



FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE CONSELHEIRO LAFAIETE

Curso: Engenharia de Produção

Ano 2023 - Primeiro Semestre

Redução de retrabalhos na correção de ângulos de taludes na lavra em uma mina a céu aberto.

Isac Lima da Silva – FUPAC - 182-000140@aluno.unipac.br

Jussara Fernandes Leite - FUPAC – jussara.leite@unipa.br

Resumo: Este estudo apresenta, a redução dos retrabalhos nas operações de retaludamento de uma mina do quadrilátero ferrífero. O retaludamento é aplicável para qualquer tipo de rocha ou solo e adaptável a todas as situações de esforços, sendo utilizado em larga escala para contenção de taludes que correm risco de deslizamento. O trabalho tem como objetivo principal, adequar o processo de retirada de minério no sequenciamento da lavra para reduzir o número de horas máquinas com retrabalho em taludes e aumentar a produtividade das máquinas. O trabalho aborda a revisão bibliográfica dos métodos de lavra, o acompanhamento das atividades de acabamento de taludes, a identificação de problemas na execução do ângulo de face, a resolução dos problemas encontrados e o comparativo da execução antes e após a implantação de melhorias com foco na redução do retrabalho. Os principais resultados obtidos no estudo de caso, vão desde a melhoria da segurança operacional e redução do custo. Uma comparação realizada da atividade realizada no mesmo local, em períodos distintos, houve uma redução de 29,05% horas na execução das atividades de retaludamento e resultando um aumento na produtividade das escavadeiras em 20,3% na produtividade global e 25,5% na produtividade efetiva

Palavras chaves: Retrabalho. Taludes. Mina.

1. Introdução

A mineração corresponde à uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios presentes no subsolo. Essa atividade é uma das grandes responsáveis pela atual configuração da sociedade em que vivemos, visto que diversos produtos e recursos utilizados por nós são provenientes dessa atividade.

Trata-se de uma atividade complexa, que envolve não só conhecimentos técnicos, mas também estratégicos, uma vez que se apresenta muito suscetível ao mercado. Segundo Curi (2017), pode-se dizer que as atividades da mineração possuem quatro pilares principais: prospecção, exploração, desenvolvimento e lavra. A depender de alguns fatores, as etapas citadas podem ocorrer concomitantemente. A lavra engloba todo o conjunto de operações unitárias de aproveitamento da jazida.

Os taludes são um dos componentes principais da mineração a céu aberto. A avaliação dos taludes de uma mina é uma das partes mais importantes para o seguro desenvolvimento dela. Ao levar em conta a condição de estabilidade nos taludes, irá fornecer segurança essencial durante toda a vida útil da mina.

Ao realizar a retirada de minério no processo produtivo da mina, que é o sequenciamento da lavra, taludes são formados. Esses devem seguir especificações para aumentar o volume de produção, garantir a segurança operacional e custos adequados a empresa.

Na empresa, onde este estudo foi realizado, foi identificado que ocorria retrabalho de máquinas para adequar os taludes as especificações determinadas pela alta administração. A redução dos retrabalhos, leva em consideração o ganho em redução da exposição em saúde e segurança, meio ambiente, produção, produtividade e custos. O acompanhamento das atividades de acabamento de taludes, visa identificar os problemas na execução do ângulo de face, buscando a resolução dos problemas encontrados e o comparativo da execução e o planejado. Dentro deste contexto, este trabalho tem objetivo adequar o processo de retirada de minério no sequenciamento da lavra para reduzir o número de horas máquinas com retrabalho em taludes e aumentar a produtividade das máquinas.

2. Lavra a céu aberto

A maioria das explorações minerais, são realizadas por métodos de lavra a céu aberto. Elas variam em diversos fatores, como: profundidade, forma, orientação e tamanho. O corpo mineral é sempre minerado de cima para baixo, geralmente por bancadas. O desenvolvimento de uma mina se inicia pelo nível mais alto após a realização do decapeamento, possibilitando o primeiro acesso ao minério. A lavra progride descendentemente, de acordo com o sequenciamento estabelecido até o nível mais profundo.

Maia (1974) apresenta em seus trabalhos que a principal desvantagem da lavra a céu aberto está ligada aos enormes custos geralmente despendidos para a remoção, transporte e disposição de materiais estéreis. Diferentemente do caso subterrâneo, a interferência climática (chuvas, neve, insolação, ventos) limita, por vezes, o período de trabalho na lavra.

Os principais métodos de lavra a céu aberto são:

- Lavra por bancadas (*open pit mining*);
- Lavra em tiras ou fatias (*strip mining e open cast mining*);
- Lavra de pedreiras (*quarry mining ou dimensioned stones mining*).

2.1 Principais Métodos de Lavra a Céu Aberto

Curi (2017) explica que o método de lavra por bancadas é mais usado em minas onde o corpo de minério esteja recoberto por um capeamento espesso. As bancadas são desenvolvidas consecutivamente, de cima para baixo, até se atingirem os limites finais dos corpos mineralizados mais profundos. O minério é recuperado e o estéril é removido e disposto em pilhas nas imediações da cava. Quando possível, o estéril poderá ser depositado na própria cava, facilitando a recuperação ambiental da área. A lavra por bancadas é utilizada principalmente em depósitos de minérios metálicos.

Na figura 1, é apresentado o método de lavra por bancadas, sendo o mais utilizado em mineração a céu aberto e o tipo de lavra utilizado no trabalho apresentado.

