

OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO: BRITAGEM DE ROCHA CALCÁRIA

Mikaella Panucce Soares de Almeida Faria, Mineração Pirineus,
engdeminas3@grupopirineus.com.br

Rita de Cássia Pedrosa Santos, Universidade Federal de Catalão, rita.pedrosa@ufcat.edu.br

Marcos Vinicius Agapito Mendes, Universidade Federal de Catalão,
marcos.vinicius@ufcat.edu.br

Resumo: As indústrias modernas buscam constantemente a otimização de seus processos, visando principalmente a redução de custos e aumento de produtividade. Existem diversas ferramentas que podem auxiliar, como é o caso do Lean Six Sigma (LSS), que tem foco na redução de desperdícios e diminuição ou erradicação de variabilidades do processo. Neste contexto, este estudo tem como objetivo principal otimizar o processo de britagem de rocha calcária de um empreendimento mineiro utilizando a ferramenta Lean Six Sigma (LSS). A metodologia baseou-se em empregar a ferramenta LSS em conjunto com o Ciclo PDCA, Brainstorm, Diagrama de Ishikawa, Plano de Ação e Cartas de Controle. O primeiro passo consistiu em identificar os problemas que geravam eventos de parada no britador, pontuar suas causas raízes e elaborar um plano de ação. Após a execução deste último, utilizou-se as cartas de controle para comparar os resultados dos indicadores OEE e Produtividade do britador antes e após a execução do plano de ação estabelecido. Os resultados comparativos apresentam tendência de aumento dos indicadores mencionados, mais especificamente de 14,16% para OEE e 20,60% para Produtividade. Deste modo, é possível concluir que a aplicação da ferramenta Lean Six Sigma (LSS) é eficiente no auxílio a otimização de processos produtivos.

Palavras-chave: Lean Six Sigma, Ciclo PDCA, Cartas de Controle, Otimização, Britador.

1. INTRODUÇÃO

A mineração é um setor da indústria brasileira que produz grandes quantidades de bens minerais e contribui significativamente com o saldo da balança comercial. Os últimos anos foram marcados por inúmeras oportunidades no setor e aumento da competitividade entre os empreendimentos mineiros (IBRAM, 2020).

Deste modo, a otimização dos processos pode garantir redução de custos e aumento de produtividade, permitindo a manutenção dos empreendimentos no mercado extremamente acirrado. Portanto, mensurar a produtividade permite avaliar o desempenho dos processos e otimiza-los, levando em conta fatores econômicos e financeiros dentro de um empreendimento (KING, 2014).

Neste contexto, a busca por melhorias no processo em conjunto com um bom planejamento e controle da manutenção dos equipamentos são fundamentais para garantir uma produção contínua e padronizada. Logo, é imprescindível no cenário empresarial a busca pela qualidade e melhoria dos processos (PALADINI, 2006).

Existem diversas ferramentas que podem auxiliar os empreendimentos na otimização dos processos. Entre elas, pode-se destacar o *Lean Six Sigma* (LSS), que consiste basicamente em aplicar ferramentas da qualidade voltadas para redução de desperdícios e variabilidade do processo. É utilizada em conjunto com outras ferramentas da qualidade em busca de melhorias através de análises estatísticas visando avaliar o processo (MONTGOMERY, 2012), culminando em produtos e serviços com menor probabilidade de erro (ALVAREZ, 2001).

Basicamente o *Lean Six Sigma* (LSS) é uma junção das metodologias e ferramentas *Lean*, que visam identificar e remover desperdícios aumentando a velocidade do processo, com *Six Sigma*, que identificam e reduzem as variações dos processos. O LSS está pautado em ferramentas e técnicas como Gráficos de controle de Processo Estatístico, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, Ciclo PDCA, 5s, entre outras (ALVAREZ, 2001).

No Brasil a aplicação do LSS vem se consolidando nos últimos anos. De acordo com Seleme (2016) entre 2007 e 2016 foram 197 trabalhos (artigos) publicados no país relacionados ao tema, o que deixa claro a preocupação do setor acadêmico e industrial na busca por melhorias nos processos.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo otimizar o processo de britagem de rocha calcária de um empreendimento mineiro utilizando a ferramenta *Lean Six Sigma* (LSS).

2. METODOLOGIA

O britador de rocha calcária, foco deste estudo, possuía problemas que impediam uma produção constante, sem desperdícios ou variações no processo. Tais impedimentos afetavam as etapas subsequentes e, portanto, optou-se por concentrar os esforços na solução dos problemas utilizando a metodologia *Lean Six Sigma* (LSS).

