde foram encontradas as vítimas da explosão
(www.msha.gov)

Conforme o apurado em audiência pública realizada pelo MSHA à época do acidente, cuja ata foi transcrita e disponibilizada MSHA em seu site, a mina foi inaugurada em setembro de 1999, e entre setembro de 2003 e dezembro de 2004 passou por longos períodos de ociosidade, devido a problemas de segurança e grande número de ocorrências. Esta ata foi copiada do site em formato “PowerPoint” e está incluída no ANEXO 3.

Durante os primeiros anos de lavra, a mina deixou de ser da BJM Coal Company, passando ao controle da Anker West Virginia, sendo então adquirida pela ICG em 2005. Durante esse ano, ocorreu um encontro entre a MSHA e a ICG para avaliação das condições da mina após os períodos de inatividade. Segundo o relatório, a principal preocupação do órgão foi com as questões de acúmulo de água e condições gerais do teto da mina.

Quando a ICG adquiriu a mina, ainda não existiam as duas galerias citadas, onde ocorreu o acidente. A mina era composta pela galeria principal de acesso e por uma área já lavrada e desativada, conforme nos mostrou a Figura 1 acima. Todo o desenvolvimento das galerias “1st e 2nd left” foi executado pela ICG durante 2005.

O gráfico da Figura 3, retirado da ata da audiência, ajuda a visualizar a evolução dos números, onde temos em rosa os valores da mina, comparados aos valores médios do país, em verde. A linha azul indica o número de ações de reforço de teto.

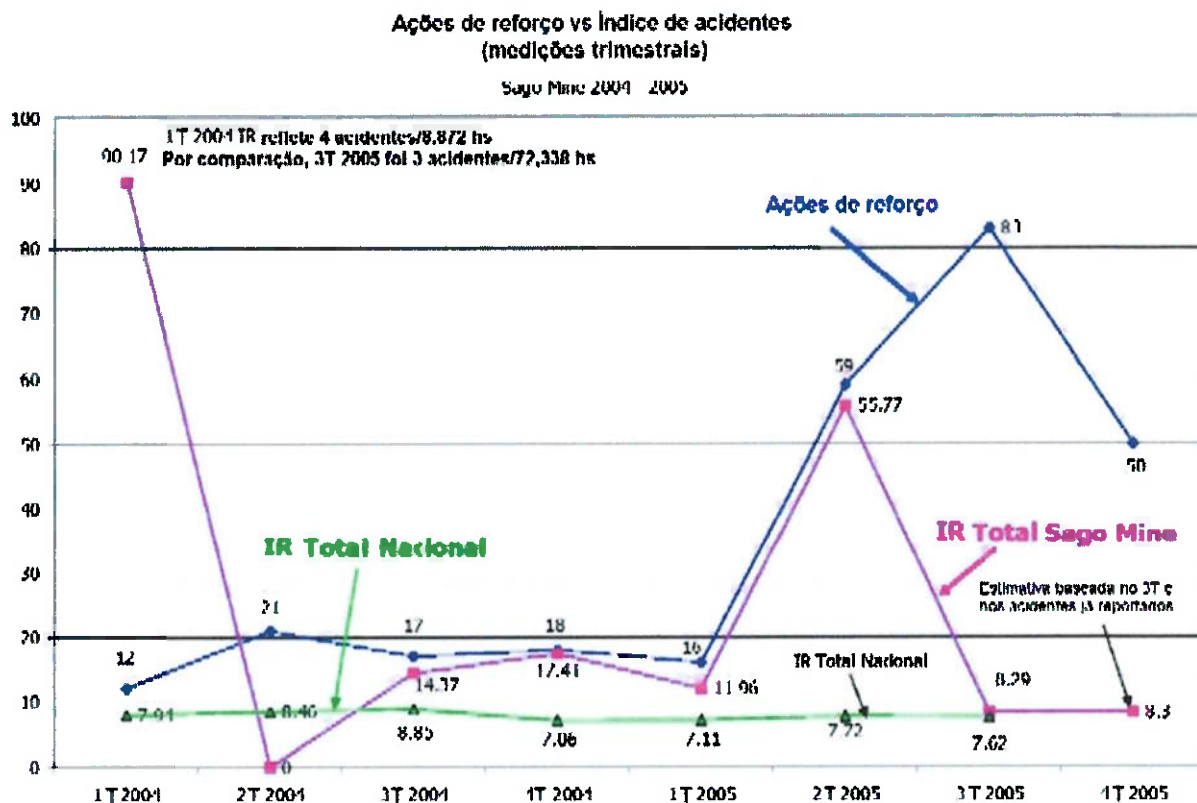


Figura 3 – Evolução do número de acidentes por trimestre em Sago até o fim de 2005
(www.msha.gov)

Pelo gráfico, percebe-se a diferença existente entre o índice de acidentes médio e o índice da mina no início de 2004. Na sequência houve uma diminuição, coincidindo com maiores esforços para aumentar a segurança, mas também com os períodos de ociosidade. Em 2005, quando a ICG assumiu a operação da mina, houve novo aumento no índice de acidentes.

Aparentemente a questão do acúmulo de grisú² (mistura de gás metano, poeira de carvão e ar atmosférico) aliado a qualquer desvio que pudesse iniciar uma explosão não suscitou a devida atenção, gerando a situação particular em que ocorreu o acidente.

Como se depreende da Figura 3, ao fim de 2005 a mina havia conseguido igualar sua taxa de ocorrências à média nacional, após o aumento do número de ações preventivas durante o desenvolvimento das galerias. Porém, o acidente fatal interrompeu esta tendência.

3.1.2. Aracoma Alma

No dia 19 de janeiro de 2006, um incêndio se iniciou próximo à frente de lavra, liberando grande quantidade de fumaça e obrigando os operários a evacuarem a mina. A equipe de 12 operários que trabalhava na frente de lavra encontrou maiores dificuldades para sair, por ser necessário percorrer o caminho do transportador de correia desde o desenvolvimento até as outras galerias para fuga. O ANEXO 4 traz mais informações.

² Grisú: mistura altamente explosiva presente na atmosfera de minas subterrâneas de carvão, formada pelo metano exalado do corpo de minério, misturado à poeira de carvão em suspensão e ar atmosférico.

Devido à pesada fumaça, liberada pelo transportador de correia que pegou fogo, dois operários se perderam do grupo e não conseguiram sair do local do incêndio. Apesar dos esforços da equipe de resgate, eles não foram localizados a tempo. Somente dois dias após o incêndio seus corpos foram encontrados dentro da mina. A Figura 4 mostra o transportador de correia após o incêndio.



Figura 4 – Transportador de correia após o incêndio (www.msha.gov)

A princípio, não foi possível determinar as causas do acidente. O MSHA designou uma equipe para conduzir investigações na mina, com o objetivo de verificar qualquer possível desvio entre a situação da mina e os requisitos legais de segurança.

Os dois acidentes tiveram causas diferentes, mas evidenciaram uma questão de segurança menos imediata nas operações em minas subterrâneas: as medidas a serem tomadas logo após um acidente sério, como explosão, incêndios ou desabamentos em sub-solo, que envolvam vítimas humanas.

Tanto em Aracoma Alma quanto em Sago, houve uma demora de dois dias até que as equipes pudessem acessar o local onde estavam as vítimas. Apesar de um operário ter resistido a esse período em Sago, dependendo da situação, algum sobrevivente poderia acabar morrendo pela demora em ser resgatado.

Por outro lado, em Aracoma Alma a equipe de operários se separou em meio à fumaça, e aqueles que se perderam não tinham mais meios de se comunicar com os demais. Não era possível saber onde eles estavam, e devido à fumaça, não conseguiram encontrar o caminho de fuga da galeria, o que acabou impossibilitando que fossem salvos.

Após estes acontecimentos, iniciou-se nos Estados Unidos, por meio do MSHA e do Departamento de Trabalho, uma discussão a respeito das leis de segurança em minas. Durante os primeiros meses de 2006, desenvolveu-se um conjunto de atualizações para a lei federal, de 1977, na forma de um Ato Legislativo. Estas informações também foram obtidas do site oficial do MSHA (www.msha.gov).

3.2. O “MINER Act”

Após os acidentes descritos acima, houve uma mobilização do MSHA junto com o “Department of Labor” dos Estados Unidos no sentido de dar uma resposta aos acontecimentos. Seguiram-se audiências públicas e discussões sobre os acidentes de Sago e Aracoma Alma, suas causas e consequências, conforme informado pelo MSHA.

O principal objetivo destas discussões foi promover uma atualização do “Federal Mine Safety and Health Act of 1977”³, isto é, da lei federal que dispõe sobre as exigências quanto à segurança das operações em minas americanas. O resultado final foi o “Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006”, ou “MINER Act” como designado em sua primeira seção.

O “MINER Act” foi aprovado pelo Senado americano no dia 15 de junho de 2006, aproximadamente cinco meses após os acidentes descritos. Ele é uma emenda à lei de 1977, contendo as diversas atualizações discutidas durante o primeiro semestre de 2006. O “press release” do MSHA sobre a aprovação do “MINER Act” está incluso no ANEXO 6 e seu texto integral⁴ está incluso no ANEXO 7.

Porém esta emenda traz diversas exigências que podem abrir precedentes para importantes modificações nas operações mineiras, e por que não dizer, abrem precedentes para que estas exigências sejam também adotadas por outros países. O objetivo deste trabalho é ressaltar e discutir especificamente duas delas, que dizem respeito à comunicação e localização de pessoas em subsolo.

3.2.1. Artigos de interesse e suas implicações

Para se ter uma boa visão do panorama criado pelo MINER, faz-se necessário um estudo dos principais artigos que dizem respeito ao foco do trabalho, que estabelecem a criação de planos de ação emergenciais, dentro dos quais a implantação dos sistemas de localização e comunicação sem fio.

Sendo assim, observamos a Seção 2 do “MINER”, intitulada “Emergency Response”, ou seja, Resposta Emergencial, ou Reação Emergencial. Ela emenda a seção 316 da lei de 1977, adicionando a consideração dos planos de ação emergenciais em seu sub-item (1). Já no sub-item (3), ele adiciona mais um item à seção 316, intitulado “Accident Preparedness and Response” que trata especificamente de minas subterrâneas de carvão.

Na seção 2 (“Response and Preparedness Plan”, algo como Plano de Resposta e Preparação), ressalta-se o parágrafo A, que estabeleceu que no prazo de 60 dias a partir da aprovação do MINER, toda empresa operando mina de carvão subterrânea deve desenvolver e adotar um plano escrito de resposta a acidentes que esteja de acordo com o MINER, e que periodicamente seja atualizado para refletir as mudanças nas operações da mina, avanços na tecnologia etc. Ainda, este plano deve ser disponibilizado aos funcionários e seus representantes.

O parágrafo B da mesma seção indica os objetivos principais do plano, quais sejam: providenciar a evacuação de todos os indivíduos em caso de emergências (inciso i) e também

³ O texto original desta lei pode ser obtido em <http://www.msha.gov/REGS/ACT/ACTTC.HTM>

⁴ O texto integral do MINER está disponível em <http://www.msha.gov/MinerAct/MinerActSingleSource.asp>

providenciar a manutenção das condições de sobrevivência daqueles que não consigam sair durante a emergência.

O parágrafo C (“Plan Approval”, ou Aprovação do Plano) especifica os critérios para que os planos sejam aprovados. Eles devem garantir no mínimo um nível de segurança compatível com as normas existentes, refletir as mais recentes pesquisas científicas, serem tecnologicamente executáveis, utilizando o que for comercialmente disponível, e refletir as melhorias desenvolvidas pela experiência com acidentes anteriores. São critérios que, a exemplo do que ocorre constantemente em leis, podem dar espaço para interpretações subjetivas. A análise e aprovação serão feitas pelo órgão responsável, que no texto é apenas citado como “Secretary”, o que não permite concluir se será o MSHA ou o “Department of Labor” o responsável para tanto.

Neste ponto, o “MINER” introduz novas exigências quanto aos planos de ações emergenciais, que segundo a lei federal devem ser aprovados para que se possa iniciar a atividade de uma mina. Para este estudo, focamos a atenção no parágrafo E (“Plan Content – General Requirements”, ou Conteúdo do Plano – Requisitos Gerais) e seus incisos i e ii.

O inciso i (“Post-Accident Communications” – Comunicações Pós-Acidente) determina que o plano emergencial deve prover um meio redundante de comunicação entre os funcionários em subsolo e a superfície, como um telefone secundário ou equivalente. Isto é, devem existir duas vias de comunicação executando o mesmo serviço.

Já o inciso ii (“Post-Accident Tracking” ou Localização Pós-Acidente) determina que, dentro das condições da tecnologia disponível comercialmente e das restrições físicas da mina, exista um sistema de localização que permita à equipe em superfície saber a localização, atual ou imediatamente antes do acidente, de qualquer funcionário em subsolo. Ainda, este sistema deve ser confiável e permanecer ativo após o acidente.

Um pouco mais adiante, o parágrafo F (“Plan Content – Specific Requirements” ou Conteúdo do Plano – Requisitos Específicos), inciso ii contém explicações mais detalhadas sobre as determinações do parágrafo E.

Neste ponto, reside o principal aspecto abordado por este estudo. No parágrafo F se define o prazo de 3 anos a partir de sua aprovação, em 15/06/2006, para que se torne obrigatória a existência dos referidos sistemas de comunicação e localização em minas subterrâneas. Com isso, até 15/06/2009 espera-se que estas mudanças tenham sido efetuadas nos Estados Unidos.

Apesar disto, o próprio parágrafo F permite que se tenham alternativas, caso tais medidas não possam ser adotadas em determinado local. De uma maneira vaga, estabelece-se que, caso o plano de emergência não compreenda tais equipamentos, podem ser especificadas alternativas para os operários. Tais alternativas deverão se aproximar o máximo possível da utilidade e proteção que seriam atingidas com os sistemas de comunicação e localização.

Estas alternativas podem ser aceitas para a aprovação do plano, desde que sejam explicados os motivos pelos quais não se adotaram as medidas obrigatórias. Este é o ponto que pode servir como “escapatória” caso alguma empresa resolva não adotar as medidas. O que será aprovado ou não dependerá da interpretação da lei e dos critérios usados pelo MSHA

para definir o que são as impossibilidades técnicas, o que pode criar uma lacuna nesta intenção de aumentar a segurança dos operários.

Após esta discussão, a Tabela 1 resume os pontos de interesse para este trabalho, que são os artigos citados acima. Ressaltamos que todo o texto dessa emenda tem a mesma importância em relação à segurança, porém dispõe sobre outros aspectos que não são o foco desta pesquisa.