Figura 1 – Lavra de minério de ferro pelo método de bancadas em encosta.



Fonte: Acervo do autor

O método de lavra em tiras, conforme Curi (2017), é mais aplicado em depósitos tabulares ou com camadas horizontais com pouca espessura de capeamento. Como característica, propicia grande escala de produção, proporcionando até menor custo operacional e maior produtividade do que a lavra por bancadas em certas circunstâncias

A lavra em pedreiras são comumente utilizadas para minerais e rochas na construção civil, sendo o método mais conhecido pela população de uma forma geral, sendo recentemente pouco profundas (CURI, 2017).

2.2 Características dos Taludes

Gerscovich (2016) informa que talude é a denominação que se dá a qualquer superfície inclinada de um maciço de solo ou rocha. Ele pode ser natural, também denominado encosta, ou construído pelo homem, como, por exemplo, os aterros e cortes.

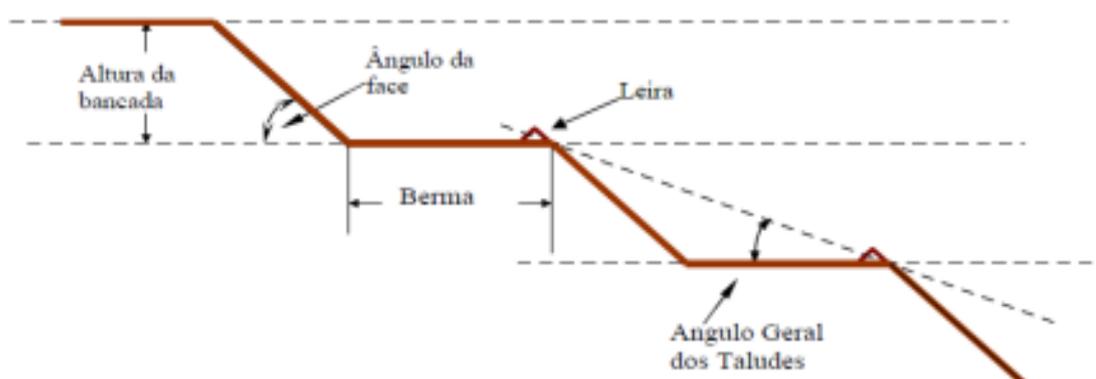
Passos (2002) afirma que talude pode ser definido como uma superfície de solo exposta que forma um ângulo com a superfície horizontal. Podem ser classificados como artificial ou natural. Já os taludes artificiais são os declives de aterros diversos construídos pelo homem, onde as ações humanas alteram as paisagens, modificando a vegetação e alterando topografias.

A utilização de taludes é bem frequente em obras de engenharia e em atividades minerárias. Constitui um plano de terreno inclinado que limita um aterro de terra e tem como função garantir a estabilidade do terreno. Pode ser resultado de uma escavação ou de origem natural. Em obras de extração mineral, a utilização é comum em cavas e pilhas de estéril. Possui grande desafio nessa área, pois são inseridos em grandes profundidades e cada vez em limites mais extremos. Com isso, a adoção de métodos de escavação seguros e econômicos são de suma

importância uma vez que eventual instabilidade dos taludes pode gerar perdas humanas e comprometer obras (REIS, 2010).

A Figura 2 apresenta um esquema com as características de uma talude.

Figura 2 – Especificações de Talude de Mina.



Fonte: Teixeira, Nader e Lage (2011)

2.2.1 Projeto do Ângulo do Talude

Os parâmetros da mina correspondem ao ângulo geral e individual de talude, altura do banco, largura da berma e critérios para construção de estradas. Esses parâmetros possuem relação direta com os volumes de minérios e estéréis a serem movimentados. Sendo assim o começo da lavra de mina, necessita-se empregar uma abertura por meio de escavações para remoção de matéria orgânica (decapeamento) para exposição do minério. Com isso, pode-se criar situações de fragilidade se não for seguido parâmetros específicos de sustentação (COSTA, 1979).

Conforme Vieira (2013), as instabilidades descontroladas são causadas pela falha no projeto/execução do ângulo de talude e pode ter muitos desdobramentos, incluindo, segurança, fatores sociais e fatores econômicos.

2.2.2 Segurança e fatores sociais

O talude de corte, como representado na Figura 2, compreende qualquer superfície inclinada que limita um maciço de terra, de rocha ou ambos. Os ângulos de inclinação são limitadores na sua operação, quaisquer alterações neles podem gerar uma instabilidade e causar ruptura/acidente ou alterar benefícios econômicos.

Oliveira (2005) relata que os riscos geotécnicos estão diretamente relacionados aos movimentos de massas (relacionados a processos de intemperismo, quedas e escorregamentos) e erosões (consiste de um processo natural de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, sendo os agentes principais a água e vento), devido a processos geológicos, induzidos ou não. A combinação entre a possibilidade de ocorrência de acidentes está ligada a falhas na estabilidade dos taludes devido a corrosão, danos por ação de terceiros, projeto e operações incorretas. Condições operacionais seguras que protejam contra

risco de morte ou lesões em trabalhadores de minas a céu aberto são requisitos de ordem moral, ética e legal. Minas a céu aberto estão propensas à instabilidade prevista do talude.

Conforme Curi (2014), a execução de atividades na mineração a céu aberto pode criar condições de instabilidade, portanto, devem ser utilizadas as melhores técnicas para a manutenção da estabilidade geomecânica do maciço rochoso da mina. A Geotecnia define e quantifica os parâmetros geomecânicos intervenientes.