Primeiramente utilizou-se do ciclo PDCA para estruturar o projeto. Na etapa *Plan* os possíveis problemas que causavam eventos de paradas e impactavam a produção do britador foram levantadas através da consulta aos relatórios do sistema de controle do empreendimento. Os resultados das consultas aos meses de maio, junho e julho de 2020, em conjunto com *brainstorming* realizado com a equipe técnica e gestores do empreendimento permitiram elaborar o Diagrama de *Ishikawa* do processo, apontando as principais causas dos problemas.

Na sequência, um plano de ação foi elaborado e colocado em execução na etapa *Do*, com um prazo estipulado de 3 meses para concretização. Para monitoramento da eficácia das ações, cartas de controle do processo foram geradas para analisar os reflexos no processo de britagem de rocha calcária.

Na etapa *Check* (verificação), os dados coletados nos meses de maio, junho e julho de 2020 foram comparados com as informações do britador nos meses de setembro, outubro e novembro de 2020, período em que o plano de ação foi executado. Por fim, a etapa *Action* culminou com a padronização do processo de britagem de acordo com as melhorias apresentadas na etapa anterior, sendo posteriormente registradas como normativas internas de processo no empreendimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As consultas aos relatórios do sistema de controle do empreendimento permitiram definir os principais eventos que causavam paradas no britador de mandíbulas, os quais são apresentados no quadro da Fig. (1). Estes problemas impactam as horas de produção efetiva do equipamento e acarretam diminuição dos ganhos ou prejuízos ao empreendimento mineiro.

-
- Engaiolamento
 - Tempo de ciclo
 - Manutenção da mesa vibratória
 - Habilidade do operador
 - Desperdício de material
 - Disponibilidade de caminhão
 - Parada para almoço
 - Manutenção do britador
 - Estrutura da britagem sucateada
-

Figura 1: Quadro dos principais eventos que causam paradas na produção do britador (Fonte: Dados da pesquisa).

A definição dos eventos que paravam o britador permitiu identificar as causas raízes dos problemas e elaborar o Diagrama de Ishikawa apresentado na Fig. (2). Deste modo, foi possível relacionar as causas aos eventos de parada de forma clara através de categorias, permitindo rastrear a natureza dos problemas encontrados.

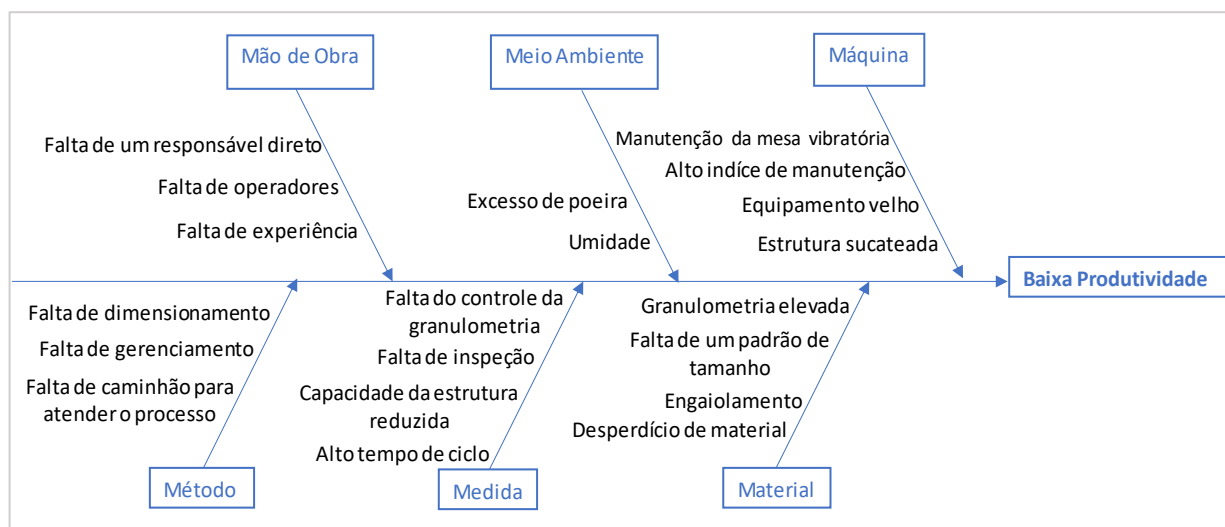


Figura 2: Diagrama de Ishikawa apontando as principais causas dos problemas que geram eventos de parada do britador (Fonte: Dados da pesquisa).

A Figura (3) apresenta um quadro com o plano de ação elaborado para sanar os problemas que causavam eventos de parada do britador. A divisão em três fatores com ações relacionadas a cada um possibilitou um melhor gerenciamento da solução dos problemas e conferiu agilidade ao plano de ação.