Tabela 1 – Resumo dos artigos de interesse no “MINER Act” e suas implicações

Parágrafo / inciso	Assunto	Requisitos
A	Criação de planos emergenciais escritos	Minas de carvão devem desenvolver o plano de acordo com o MINER, atualizando-o periodicamente.
E (i)	Comunicações após acidente	O plano deve incluir meios de comunicação sem fio em duas vias entre a superfície e o subsolo
E (ii)	Localização após acidentes	O plano deve incluir sistema de localização que permita à equipe em superfície saber exatamente onde estão os funcionários em subsolo.
F (ii)	Requisitos específicos sobre E (i e ii)	Define prazo de 3 anos para que os sistemas de comunicação e localização sejam adotados, e também estabelece a possibilidade de soluções alternativas caso existam impossibilidades técnicas para satisfazer os requisitos do MINER.

Com esta análise da legislação e suas exigências futuras, seguimos com uma revisão dos sistemas de roteamento e comunicação para veículos em minas, suas características funcionais e aplicabilidade, para entender o impacto potencial do “MINER” nas tecnologias utilizadas na mineração.

3.3. Sistemas de roteamento de veículos de mineração

Na grande maioria das minas, tanto a céu aberto quanto subterrâneas, o transporte é feito por veículos terrestres. Os principais equipamentos envolvidos são os de carregamento (escavadoras, pás carregadoras, drag-lines) e os caminhões, que podem ser desde modelos rodoviários comuns até os grandes fora-de-estrada para até 360 toneladas. Modelos com características específicas, como as LHD's, caminhões articulados e tratores de esteiras (“dozers”) são também encontrados.

O transporte em minas é uma das operações unitárias que compõem todo o processo de mineração, desde a perfuração do minério até a obtenção do produto final. Sendo assim, um adequado dimensionamento e controle da operação são fundamentais na busca por menores custos, maior produtividade e mais segurança.

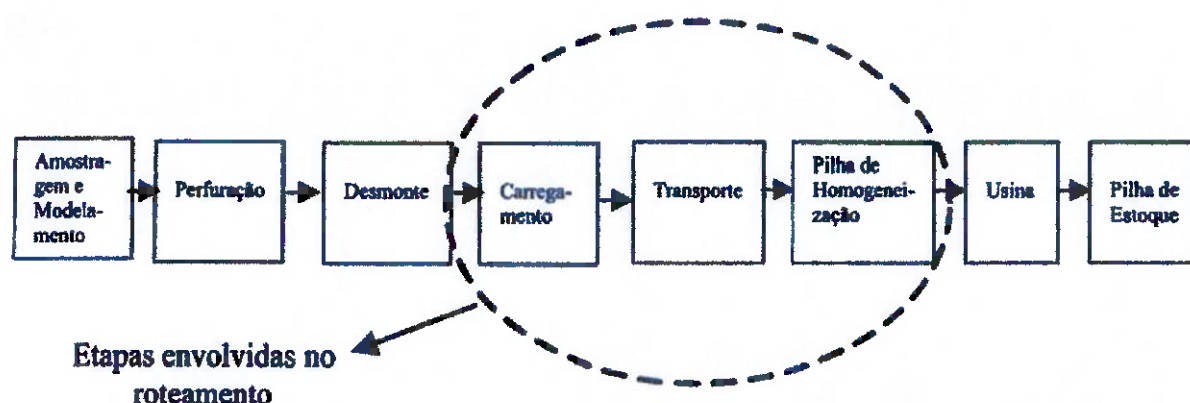


Figura 5 – Operações em mineração e etapas onde atua o roteamento (Kogishi, 2005)

3.3.1. O roteamento para atender parâmetros de produtividade

Segundo Alarie e Gamache (2002), nas minas a céu aberto, o transporte pode representar até 50% dos custos operacionais totais, estimando-se para alguns casos particulares até 60%. Deste modo, uma pequena redução nesta etapa pode representar grandes ganhos para a empresa. O potencial de ganho nesta área conduziu a um grande desenvolvimento nos sistemas de gerenciamento de transporte, incluindo aí os sistemas de despacho e roteamento.

Por outro lado, segundo Lewis *et al.* (2004), cada mina tem uma capacidade inerente, definida por diversos fatores, como a disposição física e estrutura organizacional, seleção de equipamentos, método de lavra e infra-estrutura. A produção pode se aproximar de sua capacidade inerente, mas nunca superá-la, a não ser que existam mudanças em algum dos fatores citados.

Na tentativa de se aproximar ao máximo da capacidade inerente, procura-se melhorar o custo operacional e a produtividade, que são aspectos diretamente ligados ao correto dimensionamento da frota e à escolha dos modelos adequados para cada serviço. Isto significa ter o número mínimo necessário de veículos que garantam a produção desejada.

Além do número mínimo, é importante que se assegure a melhor utilização possível de todos os equipamentos envolvidos na lavra e transporte de minério até o ponto de descarregamento, geralmente o britador primário. O ideal é que nenhum equipamento fique ocioso, isto é, esperando em filas para cumprir a próxima tarefa.

Para minas pequenas, com frotas reduzidas, isso pode ser uma tarefa simples. Desde que se tenha plena visão dos veículos e pontos de carregamento, um funcionário experiente poderia orientar os caminhões, por meio de rádio ou sinais visuais, a se dirigirem a determinada carregadora no momento adequado. Ele seria o encarregado pelas tomadas de decisão e comunicação aos operadores, evitando filas de caminhões e ociosidade das carregadoras.

Conforme o tamanho e complexidade das minas aumenta, junto com o crescente número de veículos disponíveis, torna-se muito difícil analisar simultaneamente as rotas e atividades de todos eles para que se tomem as decisões adequadas com relação a cada um. Mesmo com muitos operadores cumprindo essa tarefa, seria um sistema muito susceptível a erros.

Neste contexto, os sistemas computadorizados de despacho e roteamento de veículos foram desenvolvidos para automatizar esta função, fazendo uso da rapidez de computadores aliada a diversos métodos de tomada de decisão.

Segundo Gamache *et al.* (2005), sistemas de roteamento e despacho têm sido utilizados em minas a céu aberto há pelo menos trinta anos. Esses sistemas foram desenvolvidos com certa facilidade para céu aberto devido à disponibilidade de sistemas de monitoramento e pela facilidade de implantação.

Fazendo uma analogia com o beneficiamento de minérios, os sistemas de roteamento executam na lavra e transporte as funções que os sistemas de instrumentação e controle cumprem nas usinas de tratamento.

Segundo Prado (2004) *apud* Kogishi (2005), o objetivo da modelagem de sistemas é, conhecendo o cenário, as características e as necessidades de todos os envolvidos, obter o melhor dimensionamento.

Na lavra e transporte, tais sistemas se baseiam na modelagem matemática da situação que se deseja controlar, ou seja, equipamentos disponíveis, funções, rotas, objetivos de produção e qualidade etc. O grande trunfo da modelagem é permitir ao usuário variar os fatores disponíveis e os critérios para tomada de decisão de modo a se obter o resultado esperado. Ainda, em sistemas informatizados quase sempre é possível fazer simulações sem precisar utilizar os equipamentos em campo, evitando erros e custos maiores, segundo artigo da Coal Age Magazine (2001).

Desde o início da evolução dos sistemas de roteamento, diversos critérios de decisão foram desenvolvidos e testados, sendo que cada um apresenta suas especificidades, seus prós e contras. Existe uma vasta literatura sobre tais critérios, métodos de otimização e desenvolvimento de novas estratégias para problemas específicos, que não são o foco principal deste trabalho, mas que é citada por Gamache *et al.* (2005 e 2004) e por Alarie e Gamache (2002).

Segundo Prado (2004) *apud* Kogishi (2005), inicialmente, os sistemas de roteamento eram baseados na Teoria das Filas, isto é, buscava-se apenas a otimização das filas no processo. Esta era uma visão um tanto limitada, focada principalmente na questão da produtividade.

As filas, quando excedem um certo limite, passam a representar gargalos na cadeia produtiva, consumindo tempo e energia das máquinas sem obter retorno. Esta é a abordagem mais simples da questão da otimização no transporte, que é evitar filas de caminhões esperando ao lado de uma carregadora enquanto outra fica ociosa aguardando a chegada de um caminhão.

Filas tendem a ocorrer quando se tem muitos “clientes”, no caso os caminhões, para poucos “atendentes”, que seriam os pontos de carregamento e descarregamento, ou vice-versa, caso se tenham muitos pontos de carregamento disponíveis para poucos caminhões, o que criaria uma “fila de carregadoras” aguardando para ser atendidas pelos caminhões.

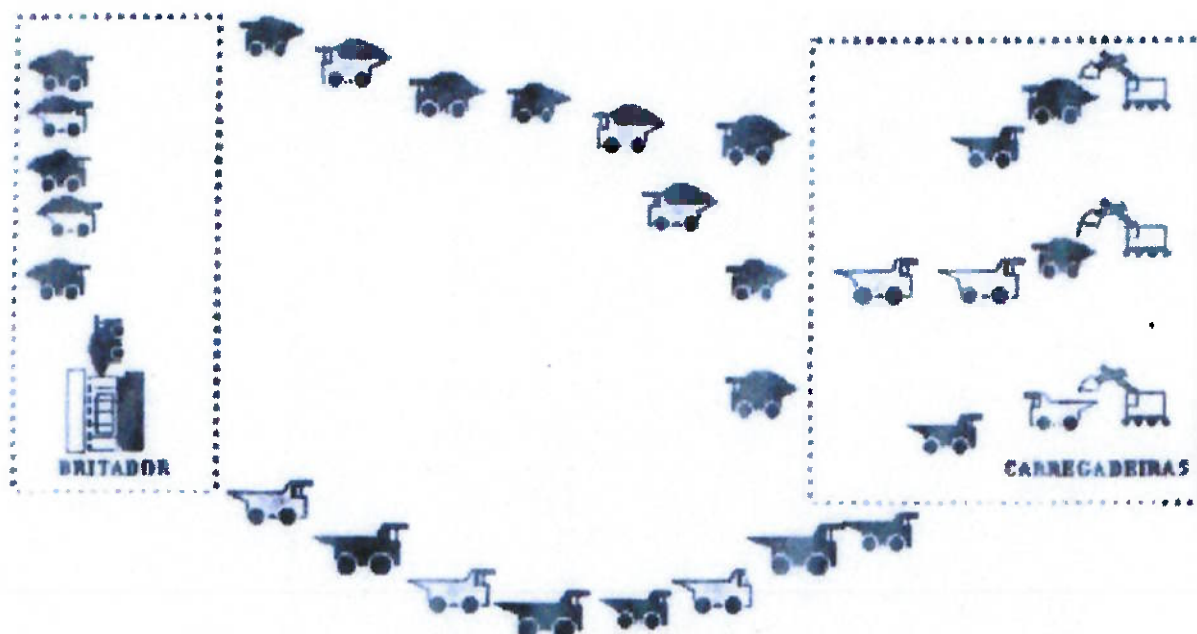


Figura 6 - Fila de caminhões em minas (Prado, 2004 *apud* Kogishi, 2005)

Segundo Alarie e Gamache (2002), estes são os tipos de problemas para os quais primeiro se desenvolveram estratégias de solução. São problemas simplificados, em que se identifica facilmente a questão das filas, e são descritos de modo simplificado a seguir.

A estratégia de solução “1-caminhão-para-N-shovels” é a mais antiga e mais sugerida na literatura, e pode ser usada com diversos critérios de decisão, porém sua principal função é sempre maximizar a produção. Assim que um caminhão pede uma ordem de despacho, o sistema avalia qual carregadora pode oferecer o melhor benefício ou menor custo para o caminhão, baseado nos critérios pré-determinados.

O problema deste modelo é que ele considera apenas um caminhão por vez, sendo assim um sistema que os autores classificam como míope, por não ter uma visão global da situação. Além disso, o impacto da decisão anterior não é considerado na próxima ordem de despacho, e alguns critérios, como a minimização do tempo de espera do caminhão, não devem ser usados, por produzir resultados aleatórios visto que nenhuma carregadora apresentará fila.

Já a estratégia de solução “N-caminhões-para-1-shovel” leva em conta os N caminhões que deverão ser despachados no futuro próximo, mas também considerando apenas uma carregadora por vez. Faz parte da estratégia ordenar todas as carregadoras de acordo com o quão atrasadas elas estão em relação ao respectivo cronograma de produção. Assim, os caminhões são despachados, considerando uma carregadora por vez segundo a ordem estabelecida, de modo a reduzir o atraso de cada uma delas.

Esta estratégia particular é usada no sistema DISPATCH® da Modular Mining Systems, uma das principais fornecedoras de sistemas de roteamento para mineração. É uma estratégia superior ao modelo prévio, pois pode utilizar critérios de qualidade para alocar o caminhão conforme as necessidades de teor da usina, dentre as diversas frentes disponíveis.

Uma evolução das duas estratégias é a chamada “M-caminhões-para-N-carregadoras”. Nela consideram-se simultaneamente todos os caminhões a serem despachados no futuro próximo e todas as carregadoras no campo, o que possibilita a utilização de métodos de otimização combinatórios. Assim, esta estratégia pode produzir decisões com visão global.

Contudo, algumas condições devem ser satisfeitas para que se possa utilizar este método. Primeiramente, a formulação considera a base um-a-um, isto é, cada carregadora recebe um caminhão por vez, e cada caminhão deve ser despachado no máximo a uma carregadora. Isso faz com que o número de caminhões deva ser sempre igual ou maior que o de carregadoras.

Por outro lado, devido à característica combinatória do sistema de tomada de decisão, que deve analisar todas as possíveis combinações de M e N, o tempo de processamento e tomada de decisão pode aumentar muito conforme M e N aumentem.

3.3.1. O roteamento para atender parâmetros de qualidade

Além da questão de produtividade, um fator fundamental nas operações de minas é a qualidade do material lavrado, de modo a atender as necessidades das usinas de beneficiamento para obter o produto final.

Minas são sistemas dinâmicos que sofrem alterações frequentes, expondo minérios com teores ora mais altos, ora mais baixos, e também variando ao mesmo tempo nas diversas frentes. Essas mudanças podem representar um problema para a execução dos planos de lavra e manutenção das metas de produção e teor.

Segundo De Tomi *et al.* (2000), o controle de parâmetros de qualidade é fundamental para um empreendimento mineiro, devido às exigências cada vez maiores de qualidade para manter o ritmo de produção e não atrapalhar os parâmetros operacionais da usina. Mudanças constantes no material entregue representam maiores custos operacionais e risco de não obtenção do produto final desejado.