2.2.3 Fatores econômicos

A estabilidade de taludes é um assunto que precisa de muitos estudos, pois as condições de estabilidades são distintas para os diversos materiais que compõem o solo e rocha, que vão variar de acordo com a região e a instabilidade dos mesmos podem envolver perdas econômicas ou até mesmo de vidas humanas (PINTO, JÚNIOR E GATTS, 2001). O principal objetivo das operações a céu aberto é atingir o ângulo máximo de talude geral adequado ao nível aceitável de estabilidade. As inclinações têm grande impacto no retorno da operação, podendo aumentar a recuperação do minério e/ou reduzir o estéril.

As análises de estabilidades em taludes, segundo Reis (2010), devem possuir uma abrangência geotécnica da descrição das rochas e solos bem fundamentados tecnicamente e um conhecimento claro dos mecanismos de ruptura com potencial de causar acidentes. Além disto, taludes em atividades minerárias tem com especificidade uma estabilidade diferente dos demais taludes operados em outros tipos de obras de engenharia ou encostas diversas, devido à dinâmica de escavação, significativa movimentação de material depositado, elevadas alturas, extensão, vibrações causadas por desmonte com explosivos na área do talude, dentre outras características. (OLIVEIRA; BRITO, 1998)

Monma (2009) ressalta que, a alta competitividade entre os produtores de minério no mercado, leva a melhorias no processo produtivo (como reduções de custos, aumento da produção, melhorias na qualidade e priorização da segurança), dentro de uma nova abordagem, em respeito à crescente valorização mundial da proteção ambiental. Neste contexto, uma redução no consumo de combustíveis fósseis (a exemplo do diesel), mantendo-se ou elevando-se a produção, gera não apenas ganhos financeiros para a empresa (com a redução de custos), mas também ambientais, na medida em que se reduzem as emissões de resíduos e gases poluentes (provenientes da queima do combustível).

2.2.4 Ângulo de face de bancada

O ângulo de talude entre bermas é definido como o ângulo que a face do banco faz com um plano horizontal. O ângulo do talude da bancada pode ser definido como aquele formado entre uma linha imaginária, de menor comprimento, que ligue o pé e a crista da bancada, e uma linha horizontal que intercepte. A definição do ângulo de face das bancadas depende da altura dos bancos e do tipo de material constituinte do maciço rochoso (CURI, 2014).

De acordo com Kennedy (1990), a altura do banco é a distância vertical entre níveis horizontais da cava, como pode ser observado na Figura 2. Cada banco é delimitado por uma feição superior, chamada crista, e por uma feição inferior, o pé da bancada.

Crista e pé são separados por uma altura H igual a altura da bancada. A face subvertical exposta é chamada face da bancada. A altura dos bancos não precisa ser a mesma, podendo ter alturas diferentes para estéril e minério. A altura vai depender das características físicas do depósito, do grau de seletividade, do tamanho do equipamento de carregamento e da taxa de produção, sendo que ainda é preciso levar em consideração as condições climáticas.

2.2.5 Ângulo geral de talude na lavra de minas

O ângulo geral de talude afeta o tamanho e a forma da cava. Este determina o montante de estéril que deve ser removido para a exposição do minério. Por sua vez o talude possui bermas, que possibilitam a construção de estradas para caminhões. Quanto maior a adição de estradas, maior a tonelagem de material a ser removido, causando maior tamanho da cava para um mesmo volume de minério. O ângulo geral de talude da cava operacionalizada depende da largura da berma, do ângulo individual de talude, da geologia estrutural, da presença de água e o posicionamento das estradas (KENNEDY, 2009).

De acordo com Costa (1979), a escavação de poucos metros de profundidade causa instabilidade no volume rochoso, pela exposição da face de corte a atividades de intempéries. Ao se empregar um corte adequado, é possível manter a estabilidade da região removida. Dependendo do porte da mineração as aberturas podem alcançar centenas de metros, aumentando assim a instabilidade e necessitando empregar cuidados para a resolução da insegurança criada com a escavação.

2.2.6 Retaludamento

Esse método consiste em alterar o talude original por meio de cortes ou aterros de modo a estabilizar o mesmo, mudando suas características físicas como a sua inclinação, sendo então aplicada uma inclinação mais suave. (GERSCOVICH, 2009). É uma atividade muito utilizada em minas a céu aberto devido a sua simplicidade de execução e eficácia para estabilização de taludes. Podem ser utilizados tratores de esteira e escavadeiras hidráulicas para a sua execução.

Para que possa haver um aumento na estabilidade através desse método, são feitas alterações na geometria do talude, aliviando o peso junto à crista e acrescentando junto ao pé do talude. Dessa forma, um corte feito próximo à crista do talude diminui a parcela do momento atuante e a colocação de uma sobrecarga no pé do talude tem um efeito estabilizante (MASSAD, 2003).

Figura 3 – Atividade de retaludamento



Fonte: Acervo do autor

2.2.7 Tipo de equipamento utilizado na execução da atividade de retaludamento – A escavadeira hidráulica

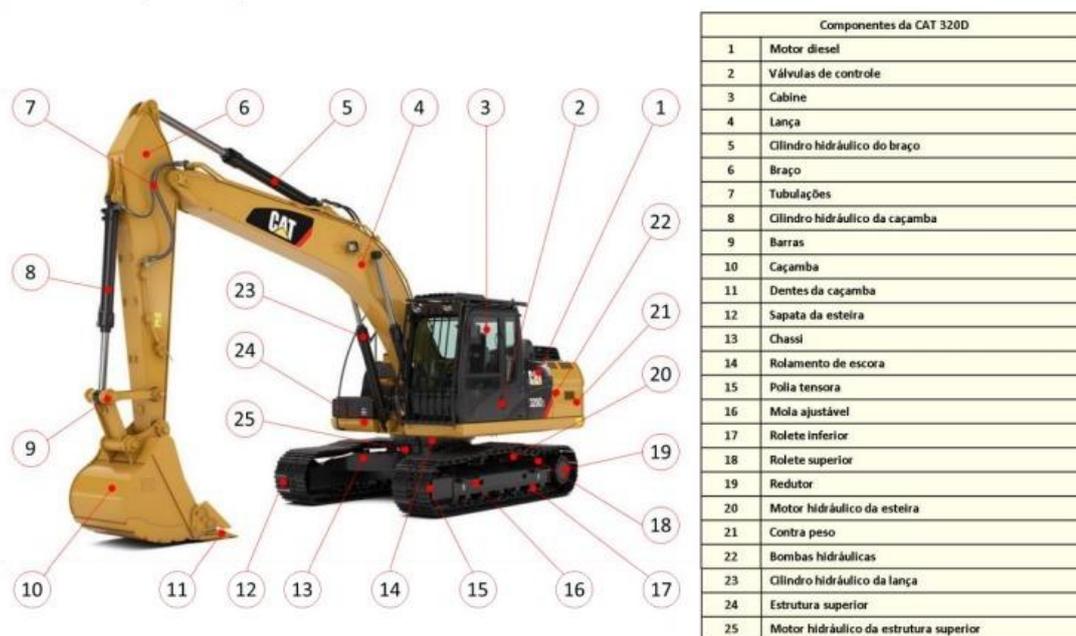
Escavadeiras hidráulicas são os equipamentos de terraplanagem mais utilizados na construção civil e mineração, e continuarão a desempenhar um papel importante nos próximos anos (XU; YOON, 2016). Isto se deve à capacidade de trabalho, versatilidade e adequação, do equipamento, aos vários tipos de tarefas exigidas na indústria em geral (HAGA; HIROSHI; FUJISHIMA, 2001; SHI; WANG; LEVER, 1996).

Oliveira et. al, (2018) esclarecem que existem vários tipos de implementos e eles podem ser anexados ao manipulador, dependendo do tipo de operação que se deseja realizar. Geralmente, as escavadeiras hidráulicas são propelidas por um motor diesel, no entanto, já existem sistemas híbridos em diversas dessas máquinas. O motor é responsável por acionar uma ou mais bombas hidráulicas, que fornecem óleo, a alta pressão, para o sistema hidráulico que aciona as diferentes funções de trabalho do equipamento. Os elos do manipulados são atuados por cilindros hidráulicos, enquanto o sistema de propulsão e o movimento de giro da plataforma superior são acionados por motores hidráulicos.

Geralmente, conforme Oliveira et. al, (2018), as escavadeiras hidráulicas são propelidas por um motor diesel, no entanto, já existem sistemas híbridos em diversas dessas máquinas. O motor é responsável por acionar uma ou mais bombas hidráulicas, que fornecem óleo, a alta pressão, para o sistema hidráulico que aciona as diferentes funções de trabalho do equipamento. Os elos do manipulados são atuados por cilindros hidráulicos, enquanto o sistema de propulsão e o movimento de giro da plataforma superior são acionados por motores hidráulicos Na Figura 4,

pode-se observar os principais componentes de uma escavadeira hidráulica da marca Caterpillar.

Figura 4 – Principais componentes de uma escavadeira hidráulica



Fonte: Caterpillar (2017)

2.3 O Método PDCA

Falconi (2014) explica que o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action) é uma metodologia para solução de problemas baseada na melhoria contínua, possibilitando que as diretrizes traçadas pelo planejamento estratégico sejam viabilizadas na empresa, sendo de extrema importância o alinhamento de todos os colaboradores da organização com o método. Esse ciclo é ininterrupto e visa a melhoria contínua, pois, usando o que foi aprendido em uma aplicação do ciclo PDCA, pode-se começar outro ciclo, em uma tentativa mais complexa e, assim, sucessivamente. Com isso, o último ponto sobre o ciclo PDCA se torna o mais importante, em que o ciclo assumirá um novo começo.

Para obter a melhoria contínua, segundo Rother (2010), o PDCA precisa ser usado de forma iterativa quanto às suas quatro etapas, que consistem em: plan, do check, action.

Andrade (2003) complementa as ideias de Rother (2010) ao explicar que a etapa do plan (planejar) os gestores buscam definir uma experiência e uma hipótese sobre os resultados (saída esperada), estabelecendo metas para controle de itens e o caminho a ser seguido para alcançar os objetivos propostos. Essa etapa é considerada a mais importante, já que é nesta que todo o processo se inicia, devendo ser destacado que a eficácia futura do ciclo se baseia em um planejamento cuidadoso, detalhado, bem preparado e capaz de fornecer dados e informações para todas as outras etapas seguintes.

Sobre o do (executar), Andrade (2003) informa que é a etapa do implementar o plano, ou seja, realizar a experiência e coletar todos os dados necessários.