Utilizando as possibilidades de comunicação sem fio advindas da infra-estrutura dos sistemas de roteamento e as tendências de integração entre os softwares de planejamento e gerenciamento de frotas, é possível desenvolver um sistema de gerenciamento mais eficiente das operações, adicionando aos critérios de decisão a questão da qualidade.

De acordo com Sousa e De Tomi (2005), a produção de uma mina pode ser modelada e gerenciada de forma mais eficiente integrando os setores de geologia, planejamento e lavra. Isto pode ser feito por meio dos softwares de planejamento e gerenciamento, criando um fluxo de informação contínuo entre os departamentos envolvidos.

A Figura 7 ilustra as relações entre as diversas atividades que compõem a lavra e os fluxos de comunicação entre elas, buscando atender aos requisitos de qualidade.

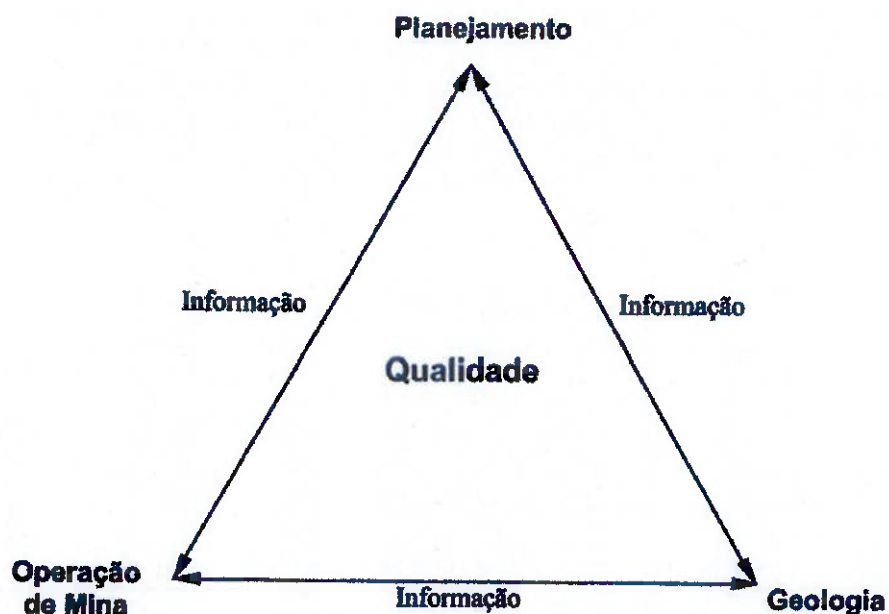


Figura 7 – Correlação dos setores da mina para que haja qualidade (Kogishi, 2005)

Este fluxo depende essencialmente de três condições:

- criação de modelos representativos da geologia da mina;
- criação de modelos adequados da operação da mina, considerando os critérios de planejamento;
- integração dos sistemas de software, para que exista a comunicação entre o modelamento geológico e o planejamento da mina.

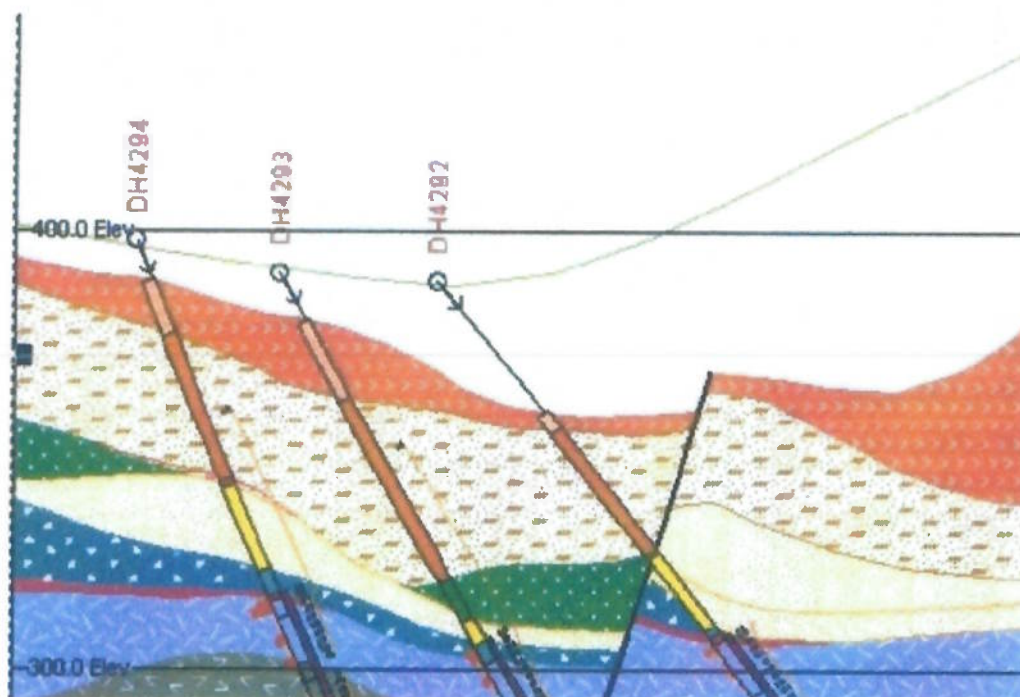


Figura 8 -Modelo geológico a partir de furos de sonda interpretados (modificado de Mastrela, 2003)

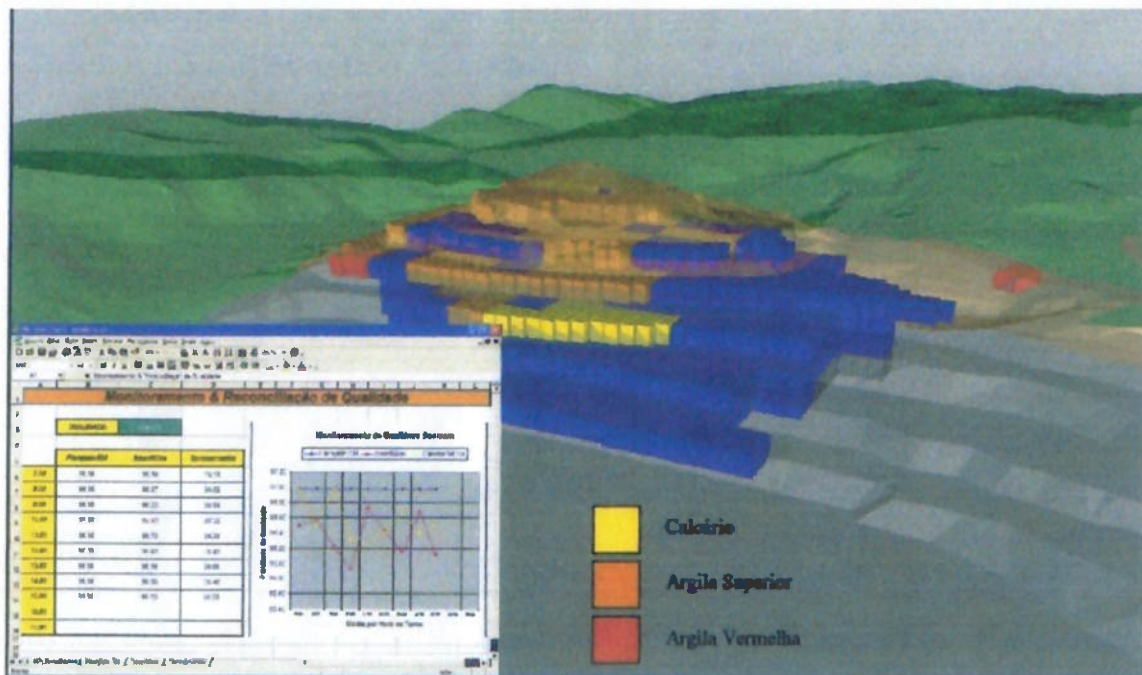


Figura 9 – Modelo de cava produzido por software de planejamento (Azevedo, 2002)

A tecnologia de transmissão de dados sem fio disponível nos sistemas de roteamento, aliada à presença do GPS (Global Position System) ajuda a melhorar o controle do processo de lavra e da qualidade. Com a integração dos softwares, é possível cruzar as informações provenientes do modelamento geológico com as necessidades e restrições do planejamento de lavra, terminando por direcionar a tomada de decisões no processo de roteamento.

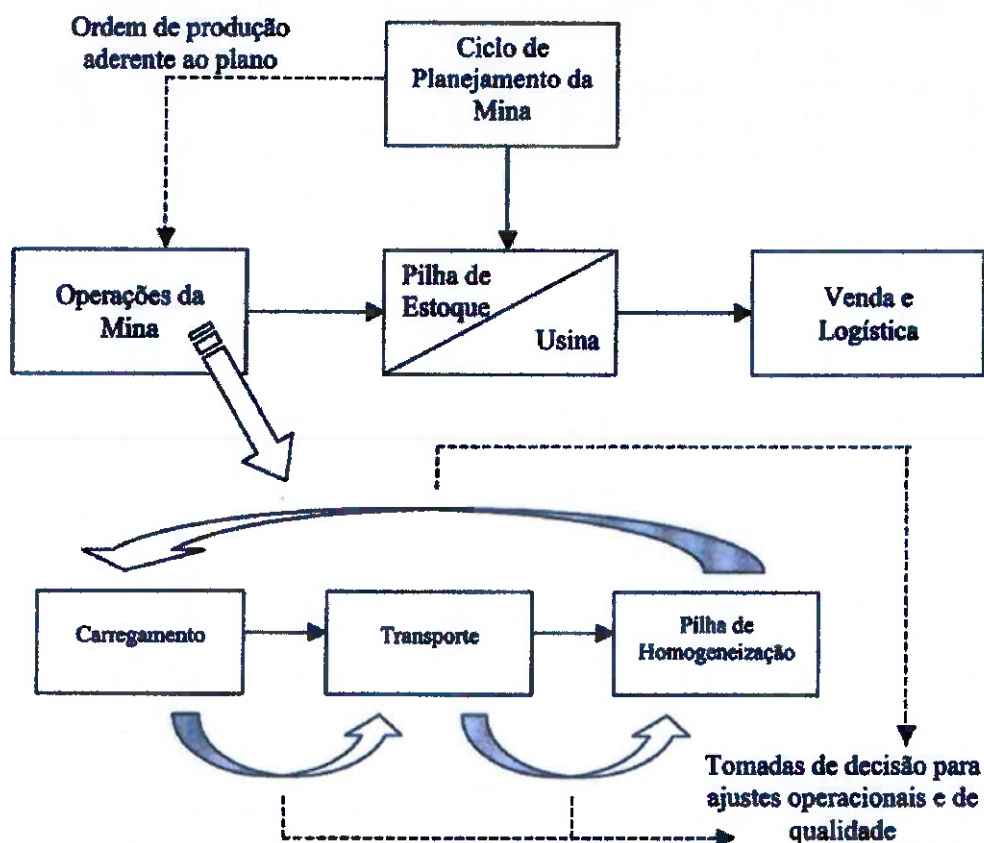


Figura 10 – Atuação do roteamento para produtividade (Kogishi, 2005)

É possível ainda ressaltar que, pelas características dos principais métodos de solução do problema de despacho citados, a estratégia “M-caminhões-para-N-carregadoras” é a que pode trazer mais realismo e benefícios quando se considera um cenário que vise ao atendimento de critérios de qualidade aliados à produtividade, por sua característica de análise global da frota a cada instante, conforme esclarecem Alarie e Gamache (2002).

3.3.2. Componentes dos sistemas de roteamento

Revisando as informações disponibilizadas nos sites dos fabricantes, nota-se que os sistemas de roteamento e comunicação são formados por um conjunto de equipamentos de hardware e software que permitem seu funcionamento e também a integração com outros sistemas.

Passamos a analisar os itens básicos que compõem os principais sistemas disponíveis comercialmente, desenvolvidos por três grandes fabricantes. Um dos objetivos deste trabalho foi tentar levantar informações específicas de cada um.

Os principais fabricantes de sistemas de roteamento atualmente são:

- Caterpillar, com seu pacote MineStar®;
- Modular Mining Systems com o pacote DISPATCH®;
- Devex, com o SmartMine®.

Em todos eles, para que se tenha a funcionalidade completa do sistema de despacho e roteamento, é necessário existir uma central de processamento, responsável pelas análises, simulações e tomada de decisões sobre cada veículo da frota, em especial os caminhões, que são os de maior mobilidade e que têm mais opções de atividades e caminhos.

Esta central nada mais é que um potente computador, onde está instalado o software de gerenciamento da frota, que recebe continuamente os dados dos diversos veículos e analisa as informações a todo instante, tomando assim as decisões baseadas nos critérios pré-determinados. O software de roteamento pode ainda ser integrado diretamente ao software de modelamento geológico e planejamento de lavra, criando um fluxo de informações direto e constantemente atualizado, conforme nos mostram os trabalhos de Sousa (2005), Farias (2003) e Azevedo (2002), em diversas situações e localizações.

Além da central, é necessário que cada veículo possua um equipamento receptor de sinais de rádio, ligado a um computador de bordo que possa interpretar os dados recebidos, e também codificar e enviar à central seus parâmetros atuais de operação, isto é, se estão em fila para carregamento, encaminhando-se para descarga, em que ponto da mina se encontram etc. Faz parte desse computador de bordo um monitor onde o operador pode visualizar tanto seu estado atual quanto as ordens enviadas pela central. A Figura 11 mostra um computador de bordo e sua tela com informações, presente em um caminhão Caterpillar.



Figura 11 – Computador de bordo do veículo (Caterpillar Inc, 2000)

O terceiro componente fundamental é o GPS (Global Position System), que é instalado em cada veículo, permitindo assim sua localização, por meio de sinais enviados a uma rede de satélites que re-enviam as informações à central de roteamento. As informações de localização são fundamentais para que o software de despacho possa tomar as decisões sobre as atividades futuras dos veículos.