Na mesma linha de pensamento Prashar (2017) informa que a etapa Check (controlar), os gestores buscam estudar os resultados, ou seja, analisar e discutir os dados e observações (falsificar ou verificar hipóteses). Essa etapa é baseada nos resultados das ações anteriores do plano da etapa (P). Portanto, todas as ações devem ser monitoradas e formalizadas adequadamente na etapa "Do", a fim de realizar a verificação de forma mais eficiente possível.

Action, que significa agir, Prashar (2017) advoga que é a etapa de refletir sobre o que foi aprendido, testando a hipótese e solicitando ações alinhadas com resultados de aprendizagem. Essa etapa é caracterizada pela padronização das ações executadas, objetivando a melhoria contínua.

3. Metodologia

Esta pesquisa é um estudo de caso, realizada em uma empresa mineradora de minério de ferro situada na região do Alto Paraopeba em Minas Gerais no período de agosto de 2022 a junho de 2023. Ela tem como objetivo adequar o processo de retirada de minério no sequenciamento da lavra para reduzir o número de horas máquinas com retrabalho em taludes e aumentar a produtividade das máquinas.

Para seu desenvolvimento, foi necessário realizar um estudo bibliográfico, descritivo, explicativo, exploratório, documental e aplicado.

O estudo bibliográfico, descritivo e exploratório foi desenvolvido sobre o tema da pesquisa com o propósito dos autores compreendê-lo e familiarizá-lo. Esse abordou lavra a céu aberto, as especificações de taludes e o marco teórico que é o método PDCA. Esse estudo foi baseado em artigos científicos e livros; e constitui o capítulo dois.

No desenvolvimento da pesquisa, foi aplicada a metodologia do PDCA. Nesse processo, foi identificado o problema e ferramentas de qualidade foram utilizadas para seu tratamento. Nessa etapa a pesquisa é caracterizada como descritiva, explicativa, exploratória, documental e aplicada; e é apresentada no capítulo 4.

Os dados possuem natureza qualitativa e quantitativa. Foram obtidos por meio de observação e documentos da empresa. Eles foram tratados por meio de estatística descritiva e análise de conteúdo.

4. Apresentação dos Dados e Resultados

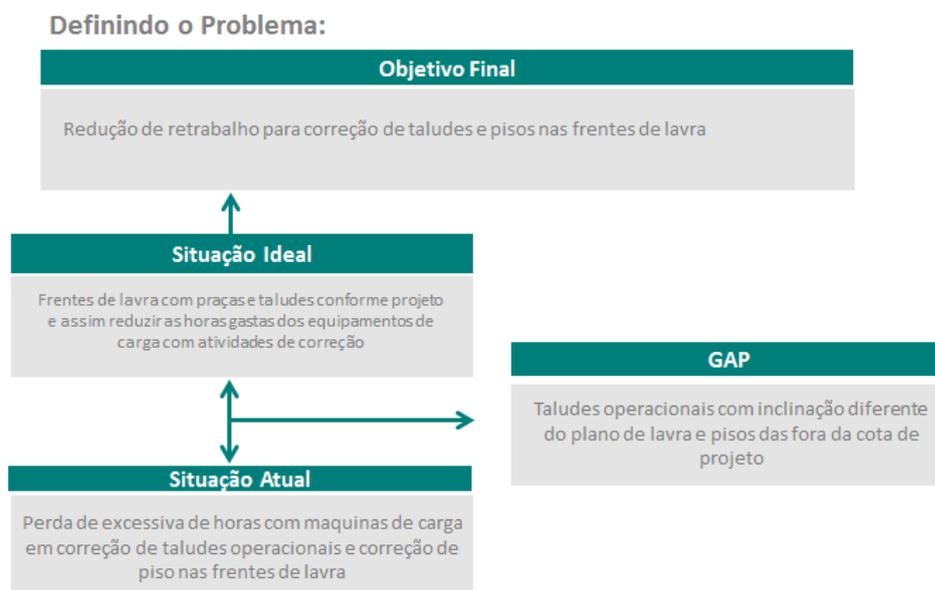
Conforme dito, a metodologia utilizada para resolução de problema foi o PDCA e as ferramentas da qualidade que o integra. Desta forma, a seguir é apresentada a etapa de Planejamento.

4.1 Planejamento

Inicialmente, foi identificado o problema que é o retrabalho para correção de taludes nas frentes de lavras. Isso foi observado nos relatórios do processo produtivo de retirada de minério, que mostrou uma baixa aderência em relação ao volume de produção planejado.

Em sequência, reuniões foram realizadas com a equipe de execução e **planejamento** para discutir o problema e identificadas soluções. Nessas reuniões, os objetivos foram traçados e tratados, conforme pode ser verificado na Figura 5.

Figura 5 – Planejar - Definir o problema



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Observa-se, assim, que o objetivo é a redução de trabalho para correção de taludes na frente de lavra. A situação que foi identificada é a perda de excessivas horas com máquinas de carga em correção de taludes operacionais nas frentes de lavra. A situação que os gestores e supervisores consideram ideal é frentes de lavra com taludes conforme projeto e assim reduzir as horas gastas dos equipamentos de carga com a atividade de correção. Nesse sentido, observa-se uma lacuna que é taludes operacionais com inclinação diferentes do plano de lavra. A Figura 6 ilustra a razão de escolha da correção de taludes

Figura 6 – Planejar: Razão da escolha



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

No que diz respeito a saúde e segurança, foi levantada situações que podem levar com que a mina venha gerar problemas como, instabilidade de taludes e condições de risco para ativos e pessoas. Em relação ao meio ambiente, há o risco de erosões na face dos taludes. No que tange a produção, pode haver baixa aderência ao plano de lavra, baixa produtividade dos equipamentos de carga e baixo rendimento dos equipamentos de transporte. E por fim, os gastos excessivos com combustíveis e horas de máquinas.