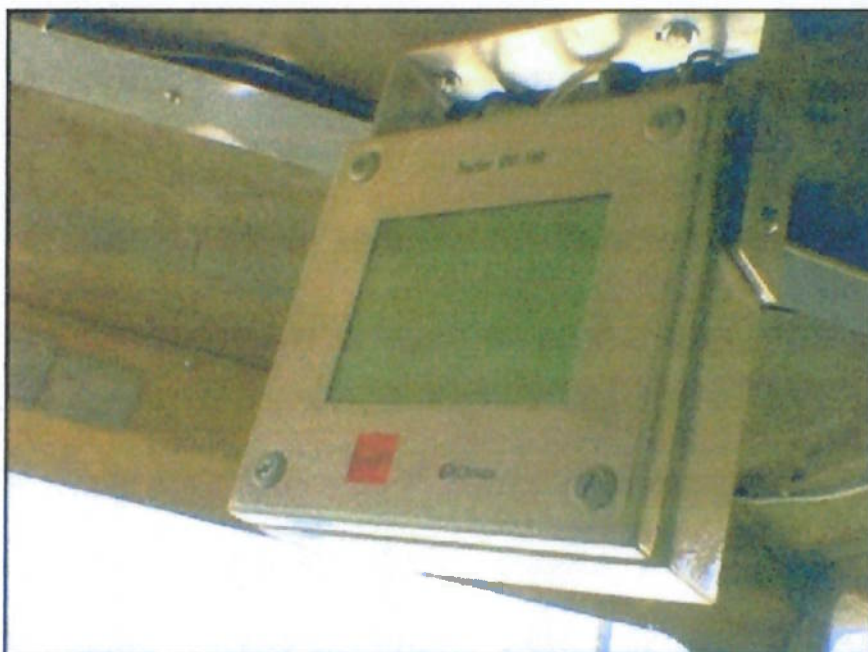


Figura 12 – Aparelho GPS no veículo (Azevedo, 2002)

Quanto aos componentes físicos, os três sistemas são bastante similares, devido às características funcionais básicas serem praticamente as mesmas. Todos eles contam com central de processamento, módulos de processamento nos veículos e sistema GPS.

Maiores diferenças serão encontradas principalmente no software desenvolvido por cada fabricante, que apresentará opções e métodos de tomada de decisão específicos. Seria interessante poder apresentar estas diferenças e compará-las, porém estas são questões protegidas por segredo industrial e dificilmente uma empresa se disporia a liberar tais informações mais complexas, como seus algoritmos de solução e otimização. Como curiosidade, este fato também foi descrito por Alarie e Gamache (2002).

Na sequência temos um breve resumo dos componentes de hardware e software disponibilizados comercialmente pelos fabricantes citados. São informações básicas, retiradas do site de cada fabricante.

3.3.2.1. Caterpillar MineStar®

Segundo o site internacional da Caterpillar, o pacote MineStar® é formado por diversos softwares para um controle total da frota, não só para o roteamento. Abaixo temos a lista de equipamentos com uma breve descrição de suas funções.

- **MineStar FleetCommander** – Organiza e despacha os caminhões; maximiza a produção e utilização das carregadoras e minimiza o tempo de espera dos caminhões; desenvolvido para controlar frotas pequenas, médias e grandes.
- **MineStar Production** – Provê informações constantes de produtividade dos caminhões, equipamentos de carregamento e movimentação de solo para aumentar eficiência das operações.
- **MineStar Health** – Controla o estado das máquinas e frota em tempo real por meio da rede sem fio do VIMS e reporta ao banco de dados do centro de controle para melhorar as operações de manutenção.
- **MineStar Material Tracking** – Monitora o tipo e movimentação de material, alerta operadores e planejadores de rotas erradas para garantir a entrega do material no local correto.
- **MineStar Machine Tracking** – Monitora a movimentação e localização de todas as máquinas, por meio de “waypoints”, incorporando função de “playback” para analisar a movimentação dos caminhões e congestionamento nas vias.
- **MineStar Business Enterprise** – Integra funções de mineração, como planejamento, produção em tempo real e estado das máquinas, recursos humanos e financeiros para os sistemas da empresa.
- **CAESultra** – Provê aos operadores uma vista em tempo real da planta do local, para execução dos trabalhos de movimentação de terra de maneira eficiente.
- **Aquila Drill Management** - Controla operações de perfuração para máxima produção e provê reconhecimento de materiais.

Fonte: www.caterpillar.com

No sistema MineStar®, uma característica chama atenção: a presença de “waypoints”. Tratam-se de antenas instaladas próximas aos principais pontos do percurso dos caminhões de modo que quando um caminhão passa perto de alguma, automaticamente seu computador de bordo envia a identificação do estado do veículo para a central, sabendo-se também a localização do mesmo. Estas informações estão disponíveis em catálogo de divulgação da própria Caterpillar. Por outro lado, não há nenhuma informação a respeito da aplicabilidade em minas subterrâneas, o que leva a concluir que é um pacote exclusivo para aplicação em minas a céu aberto.

3.3.2.2. Modular DISPATCH®

Segundo o fabricante Moudular Mining Systems, seu pacote DISPATCH® possui sistemas de localização por GPS, algoritmos de otimização, monitoramento de manutenção, blendagem e relatórios de produção. Disponibiliza também diversos softwares opcionais que podem ser integrados, e seu hardware segue o padrão dos sistemas de roteamento, com transmissão de dados sem fio e GPS. Abaixo temos algumas figuras retiradas do site do fabricante.

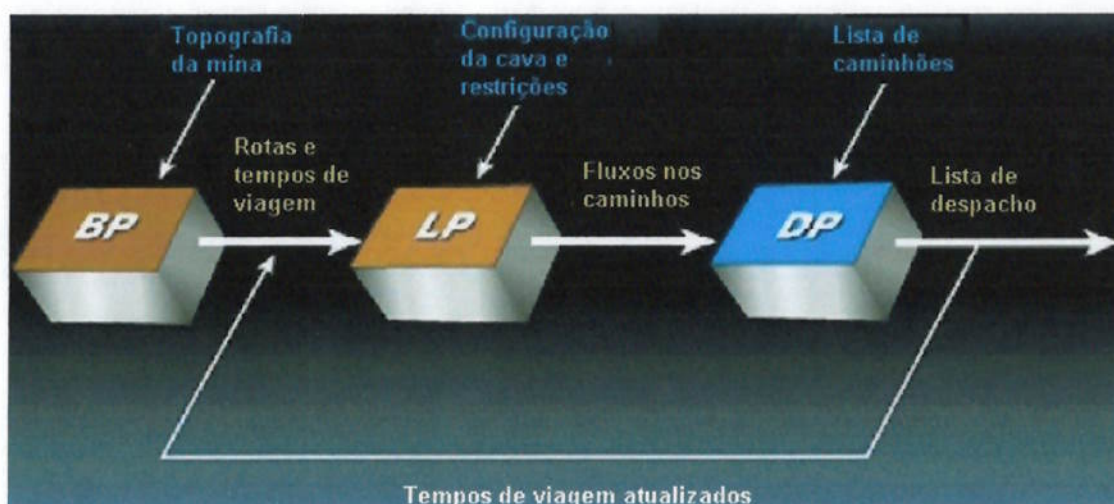


Figura 13 – Fluxograma das informações no pacote DISPATCH®

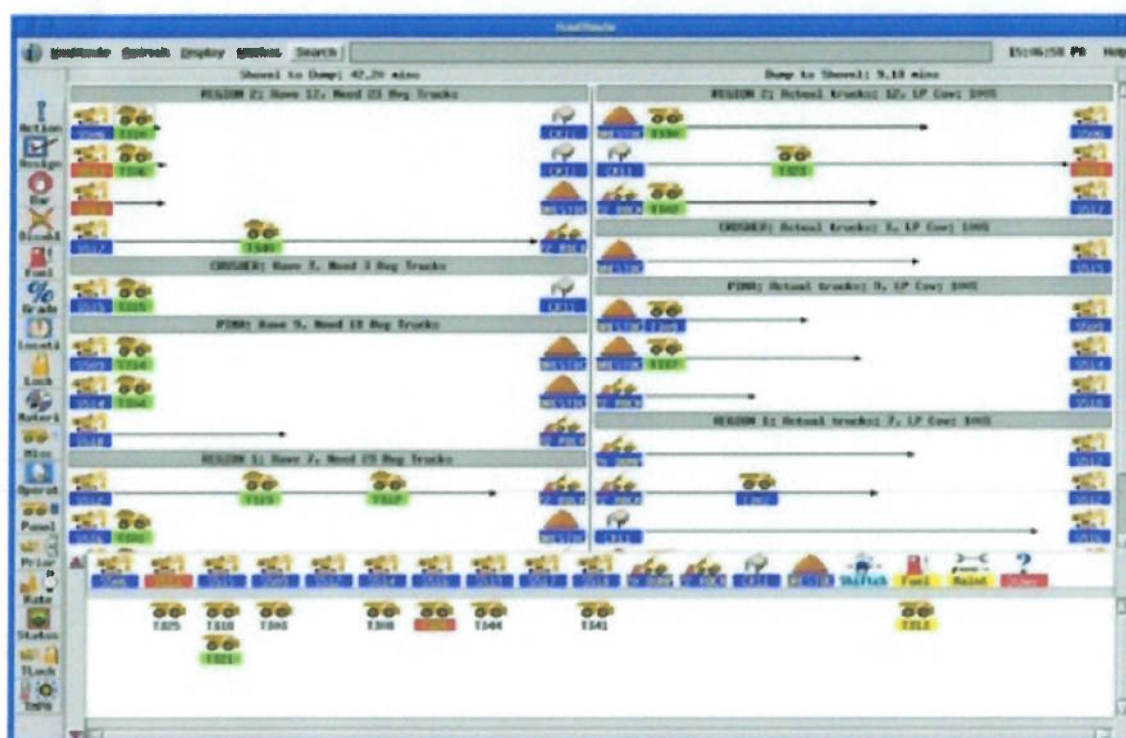


Figura 14 – Tela de controle onde se visualizam os veículos e seus estados

Também neste caso, não há nenhuma informação a respeito de sua aplicabilidade em minas subterrâneas. Todas as informações foram obtidas em www.mmsi.com.

3.3.2.3. Devex SmartMine®

O SmartMine® é produzido pela DEVEX, e é composto por cinco módulos, integrando as diversas atividades que se relacionam à operação da mina: Manager, Optimization, Dispatch, Real-Time Web e Hardware Module.

O pacote se aplica a qualquer mineração a céu aberto. Segundo o fabricante, os ganhos de produtividade crescem quando se aumenta o número de caminhões e combinações de rotas. O gerenciamento da produção e o controle da qualidade em tempo real são fatores ressaltados pela DEVEX.



Figura 15 – Tela do Optimization Module



Figura 16 – Hardware Module presente nos veículos

Aqui também se confirma a tendência de não se encontrar equipamentos semelhantes para minas subterrâneas. Percebe-se que os principais fabricantes produzem pacotes completos apenas para minas a céu aberto. Todas as informações foram obtidas no site www.devex.com.br.

4. DESAFIOS PARA ADEQUAÇÃO À LEGISLAÇÃO

Em vista de todos os aspectos discutidos, passamos a uma análise das possibilidades de se utilizar os sistemas de roteamento com um enfoque voltado às questões exigidas pelo “MINER Act”. A idéia inicial do trabalho era buscar junto aos fabricantes respostas a algumas questões formuladas com base na lei.

Outros aspectos, porém, foram levantados na pesquisa e devem ser ressaltados, para se ter um panorama mais claro a respeito das prováveis dificuldades em se atingir tal objetivo.

4.1. Considerações sobre a adequação

Na tentativa de estabelecer relações entre as exigências futuras e as possibilidades do presente, ocorre que os contextos estudados são bastante diferentes, além da existência de algumas incertezas que, por enquanto, não são facilmente avaliáveis. É importante ressaltar que o prazo para adequação ao MINER ainda é bastante longo, estendendo-se até junho de 2009. Sendo assim, explicitamos as principais dificuldades enfrentadas.

4.1.1. Previsões do MSHA

A primeira questão a ser discutida é que o “MINER Act” trata de minas subterrâneas, mais especificamente de carvão, quanto aos planos emergenciais a serem criados e suas exigências. Visto que sua aprovação é muito recente, datada de 15/06/2006, fica difícil avaliar se tais implicações serão futuramente estendidas minas subterrâneas em geral e também às minas a céu aberto.

Em contato mantido por e-mail com o MSHA, um funcionário afirmou que nem mesmo eles sabem ao certo quais serão os impactos do “MINER Act” futuramente. O que eles esperam é que, independentemente das mudanças tecnológicas suscitadas por ele, todas as minas deverão se adequar para tentar diminuir ainda mais os acidentes fatais, e também para não serem multadas. Este e-mail pode ser visto no Anexo 5.

4.1.2. Transferência de tecnologias

A segunda consideração é voltada às questões técnicas referentes à implantação de um sistema de roteamento com todas as suas funcionalidades. Tais sistemas foram originalmente desenvolvidos para minas a céu aberto, e durante sua evolução até o estado atual, conseguiram melhorias consistentes tanto de hardware como de software, gerando as facilidades de operação e ganhos de produtividade tão exaltadas por seus fabricantes.

Porém, segundo Gamache *et al.*(2004), as minas subterrâneas não experimentaram, ainda nos dias atuais, tamanha evolução, devido a diversos fatores e restrições, que citamos a seguir.

A transferência de tecnologia não é tão simples para o gerenciamento subterrâneo, pois até poucos anos atrás, havia a falta de um sistema adequado de monitoramento do tráfego. É impossível usar o sistema GPS em minas subterrâneas, pelo simples fato de que deve existir comunicação com satélites em órbita ao redor da Terra, e o sinal não consegue penetrar o solo e chegar aos veículos, tampouco fazer o caminho inverso.

Além disso, os softwares de gerenciamento e despacho devem ser modificados, pois em minas subterrâneas normalmente se utilizam as LHD's. Diferentemente das minas a céu aberto que utilizam o sistema Carregadora-Caminhão, que se configura em cliente-servidor perante o software, as LHD's são ao mesmo tempo cliente e servidor, tornando a tomada de decisão um processo diferente.

Por outro lado, enquanto as minas a céu aberto são normalmente projetadas para que as vias de transporte sejam de mão dupla, e acomodem com folga dois veículos trafegando em sentidos opostos, as vias de transporte subterrâneas devem ter as mínimas dimensões possíveis, acomodando apenas um veículo por vez e muitas vezes tendo orientações pré-definidas. Isso também interfere nos softwares, criando dificuldades e restrições adicionais a serem consideradas na tomada de decisão, para evitar colisões.

Por fim, LHD's podem andar tanto à frente quanto em marcha à ré durante o transporte, e devem chegar aos pontos de carga e descarga com a orientação adequada (pá voltada para frente), pois o espaço para manobras é reduzido. A orientação do veículo passa a ser considerada, diferentemente dos caminhões fora-de-estrada, que sempre andam em frente e podem manobrar nos pontos de carga e descarga.

Tabela 2 - Dificuldades técnicas de utilização de roteamento em minas subterrâneas

Aspecto considerado	Minas a céu aberto	Minas subterrâneas
GPS	Presente e de fácil instalação, funcionamento completo	Não funciona pois depende de sinais de satélite
CrITÉrios de análise e decisão	Foram desenvolvidos para esta aplicação, na forma cliente-servidor, para caminhões e escavadoras	Devem levar em conta outros aspectos, como o veículo ser ao mesmo tempo cliente e servidor (LHD's)
Vias de transporte	Geralmente de mão dupla, acomodam com folga dois veículos em sentidos opostos	Dimensões mínimas, só acomodam um veículo por vez, em alguns casos têm mão exclusiva
Orientação dos veículos	Não é considerada, pois andam sempre à frente e têm espaço de sobra para manobras	Fator fundamental, pois LHD's andam nos dois sentidos mas devem chegar aos destinos com a pá voltada para frente, e espaços de manobra são restritos e localizados

4.1.3. Tendências e planos dos fabricantes

Nossa terceira consideração diz respeito a um fator difícil de avaliar, que é a real preocupação dos fabricantes de sistemas de roteamento com o "MINER Act". Em outras palavras, se os fabricantes avaliam que cumprir tais exigências será apenas função da empresa responsável pela mina, que deverá tomar as medidas necessárias, ou se seria interessante desenvolver produtos que já tivessem esta preocupação embutida em seu projeto.

Novamente, quaisquer que sejam as idéias dos fabricantes a respeito, este é um ponto difícil de ser avaliado, pois se existir uma tendência de modernização, cada fabricante manterá ao máximo o segredo de seus futuros projetos, evitando o vazamento de dados aos concorrentes. Favorece esta dificuldade o fato de se ter ainda mais de dois anos até que termine o prazo de adequação, o que pode deixar as empresas em situação “confortável”.

4.2. Questões aos fabricantes

Foram feitas várias tentativas de contato com os fabricantes mencionados, incluindo as perguntas listadas a seguir. Estas também foram enviadas a diversos profissionais da área de planejamento de lavra que se encontram atualmente em grandes minas, locais onde a aplicação das tecnologias descritas é fundamental. A idéia era sintetizar num pequeno questionário as principais questões relativas à adequação das tecnologias e às tendências futuras dos fabricantes.

Listamos abaixo tais perguntas, exatamente como foram enviadas.

- 1) Se o sistema provê a comunicação entre o operador e a central, como se fosse um rádio, ou se apenas é possível receber as informações e comando da central, enquanto o caminho de volta leva apenas a informação de posição e tarefa, nada de falar com o operador;
- 2) Caso negativo, se é comum haver o rádio (tipo walk-talk) no veículo para esse fim;
- 3) Se o sistema permite a localização de veículos também em minas subterrâneas, ou se só funciona por GPS em minas a céu aberto;
- 4) Se a empresa já tem alguma previsão de abordar a questão do MINER, ou se isso não está nos planos, caso considerem que não é função do sistema;
- 5) Em caso afirmativo, se a empresa já tem idéia das mudanças que sejam necessárias (apesar que isso deve ser segredo industrial, né?);
- 6) Se é possível a obtenção de informações mais detalhadas do que as disponibilizadas no site do fabricante.

Infelizmente, nenhuma resposta foi obtida até a conclusão deste trabalho, mesmo após repetidas tentativas. Com isso, a avaliação das possibilidades de adequação acabou ficando sem a comprovação prática por parte dos fabricantes e profissionais.

A ausência de respostas por parte dos fabricantes pode indicar que, caso exista alguma preocupação em se antecipar aos desafios do “MINER Act”, esta ainda é muito limitada. Assim, não é possível afirmar que este ato traga impactos a curto, e mesmo a médio prazo, para a aplicação da tecnologia de roteamento na mineração brasileira. Se ocorrerem mudanças, certamente elas começarão pelas minas americanas.

4.3. Propostas

Mantendo o escopo do trabalho, colocamos lado a lado as exigências consideradas do “MINER Act” quanto à comunicação e localização, e as características funcionais dos sistemas de roteamento que estejam mais próximas de cada aspecto considerado.

Tabela 3: Exigências do MINER frente às características dos sistemas de roteamento

MINER Act	Roteamento
O plano deve incluir meios de comunicação sem fio em duas vias entre a superfície e o subsolo	Existe o canal de comunicação sem fio entre o veículo e a central por meio de ondas, porém não é sistema redundante.
O plano deve incluir sistema de localização que permita à equipe em superfície saber exatamente onde estão os funcionários em subsolo.	Existe o sistema GPS em minas a céu aberto que permite saber a localização, com precisão de metros, de cada veículo. Além disso, existem os “waypoints”, que avisam a central quando o veículo passa por sua área de influência.

Pela tabela, é possível identificar a proximidade entre as exigências e a tecnologia já disponível, e assim propomos algumas abordagens e/ou modificações, que certamente necessitariam de um estudo prático, para sua comprovação e desenvolvimento.

A primeira exigência, de existir um meio de comunicação redundante, poderia ser atendida pela simples implantação de outro sistema sem fio, como uma via secundária de rádio separada, com seu próprio hardware de transmissão de sinais. Com isso, caso alguma falha ocorra em um dos sistemas, ainda existe o funcionamento do outro.

Segundo White e Vesterdal (1997), os sistemas de transmissão de dados em minas subterrâneas, especialmente para voz, apresentam particularidades e diferenças em relação aos sistemas de comunicação para minas a céu aberto. Existem diversos equipamentos para este fim, como rádios de microcélula UHF e sistemas de transmissão por fios múltiplos.

Os sistemas sem fio podem ser usados para toda a transmissão de dados entre os veículos e a central. Esta tecnologia pode ser aproveitada para a criação do sistema redundante de comunicação entre os operadores e a central de controle, seja esta dentro da mina ou na superfície.

Já a segunda exigência, de possibilidade de localização de pessoas após acidentes, necessitaria de algumas adaptações nos sistemas existentes. Visto que o GPS não funciona no subsolo, seria necessário substituir os equipamentos por outro sistema.

Uma alternativa é a utilização dos “waypoints”, antenas que recebem o sinal emitido pelo módulo do veículo quando este passa pela área de influência do sinal emitido pelo “waypoint”. Com isso, a cada vez que o veículo passasse pela região de influência, sua localização seria conhecida e repassada à central de controle.

Esta adaptação necessitaria da presença dos “waypoints” em regiões muito bem determinadas, o que evitaria a formação de “sombras”, isto é, locais onde o veículo não estivesse sob a influência de nenhuma antena.

Além disso, seria necessária uma alteração nos softwares, permitindo que fossem mantidos os últimos registros de posição por determinados intervalos de tempo, de modo que, em caso de acidente que causasse a perda total da comunicação, inclusive dos sistemas redundantes descritos, pelo menos o registro de posição na central estivesse garantido.

Por último, em locais onde não se aplique a utilização intensa de veículos, por exemplo no transporte feito por correias como em Aracoma Alma, poderiam existir “waypoints” para funcionários. Deste modo, cada um poderia carregar um rádio-transmissor análogo ao utilizado em veículos, que permitiria saber sua movimentação e localização dentro das galerias da mina.

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Ante o exposto neste trabalho, pudemos levantar diversas questões relevantes não só à segurança dos operários de minas subterrâneas, como também às tecnologias utilizadas no gerenciamento de veículos em mineração e suas aplicações com objetivos diferentes.

Foram identificadas exigências do recente “MINER Act” americano relativas à comunicação e localização em minas subterrâneas como meio de aumentar a segurança dos operários, em resposta a acidentes ocorridos em minas de carvão no ano de 2006.

Foi também realizada uma revisão dos sistemas de roteamento de veículos em minas, ressaltando seus aspectos operacionais, seus objetivos e principais fabricantes. Como consequência, pudemos identificar vários fatores que ainda limitam a evolução destes sistemas em sua aplicação para minas subterrâneas. Algumas dificuldades técnicas devem ser contornadas para que se tenha a mesma funcionalidade que em minas a céu aberto.

Por fim, tentou-se visualizar uma maneira de atender às exigências do “MINER Act” por meio da infra-estrutura de hardware e software dos sistemas de roteamento em seu estado atual, inclusive buscando contatos com os fabricantes. Este objetivo não foi alcançado, principalmente pelo silêncio das empresas perante as tentativas de contato.

Com isso, deixamos algumas sugestões para trabalhos futuros, na forma de perguntas que poderiam ser feitas, como continuação e expansão dos temas abordados neste estudo. Imaginamos que talvez com o passar do tempo, tais assuntos sejam mais facilmente mensuráveis

A primeira sugestão é procurar avaliar se o “MINER Act” terá algum impacto no Brasil. Cada país tem sua própria legislação sobre mineração, porém as empresas mineradoras são atualmente muito globalizadas, e as evoluções ocorridas em um país podem facilmente ser aproveitadas em outros locais, conforme seus benefícios se tornem tangíveis. Portanto há uma possibilidade de, em um futuro próximo, o “MINER Act” influenciar mudanças de legislação no Brasil.

A segunda sugestão é empreender um estudo de caso, num trabalho de pós-graduação, com as propostas feitas no item 4 deste trabalho, que infelizmente não puderam ser respondidas. Isto possibilitaria uma nova visão sobre as aplicabilidades dos sistemas de roteamento, que devido à sua estrutura informatizada e diversificada, pode trazer mais benefícios além dos óbvios aumentos de produtividade para a empresa. Isto poderia criar um precedente para mais avanços tecnológicos na mineração subterrânea, que apresenta maiores dificuldades técnicas e desafios de implantação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARIE, S.; GAMACHE, M.. Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines. **International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment**, Rotterdam, v. 16, n. 1, p. 59-76, Março 2002.

AZEVEDO, R. C.. **Aplicação de realidade virtual no planejamento de lavra**. São Paulo, 2002, 65 p.. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

CARTER, R. A.. Black Thunder boosts production with MineStar. **Coal Age**, Overland Park, v. 106, n. 10, p. 34-37, Outubro 2001.

CATERPILLAR INC.. Apresenta informações sobre a linha de produtos e serviços oferecidos, com sites direcionados para cada país. Disponível em < <http://www.cat.com> >. Acesso em 20 de set. 2006.

DEPARTMENT OF LABOR. Washington, DC. Apresenta informações sobre o Departamento do Trabalho dos Estados Unidos e legislação concernente à sua área de atuação. Disponível em < <http://www.dol.gov> >. Acesso em 9 de set. 2006.

DEVEX SMARTMINE. Belo Horizonte. Apresenta informações sobre o sistema de roteamento SmartMine®. Disponível em < <http://www.smartmine.com.br> >. Acesso em 10 de out. 2006.

DE TOMI, G.; SENHORINHO, N. C.; DAMASCENO, P. F. T.. Controle de parâmetros de qualidade otimiza planejamento da mina. **Minérios e Minerales**, São Paulo, n. 246, p 37-40, março, 2000.

FARIAS, S. L. T.. **Controle da qualidade na lavra em minas de calcário para cimento**. São Paulo, 2003, 124 p.. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

GAMACHE, M.; COHEN, P.; GRIMARD, R.; BIGRAS, L.. Fleet management system for underground mines. **CIM Bulletin**, Quebec, v. 97, n. 1077, p. 66-70, Fevereiro 2004.

GAMACHE, M.; GRIMARD, R.; COHEN, P.. A shortest-path algorithm for solving the fleet management problem in underground mines. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 166, n. 2, p. 497-506, Outubro 2005. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em 9 Out. 2006.

KOGISHI, F. H.. **Roteamento de caminhões para atendimento das especificações de qualidade e de desempenho na lavra**. São Paulo, 2005, 21 p.. Trabalho de formatura. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

LEWIS, M. W.; WERNER, J.; SAMBRISKY, B.. Capturing unrealized capacity. **CIM Bulletin**, Quebec, v. 97, n. 1076, p. 57-62, Janeiro 2004.

MASTRELA, R.. **Integração do software de mineração com sistemas ERP: estudo de caso Mineração Catalão, município de Ouvidor, Goiás**. São Paulo, 2003, 91 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

MINE SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. Arlington, VA. Apresenta informações sobre a atividade de mineração nos Estados Unidos, bem como legislações específicas e dados sobre acidentes reportados. Disponível em < <http://www.msha.gov> > . Acesso em 5 set. 2006.

MODULAR MINING SYSTEMS INC.. Apresenta informações sobre a linha de produtos e serviços oferecidos pelo fabricante. Disponível em < <http://www.mmsi.com> > . Acesso em 5 de out. 2006.

OFFICE OF MINERS' HEALTH SAFETY & TRAINING, West Virginia, EUA. Apresenta informações e estatísticas sobre as atividades mineiras no estado de West Virginia. Disponível em < <http://www.wvminesafety.org> > . Acesso em 1 de nov. 2006.

PRADO, D. **Teoria das filas e da simulação**. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004. 126 p. (Série Pesquisa Operacional, v. 2).

SOUSA, R.; DE TOMI, G.. Wireless technology applied to mine planning. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE APPLICATION OF COMPUTERS AND OPERATIONS RESEARCH IN THE MINERAL INDUSTRY 32.: 2005: Tucson, Arizona. **APCOM 2005: proceedings**. London: Taylor & Francis, 2005.

WHITE, J. W.; VESTERDAL, S. H.. Digital communication aids underground mining. **Mining Engineering**, Littleton, Colorado, v. 49, n. 8, p. 42-46, Agosto 1997.

ANEXO 1: Mineração de Carvão em West Virginia

A lavra de carvão em West Virginia começou em 1742. Hoje são lavrados mais de 110 camadas de carvão no estado, que tem aproximadamente 4% das reservas de carvão na América do Norte. Em 2004, foram produzidas aproximadamente 100 milhões de toneladas de carvão no estado, equivalente a 15% da produção total dos EUA. A Figura A-1 apresenta um mapa de localização do estado de West Virginia nos EUA, na parte Leste do país, próxima da capital Washington DC.