4.1.1 Plano de Ação

A partir dos dados apresentados no planejamento, foram desenvolvidas algumas ferramentas com intuito de reduzir o retrabalho durante a lavra do minério. Estas ferramentas são:

4.1.1.1 Check-list

Foi criado um formulário no Google Forms, conforme pode ser observado nas Figuras 7 e 8, no padrão de check-list das frentes de lavra, para que seja realizado pelos técnicos do turno, com itens de verificação e evidências sobre a execução dos trabalhos.

Figura 7 – Folha de verificação: Parte 1

16:23

< Checklist de Frente de... Salvar

Data

Responsável pelo preenchimento

Turno

06:00 as 18:00

18:00 as 06:00

Turma

Turma A

Turma B

Turma C

Turma D

Frente de Lavra

Equipamento

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Figura 8 – Folha de verificação: Parte 2

< Checklist de Frente de... Salvar

Taludes

1) O ângulo do talude está conforme estipulado pelo planejamento?
Sim
Não
N/A

Evidência do inclinômetro no talude?

3) É necessário ajuste de inclinação de talude?
Sim
Não
N/A

Observações

4) Existem marcações na crista do talude?
Sim
Não
N/A

Enviar Form

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

4.2 Implantação do inclinômetro digital

O inclinômetro digital é a ferramenta que foi utilizada pelos técnicos e operadores para conferência do ângulo de face de talude executado conforme o andamento da lavra. Ela pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 – Inclinômetro digital



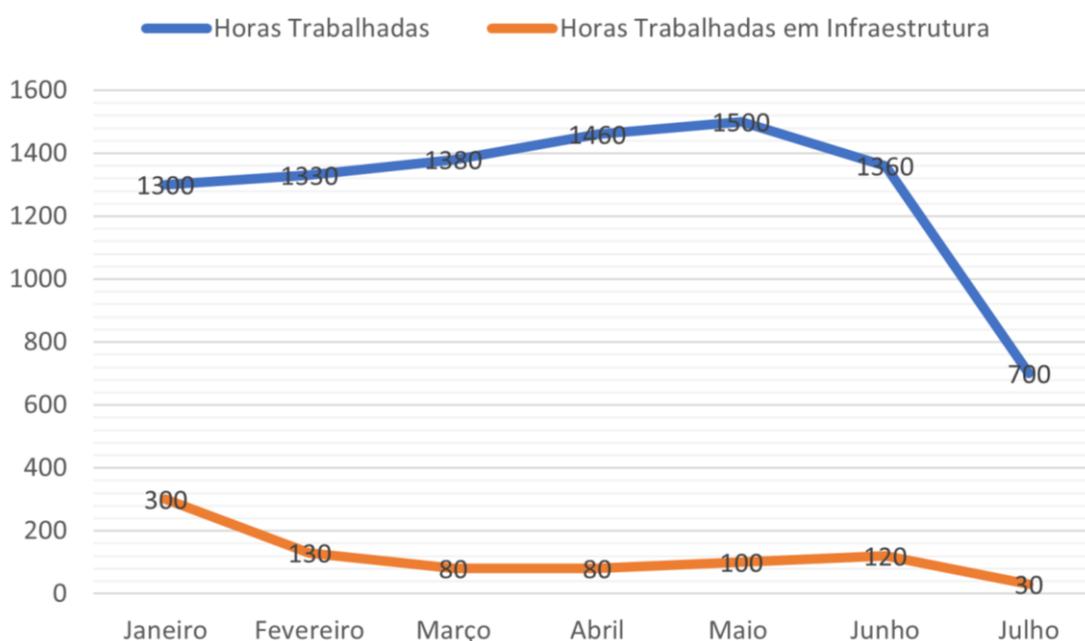
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

4.3 Dados de Produtividade

Por meio do check-list, verificou-se a existência de gargalos na execução da atividade, onde criou-se maior foco no acompanhamento da atividade de extração do minério.

Num dado período de 2021, foi verificado que uma empresa sofria com a improdutividade causada pelas perdas no retrabalho. O Gráfico 1 apresenta os valores de horas trabalhadas (HT) e as horas de infraestrutura (HTI) das escavadeiras do período de janeiro a julho de 2021.

Gráfico 1 – HT x HTI – Escavadeiras (2021)