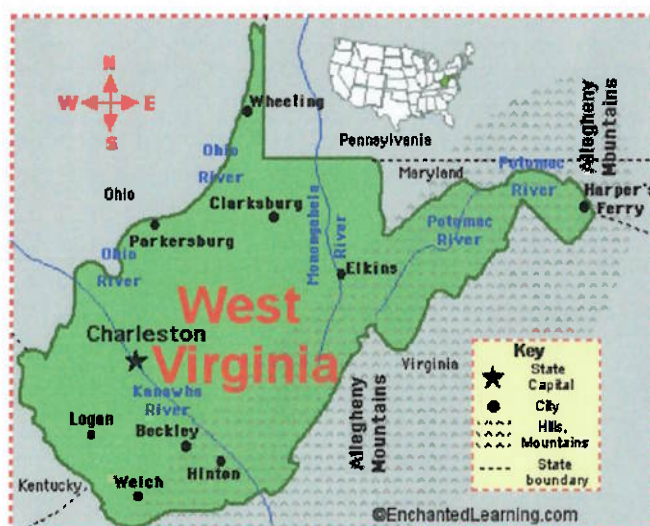


Figura A-1: Localização do Estado de West Virginia nos EUA

A produção de carvão é dividida em 55% por lavra a céu-aberto (por lavra em tiras) e 45% por lavra subterrânea (predominantemente long-wall). Por sua alta qualidade, o carvão produzido em West Virginia responde por mais de 50% das exportações de carvão dos EUA. A Figura A-2 mostra a localização da cadeia de montanhas Apalachianas, onde se concentra a produção de carvão no estado.



Figura A-2: Cadeia de montanhas Apalachianas em West Virginia nos EUA

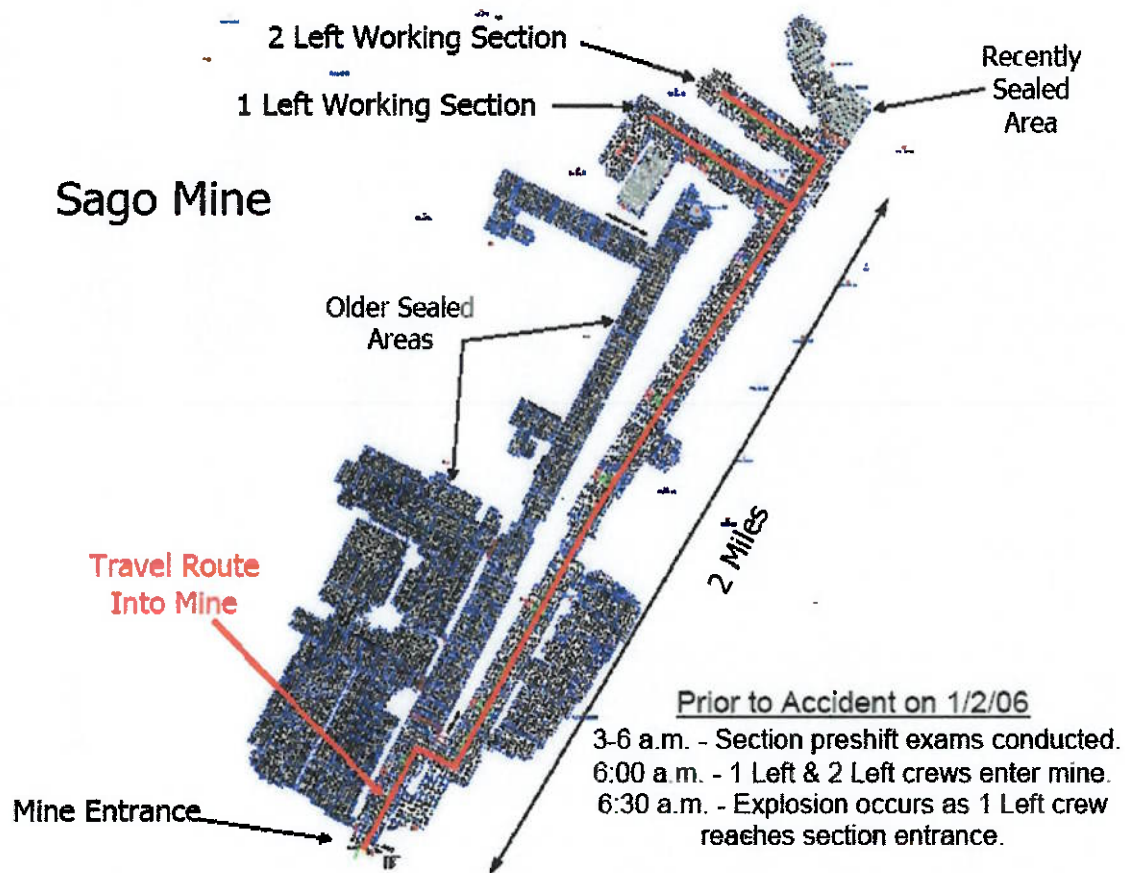
Mais de 99% da energia elétrica do estado de West Virginia é produzida por carvão em usinas termo-elétricas. Atualmente há 14 usinas termo-elétricas no estado. Embora menos de 10 acidentes fatais ocorreram nas minas de carvão de West Virginia no período de 1997 a 2003, em 2004 houve um aumento de ocorrências, como indicado na Tabela A-1 a seguir.

Tabela A-1: Relação de acidentes fatais nas minas de West Virginia, de 2004 a 2006

DATA	EMPRESA	Mina	Vítima Fatal
2006			
30/10/2006	Double Bonus Coal Co.	Mina No. 65	1 operador shuttle-car
20/10/2006	Kingwood Mining Co.	Mina Whitetail	1 operador de máquina
30/07/2006	Circle M Enterprises Inc.	Mina Starbridge	1 operador caminhão
21/07/2006	Wackenhut Corp.	Mina River Point Dock	1 segurança
24/05/2006	Wolf Run Mining Co	Mina Sycamore No. 2	1 operador de máquina
07/04/2006	Southern WV Resources	Mina No	1 operador locomotiva
07/04/2006	Mystic Energy Inc.	Mina Candice No. 2	1 trabalhador da mina
01/02/2006	Elk Run Coal Co.	Mina Black Castle	1 operador de trator
01/02/2006	Long Branch Energy	Mina No. 18	1 trabalhador da mina
19/01/2006	Aracoma Coal Co., Inc.	Mina Aracoma No. 1	2 trabalhadores da mina
02/01/2006	Anker WV Mining Co.	Mina Sago	12 trabalhadores mina
2005			
15/12/2005	Arjay Mining Inc.	Mina Adkins Branch	1 operador roof-bolter
11/05/2005	Consolidation Coal	Mina Shoemaker Mine	1 trabalhador da mina
01/03/2005	Coal River Mining LLC.	Mina Tiny Creek	1 operador de máquina
2004			
02/12/2004	Catenary Coal Co.	Mina Samples Mine	1 trabalhador de apoio
20/11/2004	Independence Coal Co.	Mina Red Cedar	1 trabalhador da mina
24/09/2004	American Bituminous	Mina Barrackville	1 operador de máquina
29/08/2004	Hobet Mining	Mina Westridge Mine	1 eletricista
08/08/2004	McElroy Coal Co.	Mina McElroy Mine	1 operador roof-bolter
10/06/2004	Tug Valley Coal	Usina da Mina No. 1	1 operador caminhão
03/04/2004	Brooks Run Mining	Mina Mercer Mine	1 op. c/ controle remoto
12/03/2004	Simmons Fork Mining	Mina Paynter's Branch	1 trabalhador superfície
02/03/2004	Brooks Run Mining Co.	Usina da mina	1 técnico manutenção
10/02/2004	Colony Bay Coal	Mina Colony Bay	1 operador caminhão
10/02/2004	Raw Coal Mining Co.	Mina Cucumber	1 operador roof-bolter
05/02/2004	Spartan Mining Co.	Mina Ruby	1 eletricista da mina

Fonte: Office of Miners' Health Safety & Training, Governo de West Virginia, EUA

<http://www.wvminesafety.org>

ANEXO 2: Fatalgrama do acidente em Sago

Fonte: <http://www.msha.gov/fatals/fabc2006.asp>

ANEXO 3: Ata de audiência pública sobre o acidente em Sago (“PowerPoint”)

Sago Mine Compliance Overview

Public Hearing on the Sago Mine Disaster



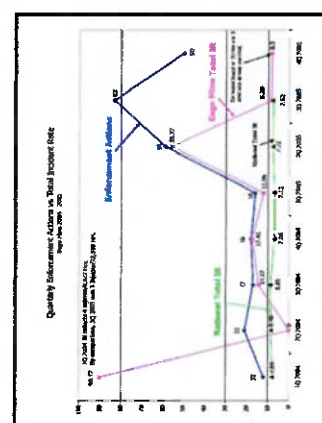


OTHER ACTIONS

- 5 top level meetings with mine management
- 18 supervisory visits to the Sago Mine from 4/24/05 to date of the explosion
- Requested Technical Support assistance to reduce accidents and injuries
- Requested EFS assistance for examination training

SAGO MINE BACKGROUND

- Began operation in September of 1999.
- Mine changed ownership from BLM Coal Company to Anker West Virginia, and was acquired by ICG in 2005.
- The mine was idled for extended periods between September of 2003 and December of 2004.



ANEXO 4: Fatalgrama do acidente em Aracoma Alma



U.S. Department of Labor
Mine Safety and Health Administration

Fatalgrams and Fatal Reports

"Safety and Health are Values"

Fatality #14 - #15 - January 19, 2006

Fire - Underground - WV

Aracoma Coal Company Inc - Aracoma Alma Mine #1

COAL MINE FATALITY - On Thursday, January 19, 2006, an underground mine fire occurred near the longwall conveyor belt drive. Miners working underground began evacuating the mine. Heavy smoke was encountered by the 12 miners who were evacuating from the development section located inby the fire area. Two of the 12 miners became separated from the group. Despite initial rescue efforts, the two miners could not be located. On January 21, 2006, mine rescue teams located the bodies of the missing miners and transported them to the surface.



Best Practices

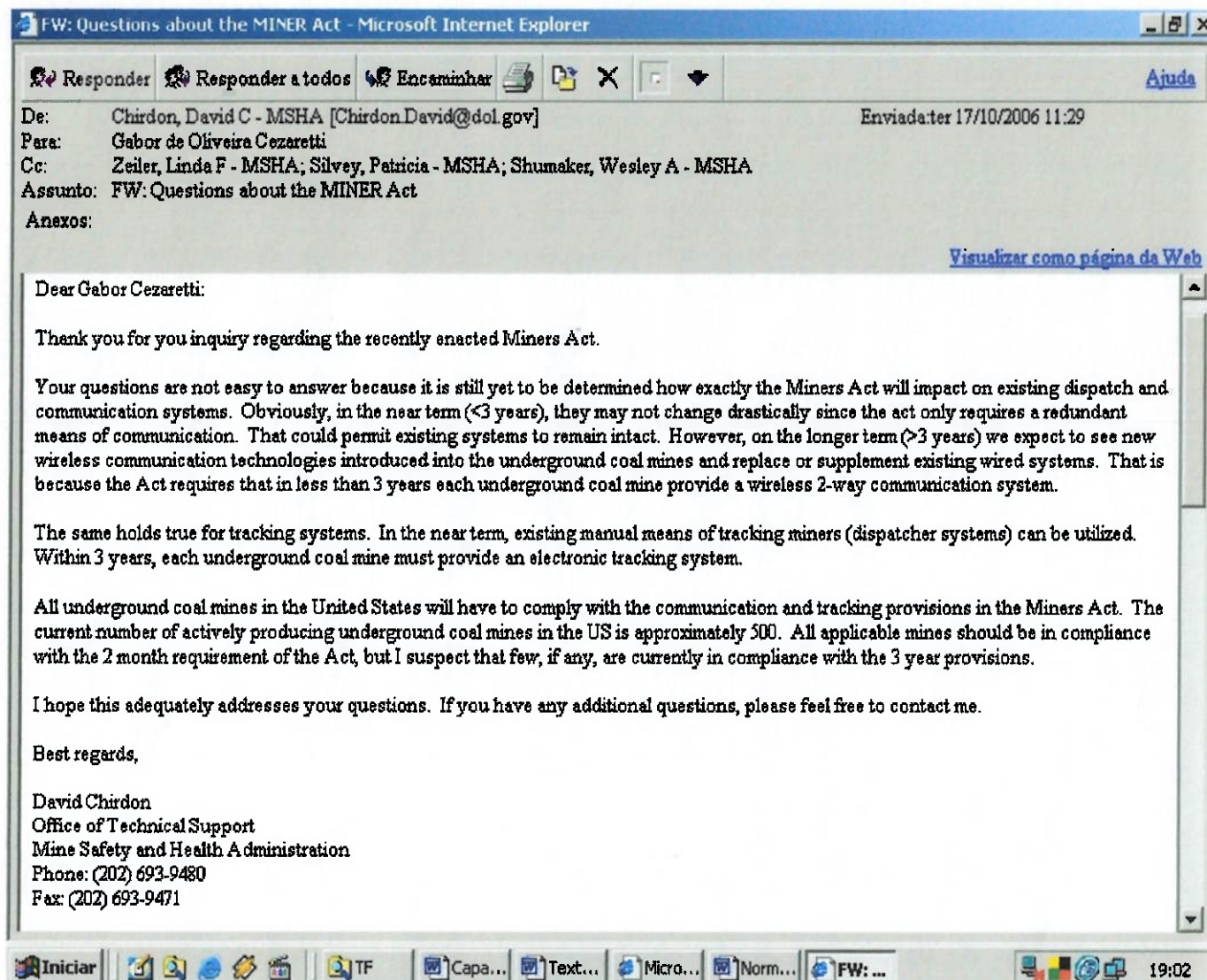
- Remove all accumulations of combustible material.
- Maintain equipment in safe operating condition.
- Conduct thorough conveyor belt examinations.
- Ensure that hazardous conditions are immediately corrected.
- Immediately investigate any indication of fire. Treat an alarm as if a fire exists until proven otherwise.

These are the 14th and 15th fatalities reported during calendar year 2006 in the coal mining industry. As of this date in 2006, there were no fatalities reported in coal mining.

The information provided in this notice is based on preliminary data ONLY and does not represent final determinations regarding the nature of the incident or conclusions regarding the cause of the fatality.

Fonte: <http://www.msha.gov/fatals/fabc2006.asp>

ANEXO 5: Cópia do e-mail enviado pelo MSHA com respostas sobre o “MINER Act”



ANEXO 6: "Press Release" do MSHA sobre o "MINER Act".

MSHA News Release: [06/15/2006]

Contact: Amy Louviere Dirk Fillpot

Phone: (202) 693-9406 (202) 693-9423

Release Number 06-1031-NAT

MINER Act Signed Into Law

WASHINGTON - U.S. Secretary of Labor Elaine L. Chao today attended the White House ceremony at which President George W. Bush signed the Mine Improvement and New Emergency Response (MINER) Act into law. Secretary Chao issued the following statement:

"The Mine Improvement and New Emergency Response Act is the most significant mine safety legislation in nearly 30 years. It builds upon efforts by the Mine Safety and Health Administration (MSHA) to improve mine safety nationwide, and calls for the modernization of safety practices and development of enhanced communication technology. We need to do everything we can to continue to improve safety in our nation's mines so miners can return home safely to their families at the end of their shifts."

The MINER Act represents the first revisions to federal mine safety laws since the Federal Mine Safety and Health Act became law in 1977. The provisions include:

- Requiring each underground coal mine to develop and continuously update a written emergency response plan;
- Requiring each underground coal mine to make available two experienced rescue teams capable of a one-hour response time;
- Requiring wireless two-way communications and electronic tracking systems within three years;
- Giving MSHA the authority to request an injunction to shut down a mine in cases where the mine operator has refused to pay a final MSHA penalty;
- Raising the criminal penalty cap to \$250,000 for first offenses and \$500,000 for second offenses, as well as establishing a maximum civil penalty of \$220,000 for flagrant violations;
- Creating a scholarship program to mitigate an anticipated shortage of trained and experienced miners and MSHA enforcement personnel;
- Establishing the Brookwood-Sago Mine Safety Grants program to provide training grants to better identify, avoid and prevent unsafe working conditions in and around mines.

Fonte: www.msha.gov

ANEXO 7: Texto integral do "MINER Act"

UNITED STATES PUBLIC LAWS
109th Congress - Second Session
Convening January 7, 2005
 PL 109-236 (S 2803)
 June 15, 2006

MINE IMPROVEMENT AND NEW EMERGENCY RESPONSE ACT OF 2006 (MINER ACT)

An Act To amend the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 to improve the safety of mines and mining.

Be it enacted by the Senate and House of Representatives of the United States
 of America in Congress assembled,

SECTION 1. SHORT TITLE.

This Act may be cited as the "Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006" or the "MINER Act".

SEC. 2. EMERGENCY RESPONSE.

Section 316 of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 876) is amended--

(1) in the section heading by adding at the end the following: "AND EMERGENCY RESPONSE PLANS";

(2) by striking "Telephone" and inserting "(a) IN GENERAL.--TELEPHONE"; and

(3) by adding at the end the following:

"(b) ACCIDENT PREPAREDNESS AND RESPONSE.--

"(1) IN GENERAL.--Each underground coal mine operator shall carry out on a continuing basis a program to improve accident preparedness and response at each mine.

"(2) RESPONSE AND PREPAREDNESS PLAN.--

"(A) IN GENERAL.--Not later than 60 days after the date of enactment of the Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006, each underground coal mine operator shall develop and adopt a written accident response plan that complies with this subsection with respect to each mine of the operator, and periodically update such plans to reflect changes in operations in the mine, advances in technology, or other relevant considerations. Each such operator shall make the accident response plan available to the miners and the miners' representatives.

"(B) PLAN REQUIREMENTS.--An accident response plan under subparagraph (A) shall--

"(i) provide for the evacuation of all individuals endangered by an emergency; and

"(ii) provide for the maintenance of individuals trapped underground in the event that miners are not able to evacuate the mine.

"(C) PLAN APPROVAL.--The accident response plan under subparagraph (A) shall be subject to review and approval by the Secretary. In determining whether to approve a

particular plan the Secretary shall take into consideration all comments submitted by miners or their representatives. Approved plans shall--

"(i) afford miners a level of safety protection at least consistent with the existing standards, including standards mandated by law and regulation;

"(ii) reflect the most recent credible scientific research;

"(iii) be technologically feasible, make use of current commercially available technology, and account for the specific physical characteristics of the mine; and

"(iv) reflect the improvements in mine safety gained from experience under this Act and other worker safety and health laws.

"(D) PLAN REVIEW.--The accident response plan under subparagraph (A) shall be reviewed periodically, but at least every 6 months, by the Secretary. In such periodic reviews, the Secretary shall consider all comments submitted by miners or miners' representatives and intervening advancements in science and technology that could be implemented to enhance miners' ability to evacuate or otherwise survive in an emergency.

"(E) **PLAN CONTENT-GENERAL REQUIREMENTS.**--To be approved under subparagraph (C), an accident response plan shall include the following:

"(i) **POST-ACCIDENT COMMUNICATIONS.**--The plan shall provide for a redundant means of communication with the surface for persons underground, such as secondary telephone or equivalent two-way communication.

"(ii) **POST-ACCIDENT TRACKING.**--Consistent with commercially available technology and with the physical constraints, if any, of the mine, the plan shall provide for above ground personnel to determine the current, or immediately pre-accident, location of all underground personnel. Any system so utilized shall be functional, reliable, and calculated to remain serviceable in a post-accident setting.

"(iii) **POST-ACCIDENT BREATHABLE AIR.**--The plan shall provide for--

"(I) emergency supplies of breathable air for individuals trapped underground sufficient to maintain such individuals for a sustained period of time;

"(II) in addition to the 2 hours of breathable air per miner required by law under the emergency temporary standard as of the day before the date of enactment of the Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006, caches of self-rescuers providing in the aggregate not less than 2 hours per miner to be kept in escapeways from the deepest work area to the surface at a distance of no further than an average miner could walk in 30 minutes;

"(III) a maintenance schedule for checking the reliability of self-rescuers, retiring older self-rescuers first, and introducing new self-rescuer technology, such as units with interchangeable air or oxygen cylinders not requiring doffing to replenish airflow and units with supplies of greater than 60 minutes, as they are approved by the Administration and become available on the market; and

"(IV) training for each miner in proper procedures for donning self-rescuers, switching from one unit to another, and ensuring a proper fit.

"(iv) **POST-ACCIDENT LIFELINES.**--The plan shall provide for the use of flame-resistant directional lifelines or equivalent systems in escapeways to enable evacuation. The flame-resistance requirement of this clause shall apply upon the replacement of existing lifelines, or, in the case of lifelines in working sections, upon the earlier of the replacement of such lifelines or 3 years after the date of enactment of the Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006.

"(v) **TRAINING.**--The plan shall provide a training program for emergency procedures described in the plan which will not diminish the requirements for mandatory health and safety training currently required under section 115.

"(vi) **LOCAL COORDINATION.**--The plan shall set out procedures for coordination and communication between the operator, mine rescue teams, and local emergency response personnel and make provisions for familiarizing local rescue personnel with surface functions that may be required in the course of mine rescue work.

"(F) **PLAN CONTENT-SPECIFIC REQUIREMENTS.**--

"(i) **IN GENERAL.**--In addition to the content requirements contained in subparagraph (E), and subject to the considerations contained in subparagraph (C), the Secretary may make additional plan requirements with respect to any of the content matters.

"(ii) **POST ACCIDENT COMMUNICATIONS.**--Not later than 3 years after the date of enactment of the Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006, a plan shall, to be approved, provide for post accident communication between underground and surface personnel via a wireless two-way medium, and provide for an electronic tracking system permitting surface personnel to determine the location of any persons trapped underground or set forth within the plan the reasons such provisions can not

be adopted. Where such plan sets forth the reasons such provisions can not be adopted, the plan shall also set forth the operator's alternative means of compliance. Such alternative shall approximate, as closely as possible, the degree of functional utility and safety protection provided by the wireless two-way medium and tracking system referred to in this subpart.

"(G) PLAN DISPUTE RESOLUTION.--

"(i) IN GENERAL.--Any dispute between the Secretary and an operator with respect to the content of the operator's plan or any refusal by the Secretary to approve such a plan shall be resolved on an expedited basis.

"(ii) DISPUTES.--In the event of a dispute or refusal described in clause (i), the Secretary shall issue a citation which shall be immediately referred to a Commission Administrative Law Judge. The Secretary and the operator shall submit all relevant material regarding the dispute to the Administrative Law Judge within 15 days of the date of the referral. The Administrative Law Judge shall render his or her decision with respect to the plan content dispute within 15 days of the receipt of the submission.

"(iii) FURTHER APPEALS.--A party adversely affected by a decision under clause (ii) may pursue all further available appeal rights with respect to the citation involved, except that inclusion of the disputed provision in the plan will not be limited by such appeal unless such relief is requested by the operator and permitted by the Administrative Law Judge.

"(H) MAINTAINING PROTECTIONS FOR MINERS.--Notwithstanding any other provision of this Act, nothing in this section, and no response and preparedness plan developed under this

section, shall be approved if it reduces the protection afforded miners by an existing mandatory health or safety standard."

SEC. 3. INCIDENT COMMAND AND CONTROL.

Title I of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 811 et seq.) is amended by adding at the end the following:

"SEC. 116. LIMITATION ON CERTAIN LIABILITY FOR RESCUE OPERATIONS.

"(a) IN GENERAL.--No person shall bring an action against any covered individual or his or her regular employer for property damage or an injury (or death) sustained as a result of carrying out activities relating to mine accident rescue or recovery operations. This subsection shall not apply where the action that is alleged to result in the property damages or injury (or death) was the result of gross negligence, reckless conduct, or illegal conduct or, where the regular employer (as such term is used in this Act) is the operator of the mine at which the rescue activity takes place. Nothing in this section shall be construed to preempt State workers' compensation laws.

"(b) COVERED INDIVIDUAL.--For purposes of subsection (a), the term 'covered individual' means an individual--

"(1) who is a member of a mine rescue team or who is otherwise a volunteer with respect to a mine accident; and

"(2) who is carrying out activities relating to mine accident rescue or recovery operations.

"(c) REGULAR EMPLOYER.--For purposes of subsection (a), the term 'regular employer' means the entity that is the covered employee's legal or statutory employer pursuant to applicable State law."

SEC. 4. MINE RESCUE TEAMS.

Section 115(e) of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 825(e)) is amended--

(1) by inserting "(1)" after the subsection designation; and

(2) by adding at the end the following:

"(2)(A) The Secretary shall issue regulations with regard to mine rescue teams which shall be finalized and in effect not later than 18 months after the date of enactment of the Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006.

"(B) Such regulations shall provide for the following:

"(i) That such regulations shall not be construed to waive operator training requirements applicable to existing mine rescue teams.

"(ii) That the Mine Safety and Health Administration shall establish, and update every 5 years thereafter, criteria to certify the qualifications of mine rescue teams.

"(iii)(I) That the operator of each underground coal mine with more than 36 employees--

"(aa) have an employee knowledgeable in mine emergency response who is employed at the mine on each shift at each

underground mine; and

"(bb) make available two certified mine rescue teams whose members--

"(AA) are familiar with the operations of such coal mine;

"(BB) participate at least annually in two local mine rescue contests;

"(CC) participate at least annually in mine rescue training at the underground coal mine covered by the mine rescue team; and

"(DD) are available at the mine within one hour ground travel time from the mine rescue station.

"(II)(aa) For the purpose of complying with subclause (I), an operator shall employ one team that is either an individual mine site mine rescue team or a composite team as provided for in item (bb)(BB).

"(bb) The following options may be used by an operator to comply with the requirements of item (aa):

"(AA) An individual mine-site mine rescue team.

"(BB) A multi-employer composite team that is made up of team members who are knowledgeable about the operations and ventilation of the covered mines and who train on a semi-annual basis at the covered underground coal mine—

"(aaa) which provides coverage for multiple operators that have team members which include at least two active employees from each of the covered mines;

"(bbb) which provides coverage for multiple mines owned by the same operator which members include at least two active employees from each mine; or

"(ccc) which is a State-sponsored mine rescue team comprised of at least two active employees from each of the covered mines.

"(CC) A commercial mine rescue team provided by contract through a third-party vendor or mine rescue team provided by another coal company, if such team—

"(aaa) trains on a quarterly basis at covered underground coal mines;

"(bbb) is knowledgeable about the operations and ventilation of the covered mines; and

"(ccc) is comprised of individuals with a minimum of 3 years underground coal mine experience that shall have occurred within the 10-year period preceding their employment on the contract mine rescue team.

"(DD) A State-sponsored team made up of State employees.

"(iv) That the operator of each underground coal mine with 36 or less employees shall—

"(I) have an employee on each shift who is knowledgeable in mine emergency responses; and

"(II) make available two certified mine rescue teams whose members—

"(aa) are familiar with the operations of such coal mine;

"(bb) participate at least annually in two local mine rescue contests;

"(cc) participate at least semi-annually in mine rescue training at the underground coal mine covered by the mine rescue team;

"(dd) are available at the mine within one hour ground travel time from the mine rescue station;

"(ee) are knowledgeable about the operations and ventilation of the covered mines; and

"(ff) are comprised of individuals with a minimum of 3 years underground coal mine experience that shall have occurred within the 10-year period preceding their employment on the contract mine rescue team."

SEC. 5. PROMPT INCIDENT NOTIFICATION.

(a) **IN GENERAL.**—Section 103(j) of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 813(j)) is amended by inserting after the first sentence the following: "For purposes of the preceding sentence, the notification required shall be provided by the operator within 15 minutes of the time at which the operator realizes that the death of an individual at the mine, or an injury or entrapment of an individual at the mine which has a reasonable potential to cause death, has occurred."

(b) **PENALTY.**—Section 110(a) of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 820(a)) is amended—

(1) by striking "The operator" and inserting "(1) The operator"; and

(2) by adding at the end the following:

"(2) The operator of a coal or other mine who fails to provide timely notification to the Secretary as required under section 103(j) (relating to the 15 minute requirement) shall be assessed a civil penalty by the Secretary of not less than \$5,000 and not more than \$60,000."

SEC. 6. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH.

(a) **GRANTS.**—Section 22 of the Occupational Safety and Health Act of 1970 (29 U.S.C. 671) is amended by adding at the end the following:

"(h) **OFFICE OF MINE SAFETY AND HEALTH.**—

"(1) **IN GENERAL.**—There shall be permanently established within the Institute an Office of Mine Safety and Health which shall be administered by an Associate Director to be appointed by the Director.

"(2) **PURPOSE.**—The purpose of the Office is to enhance the development of new mine safety technology and technological applications and to expedite the commercial availability and implementation of such technology in mining environments.

"(3) **FUNCTIONS.**—In addition to all purposes and authorities provided for under this section, the Office of Mine Safety and Health shall be responsible for research, development, and testing of new technologies and equipment designed to enhance mine safety and health. To carry out such functions the Director of the Institute, acting through the Office, shall have the authority to—

"(A) award competitive grants to institutions and private entities to encourage the development and manufacture of mine safety equipment;

"(B) award contracts to educational institutions or private laboratories for the performance of product testing or related work with respect to new mine technology and equipment; and

"(C) establish an interagency working group as provided for in paragraph (5).