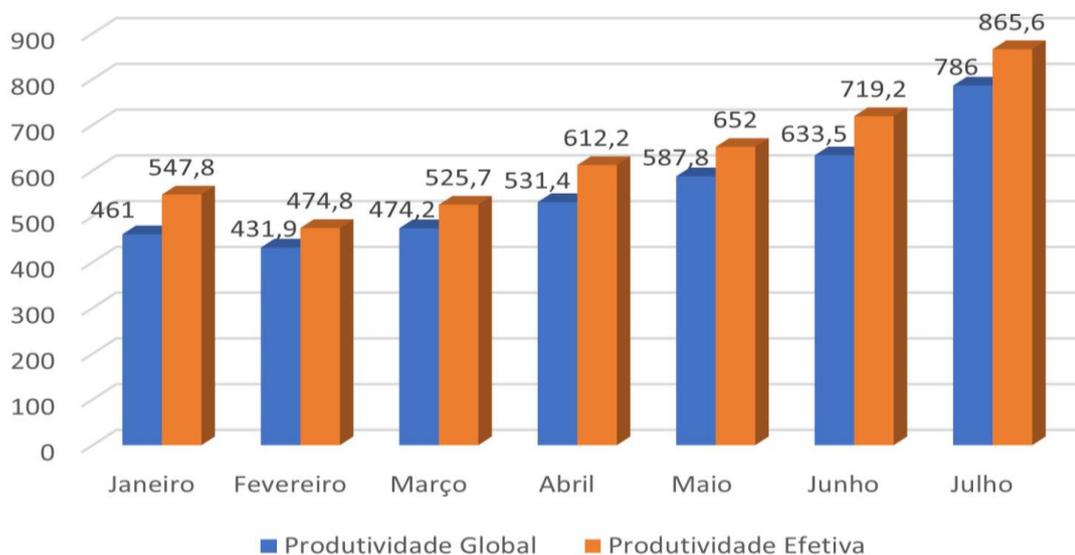


Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Na Gráfico 1, podem ser verificadas as horas trabalhadas (HT) e as horas trabalhadas de infraestrutura (HTI), sendo essa última denominada improdutiva. Verifica-se que em janeiro, há um total de 1300 horas trabalhadas das quais 300 horas são utilizadas em infraestrutura (retaludamento), equivalendo a aproximadamente 23,1 % do trabalho total. Seguindo os próximos meses, acompanhando essa postura, tivemos: Fevereiro – ~9,8%, Março - ~5,8%, Abril - ~5,5 %, Maio - ~6,7%, Junho - ~8,8%, Julho - ~4,3%.

A produtividade, nesse período, é mostrada no Gráfico 2, sendo demonstrada a diferença entre as produtividades global e efetiva. A produtividade está ligada às HT (horas trabalhadas) e às HTI (horas trabalhadas infraestrutura). A produtividade global é dada em toneladas/hora e toma como parâmetro a quantidade total de horas trabalhadas, enquanto que a produtividade efetiva (também dada em toneladas/hora) exclui as horas trabalhadas em infraestrutura (retaludamento), levando em consideração apenas as horas que, de fato, a máquina está produzindo. Neste período as escavadeiras praticavam um elevado índice de horas trabalhadas improdutivas, que como consequência diminuía as produtividades globais e efetivas.

Gráfico 2 – Produtividade Global x Efetiva - Escavadeiras (2021)



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Conforme apresenta o Gráfico 2, em janeiro, verifica-se uma produtividade global de 461 toneladas/hora, considerando um total de 1300 horas trabalhadas e 547,8 toneladas/hora de produtividade efetiva num total de 1000 horas trabalhadas, uma vez que tivemos 300 horas improdutivas (retaludamento).

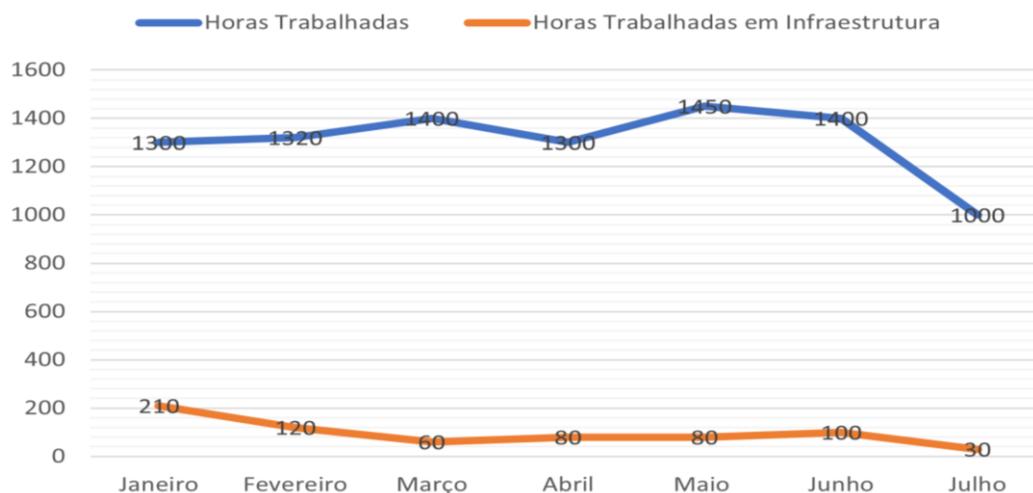
4.4. Dados obtidos – Inclinômetro digital

Com a utilização dos aparelhos, conseguimos ter um melhor acompanhamento real do ângulo de face executado, sendo corrigido durante a lavra.

4.4.1 Dados obtidos – Horas de máquinas em atividades de retaludamento

O Gráfico 3, a seguir, apresenta o comparativo com os valores medidos em 2021, a empresa conseguiu reduzir horas trabalhadas em infraestrutura para ano de 2022.

Gráfico 3 – HT x HTI – Escavadeiras (2022)



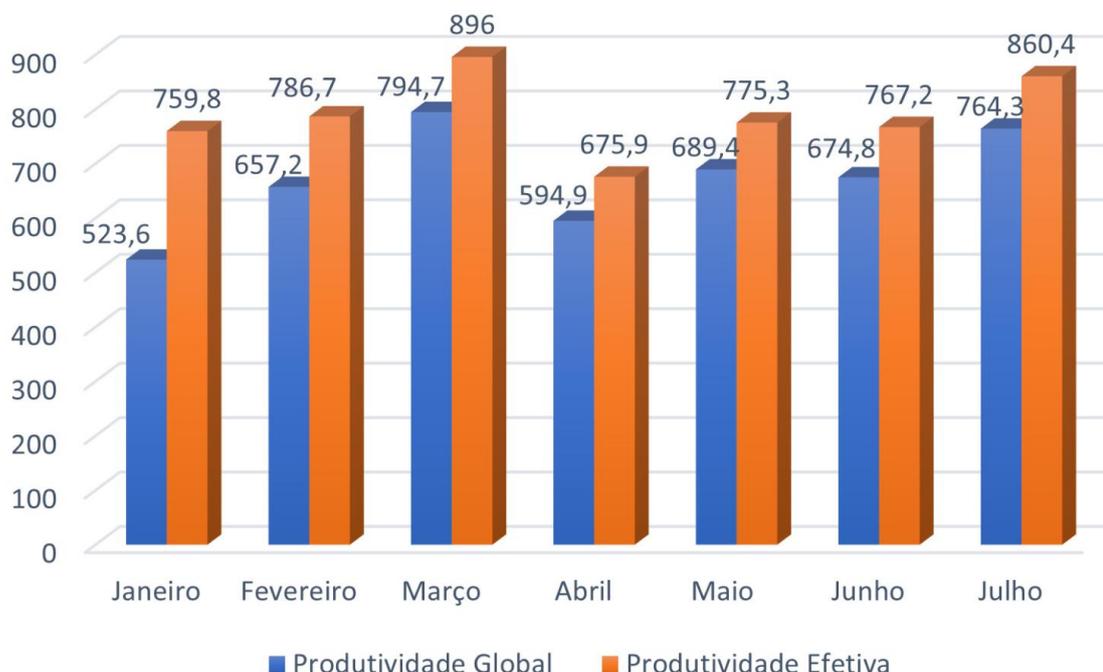
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Por meio do Gráfico 3, observa-se que em janeiro ocorreu um total de 1300 horas trabalhadas das quais 210 horas são utilizadas em infraestrutura (retaludamento), equivalendo a aproximadamente ~16,1 % do trabalho total. Seguindo os próximos meses, acompanhando essa postura, tivemos: Fevereiro – ~9,1%, Março - ~4,3%, Abril - ~6,1 %, Maio - ~5,5%, Junho - ~7,1%, Julho - ~3%. Desta forma, conclui-se que, neste período em relação a 2021, obteve-se uma queda das horas trabalhadas improdutivoas.

4.4.2 Dados obtidos – Produtividade Global x Efetiva

Em sequência foram levantados os dados de produtividade global e efetiva, esses podem ser observados no Gráfico 4, que apresenta o comparativo com os valores medidos em 2021, a empresa conseguiu aumentar a produtividade global e efetiva para o ano de 2022.

Gráfico 4 – Produtividade Global x Efetiva (2022)



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Observa-se no gráfico 4, que no ano de 2022, em relação ao mesmo período em 2021, houve um ganho percentual de 20,3 % na produtividade global e 25,5% na produtividade efetiva.

5. Considerações Finais

Este estudo desenvolvido para aumentar a produtividade das escavadeiras e diminuir os retrabalhos na execução dos angulos operacionais das faces dos taludes da mina, foi realizado com foco na área de lavra mineral sob a perspectiva de estudos sobre as causas e dificuldade levantadas em campo que impactam negativamente no sequenciamento da lavra da mina. Com acompanhamento diário, foram identificados desvios, sendo como principal o volume de material

remanescente nos taludes da mina. Com isso se comprova que a principal causa dos desvios estão ligados a mão de obra. Houve a implementação de planos de ações para que pudessem reduzir os impactos negativos durante os trabalhos de lavra e ângulos de face dos taludes da mina.

Portanto, após a implementação de ações para minimizarem os problemas, foi realizado um comparativo da execução dos trabalhos antes e após as mudanças realizadas. Houve uma redução de 29,05% nas horas trabalhadas improdutivas. O comparativo resultou em um aumento de produtividade das escavadeiras em 20,3% na produtividade global e 25,5% na produtividade efetiva. A atuação imediata nos desvios identificados teve grande importância para a redução das perdas, visto que implica um significativo impacto no custo final de produção devido a atividade ser realizada diariamente, gerando um grande resultado na redução dos retrabalhos. O acompanhamento realizado até o momento, aponta resultados bastante satisfatórios, mas, ainda se faz necessário a realização de novos comparativos comprobatórios de tal ganho.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, F. F. O método de melhorias PDCA. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2003.

CURI, Adilson. Lavra de minas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, pag. 19).

FALCONI, V. TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês). 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda. 256 p, 2014.

GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de Taludes. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

KENNEDY B. A., Surface Mining. Littleton, Society of Mining, Metallurgy and Exploration (SME), 1990. 1206 p.

PRASHAR, A. Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. Journal Of Cleaner Production, v. 145, p.277-293, 2017.

ROTHER, M. Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results. New York: McGraw Hill. 2010.

TEIXEIRA, I.R.; NADER, P.A.; LAGE, R.A.F; Capanema Y.M.V. Planejamento de mina a céu aberto, otimização, operacionalização, dimensionamento e análise econômica prévia. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016, 41 p

VIEIRA, João Carlos. Determinação e quantificação dos elementos de relevância em infraestrutura de mina. Dissertação de Mestrado. PPGE/UFRGS, Paraubepas, 2013.