"(4) **GRANT AUTHORITY.**—To be eligible to receive a grant under the authority provided for under paragraph (3)(A), an entity or institution shall—

"(A) submit to the Director of the Institute an application at such time, in such manner, and containing such information as the Director may require; and

"(B) include in the application under subparagraph (A), a description of the mine safety equipment to be developed and manufactured under the grant and a description of the reasons that such equipment would otherwise not be developed or manufactured, including reasons relating to the limited potential commercial market for such equipment.

"(5) INTERAGENCY WORKING GROUP.—

"(A) ESTABLISHMENT.--The Director of the Institute, in carrying out paragraph (3)(D) shall establish an interagency working group to share technology and technological research and developments that could be utilized to enhance mine safety and accident response.

"(B) MEMBERSHIP.--The working group under subparagraph (A) shall be chaired by the Associate Director of the Office who shall appoint the members of the working group, which may include representatives of other Federal agencies or departments as determined appropriate by the Associate Director.

"(C) DUTIES.--The working group under subparagraph (A) shall conduct an evaluation of research conducted by, and the technological developments of, agencies and departments who are represented on the working group that may have applicability to mine safety and accident response and make recommendations to the Director for the further development and

eventual implementation of such technology.

"(6) ANNUAL REPORT.--Not later than 1 year after the establishment of the Office under this subsection, and annually thereafter, the Director of the Institute shall submit to the Committee on Health, Education, Labor, and Pensions of the Senate and the Committee on Education and the Workforce of the House of Representatives a report that, with respect to the year involved, describes the new mine safety technologies and equipment that have been studied, tested, and certified for use, and with respect to those instances of technologies and equipment that have been considered but not yet certified for use, the reasons therefore.

"(7) AUTHORIZATION OF APPROPRIATIONS.--There is authorized to be appropriated, such sums as may be necessary to enable the Institute and the Office of Mine Safety and Health to carry out this subsection."

SEC. 7. REQUIREMENT CONCERNING FAMILY LIAISONS.

The Secretary of Labor shall establish a policy that--

- (1) requires the temporary assignment of an individual Department of Labor official to be a liaison between the Department and the families of victims of mine tragedies involving multiple deaths;
- (2) requires the Mine Safety and Health Administration to be as responsive as possible to requests from the families of mine accident victims for information relating to mine accidents; and
- (3) requires that in such accidents, that the Mine Safety and Health Administration shall serve as the primary communicator with the operator, miners' families, the press and the public.

SEC. 8. PENALTIES.

(a) IN GENERAL.--Section 110 of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 820) is amended--

(1) in subsection (a)--

(A) by inserting "(1)" after the subsection designation; and

(B) by adding at the end the following:

"(2) Any operator who willfully violates a mandatory health or safety standard, or knowingly violates or fails or refuses to comply with any order issued under section 104 and section 107, or any order incorporated in a final decision issued under this title, except an order incorporated in a decision under paragraph (1) or section 105(c), shall, upon conviction, be punished by a fine of not more than \$250,000, or by imprisonment for not more than one year, or by both, except that if the conviction is for a violation committed after the first conviction of such operator under this Act, punishment shall be by a fine of not more than \$500,000, or by imprisonment for not more than five years, or both.

"(3)(A) The minimum penalty for any citation or order issued under section 104(d)(1) shall be \$2,000.

"(B) The minimum penalty for any order issued under section 104(d)(2) shall be \$4,000.

"(4) Nothing in this subsection shall be construed to prevent an operator from obtaining a review, in accordance with section 106, of an order imposing a penalty described in this subsection. If a court, in making such review, sustains the order, the court ^{*501} shall apply at least the minimum

penalties required under this subsection."; and

(2) by adding at the end of subsection (b) the following: "Violations under this section that are deemed to be flagrant may be assessed a civil penalty of not more than \$220,000. For purposes of the preceding sentence, the term 'flagrant' with respect to a violation means a reckless or repeated failure to make reasonable efforts to eliminate a known violation of a mandatory health or safety standard that substantially and proximately caused, or reasonably could have been expected to cause, death or serious bodily injury."

(b) REGULATIONS.—Not later than December 30, 2006, the Secretary of Labor shall promulgate final regulations with respect to penalties.

SEC. 9. FINE COLLECTIONS.

Section 108(a)(1)(A) of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 818(a)(1)(A)) is amended by inserting before the comma, the following: ", or fails or refuses to comply with any order or decision, including a civil penalty assessment order, that is issued under this Act".

SEC. 10. SEALING OF ABANDONED AREAS.

Not later than 18 months after the issuance by the Mine Safety and Health Administration of a final report on the Sago Mine accident or the date of enactment of the Mine Improvement and New Emergency Response Act of 2006, whichever occurs earlier, the Secretary of Labor shall finalize mandatory health and safety standards relating to the sealing of abandoned areas in underground coal mines. Such health and safety standards shall provide for an increase in the 20 psi standard currently set forth in section 75.335(a)(2) of title 30, Code of Federal Regulations.

SEC. 11. TECHNICAL STUDY PANEL.

Title V of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 951 et seq.) is amended by adding at the end the following:

"SEC. 514. TECHNICAL STUDY PANEL.

"(a) ESTABLISHMENT.—There is established a Technical Study Panel (referred to in this section as the 'Panel') which shall provide independent scientific and engineering review and recommendations with respect to the utilization of belt air and the composition and fire retardant properties of belt materials in underground coal mining.

"(b) MEMBERSHIP.—The Panel shall be composed of—

"(1) two individuals to be appointed by the Secretary of Health and Human Services, in consultation with the Director of the National Institute for Occupational Safety and Health and the Associate Director of the Office of Mine Safety;

"(2) two individuals to be appointed by the Secretary of Labor, in consultation with the Assistant Secretary for Mine Safety and Health; and

"(3) two individuals, one to be appointed jointly by the majority leaders of the Senate and House of Representatives and one to be appointed jointly by the minority leader of the Senate and House of Representatives, each to be appointed *502 prior to the sine die adjournment of the second session of the 109th Congress.

"(c) QUALIFICATIONS.—Four of the six individuals appointed to the Panel under subsection (b) shall possess a masters or doctoral level degree in mining engineering or another scientific field demonstrably related to the subject of the report. No individual appointed to the Panel shall be an employee of any coal or other mine, or of any labor organization, or of any State or Federal agency primarily responsible for regulating the mining industry.

"(d) REPORT.—

"(1) IN GENERAL.—Not later than 1 year after the date on which all members of the Panel are appointed under subsection (b), the Panel shall prepare and submit to the Secretary of Labor, the Secretary of Health and Human Services, the Committee on Health, Education, Labor, and Pensions of the Senate, and the Committee on Education and the Workforce of the House of Representatives a report concerning the utilization of belt air and the composition and fire retardant properties of belt materials in underground coal mining.

"(2) RESPONSE BY SECRETARY.—Not later than 180 days after the receipt of the report under paragraph (1), the Secretary of Labor shall provide a response to the Committee on Health, Education, Labor, and Pensions of the Senate and the Committee on Education and the Workforce of the House of Representatives containing a description of the actions, if any, that the Secretary intends to take based upon the report, including proposing regulatory changes, and the reasons for such actions.

"(e) COMPENSATION.—Members appointed to the Panel, while carrying out the duties of the Panel shall be entitled to receive compensation, per diem in lieu of subsistence, and travel expenses in the

same manner and under the same conditions as that prescribed under section 208(c) of the Public Health Service Act."

SEC. 12. SCHOLARSHIPS.

Title V of the Federal Mine Safety and Health Act of 1977 (30 U.S.C. 951 et seq.), as amended by section 11, is further amended by adding at the end the following:

"SEC. 515. SCHOLARSHIPS.

"(a) **ESTABLISHMENT.**--The Secretary of Education (referred to in this section as the 'Secretary'), in consultation with the Secretary of Labor and the Secretary of Health and Human Services, shall establish a program to provide scholarships to eligible individuals to increase the skilled workforce for both private sector coal mine operators and mine safety inspectors and other regulatory personnel for the Mine Safety and Health Administration.

"(b) **FUNDAMENTAL SKILLS SCHOLARSHIPS.**--

"(1) **IN GENERAL.**--Under the program under subsection (a), the Secretary may award scholarship to fully or partially pay the tuition costs of eligible individuals enrolled in 2-year associate's degree programs at community colleges or other colleges and universities that focus on providing the fundamental skills and training that is of immediate use to a beginning coal miner.

"(2) **SKILLS.**--The skills described in paragraph (1) shall include basic math, basic health and safety, business principles, management and supervisory skills, skills related to electric circuitry, skills related to heavy equipment operations, and skills related to communications.

"(3) **ELIGIBILITY.**--To be eligible to receive a scholarship under this subsection an individual shall--

"(A) have a high school diploma or a GED;

"(B) have at least 2 years experience in full-time employment in mining or mining-related activities;

"(C) submit to the Secretary an application at such time, in such manner, and containing such information; and

"(D) demonstrate an interest in working in the field of mining and performing an internship with the Mine Safety and Health Administration or the National Institute for Occupational Safety and Health Office of Mine Safety.

"(c) **MINE SAFETY INSPECTOR SCHOLARSHIPS.**--

"(1) **IN GENERAL.**--Under the program under subsection (a), the Secretary may award scholarship to fully or partially pay the tuition costs of eligible individuals enrolled in undergraduate bachelor's degree programs at accredited colleges or universities that provide the skills needed to become mine safety inspectors.

"(2) **SKILLS.**--The skills described in paragraph (1) include skills developed through programs leading to a degree in mining engineering, civil engineering, mechanical engineering, electrical engineering, industrial engineering, environmental engineering, industrial hygiene, occupational health and safety, geology, chemistry, or other fields of study related to mine safety and health work.

"(3) **ELIGIBILITY.**--To be eligible to receive a scholarship under this subsection an individual shall--

"(A) have a high school diploma or a GED;

"(B) have at least 5 years experience in full-time employment in mining or mining-related activities;

"(C) submit to the Secretary an application at such time, in such manner, and containing such information; and

"(D) agree to be employed for a period of at least 5 years at the Mine Safety and Health Administration or, to repay, on a pro-rated basis, the funds received under this program, plus interest, at a rate established by the Secretary upon the issuance of the scholarship.

"(d) **ADVANCED RESEARCH SCHOLARSHIPS.**--

"(1) **IN GENERAL.**--Under the program under subsection (a), the Secretary may award scholarships to fully or partially pay the tuition costs of eligible individuals enrolled in undergraduate bachelor's degree, masters degree, and Ph.D. degree programs at accredited colleges or universities that provide the skills needed to augment and advance research in mine safety and to broaden, improve, and expand the universe of candidates for mine safety inspector and other regulatory positions in the Mine Safety and Health Administration.

"(2) **SKILLS.**--The skills described in paragraph (1) include skills developed through programs leading to a degree in mining engineering, civil engineering, mechanical engineering, electrical

engineering, industrial engineering, environmental engineering, industrial hygiene, occupational health and safety, geology, chemistry, or other fields of study related to mine safety and health work.

"(3) **ELIGIBILITY.**--To be eligible to receive a scholarship under this subsection an individual shall--

"(A) have a bachelor's degree or equivalent from an accredited 4-year institution;

"(B) have at least 5 years experience in full-time employment in underground mining or mining-related activities; and

"(C) submit to the Secretary an application at such time, in such manner, and containing such information.

"(e) **AUTHORIZATION OF APPROPRIATIONS.**--There are authorized to be appropriated such sums as may be necessary to carry out this section."

SEC. 13. RESEARCH CONCERNING REFUGE ALTERNATIVES.

(a) **IN GENERAL.**--The National Institute of Occupational Safety and Health shall provide for the conduct of research, including field tests, concerning the utility, practicality, survivability, and cost of various refuge alternatives in an underground coal mine environment, including commercially-available portable refuge chambers.

(b) **REPORT.**--

(1) **IN GENERAL.**--Not later than 18 months after the date of enactment of this Act, the National Institute for Occupational Safety and Health shall prepare and submit to the Secretary of Labor, the Secretary of Health and Human Services, the Committee on Health, Education, Labor, and Pensions of the Senate, and the Committee on Education and the Workforce of the House of Representatives a report concerning the results of the research conducted under subsection (a), including any field tests.

(2) **RESPONSE BY SECRETARY.**--Not later than 180 days after the receipt of the report under paragraph (1), the Secretary of Labor shall provide a response to the Committee on Health, Education, Labor, and Pensions of the Senate and the Committee on Education and the Workforce of the House of Representatives containing a description of the actions, if any, that the Secretary intends to take based upon the report, including proposing regulatory changes, and the reasons for such actions.

SEC. 14. BROOKWOOD-SAGO MINE SAFETY GRANTS.

(a) **IN GENERAL.**--The Secretary of Labor shall establish a program to award competitive grants for education and training, to be known as Brookwood-Sago Mine Safety Grants, to carry out the purposes of this section.

(b) **PURPOSES.**--It is the purpose of this section, to provide for the funding of education and training programs to better identify, avoid, and prevent unsafe working conditions in and around mines.

(c) **ELIGIBILITY.**--To be eligible to receive a grant under this section, an entity shall--

(1) be a public or private nonprofit entity; and

(2) submit to the Secretary of Labor an application at such time, in such manner, and containing such information as the Secretary may require.

(d) **USE OF FUNDS.**--Amounts received under a grant under this section shall be used to establish and implement education and training programs, or to develop training materials for employers and miners, concerning safety and health topics in mines, as determined appropriate by the Mine Safety and Health Administration.

(e) **AWARDING OF GRANTS.**--

(1) **ANNUAL BASIS.**--Grants under this section shall be awarded on an annual basis.

(2) **SPECIAL EMPHASIS.**--In awarding grants under this section, the Secretary of Labor shall give special emphasis to programs and materials that target workers in smaller mines, including training miners and employers about new Mine Safety and Health Administration standards, high risk activities, or hazards identified by such Administration.

(3) **PRIORITY.**--In awarding grants under this section, the Secretary of Labor shall give priority to the funding of pilot and demonstration projects that the Secretary determines will provide opportunities for broad applicability for mine safety.

(f) **EVALUATION.**--The Secretary of Labor shall use not less than 1 percent of the funds made available to carry out this section in a fiscal year to conduct evaluations of the projects funded under grants under this section.

(g) **AUTHORIZATION OF APPROPRIATIONS.**--There are authorized to be appropriated for each fiscal year, such sums as may be necessary to carry out this section.

Approved June 15, 2006.

PL 109-236, 2006 S 2803

Fonte: <http://www.msha.gov/MinerAct/MinerActSingleSource.asp>