Fatores	Ação
Pequenos Reparos	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar a capacidade operacional da caixa de pedra - Consertar das tampas das correias transportadoras - Verificar a APF do britador - Cortar pedaço da chapa da mesa vibratória que atrapalha o operador - Troca da chapa do fundo da mesa vibratória - Refazer soldas trincadas da mesa vibratória - Refazer soldas trincadas (desgaste) na estrutura do britador
Gestão de pessoas	<ul style="list-style-type: none"> - Liberação do operador do caminhão para almoço somente quando chegar um caminhão para substituir na operação - Revezamento dos operadores para não parar a britagem primária no horário de almoço - Otimizar o tempo de carregamento no início do turno - Contratação de um colaborador responsável pela limpeza da área
Ações corretivas	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuir o tamanho da granulometria da rocha alocada do pátio - Aumento da oscilação da mesa vibratória de 60 Hz para 65 Hz - Ajustar o espaçamento das grelhas da mesa vibratória - Manutenções preventivas realizadas apenas no terceiro turno - Melhoria e aumento do chute do britador - Virar a mandíbula fixa - Manutenção dos equipamentos que abastecem o britador será realizada somente no terceiro turno

Figura 3: Quadro do plano de ações definido pela equipe (Fonte: Dados da pesquisa).

Os pequenos reparos concentraram-se em manutenções de estruturas físicas e equipamentos que estavam sucateados. A gestão de pessoas passou basicamente pela contratação de um gestor para área visando a otimização das operações. Por fim, as ações corretivas consistiram em ações para eliminar qualquer problema que pudesse afetar diretamente o processo.

A Figura (4) apresenta uma carta de controle referente a OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) do britador, isto é, a eficiência global do equipamento. Este indicador é o produto de três fatores: disponibilidade, performance e qualidade do produto (BARIANI, 2006).

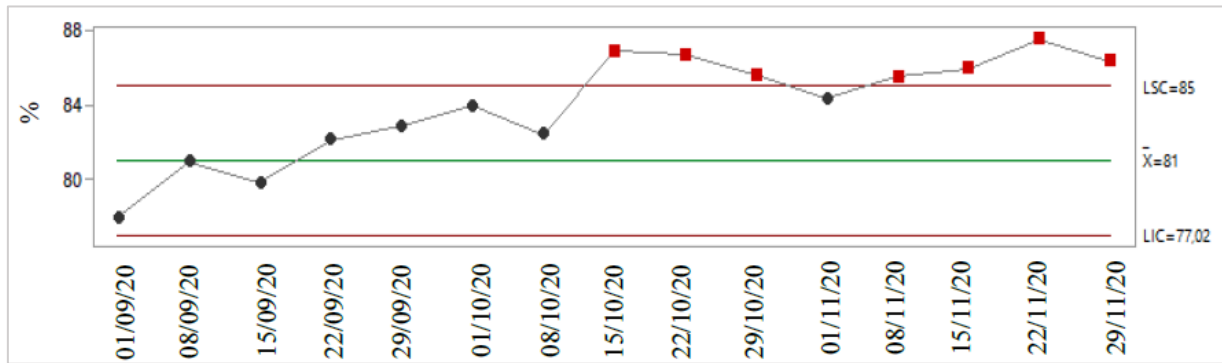


Figura 4: Carta de controle do indicador OEE correspondente aos meses de setembro, outubro e novembro de 2020 (Fonte: Dados da pesquisa).

Foi estabelecido como limite inferior da carta de controle o valor de 77,02%, que corresponde ao valor da OEE do mês de julho de 2020, último período antes da aplicação do plano de ação para sanar os problemas que causavam eventos de parada no britador. O limite superior da carta de controle foi definido como a meta estipulada pela empresa para o indicador OEE (85%).

É possível identificar 7 pontos acima do limite superior (meta da empresa) ao longo das semanas dos meses de setembro, outubro e novembro de 2020. Há uma tendência de aumento nos valores com o passar das semanas, indicativo dos reflexos positivos da execução das ações estipuladas no plano de ação. De forma mais clara, 46% dos dados analisados ultrapassaram a meta de 85% estabelecida para a OEE.

Do mesmo modo, uma carta de controle dos meses de setembro, outubro e novembro de 2020 foi elaborada para o indicador de Produtividade do britador, apresentada na Fig. (5), ou seja, para mensurar o quanto foi produzido de material ao longo das semanas dos meses mencionados. De forma similar, os resultados de Produtividade apresentam tendência de aumento a medida que as ações estabelecidas pelo plano de ação foram colocadas em prática. Nesta análise, 20% dos resultados foram iguais ou superiores a meta de 156,57 t/h para produtividade do equipamento.

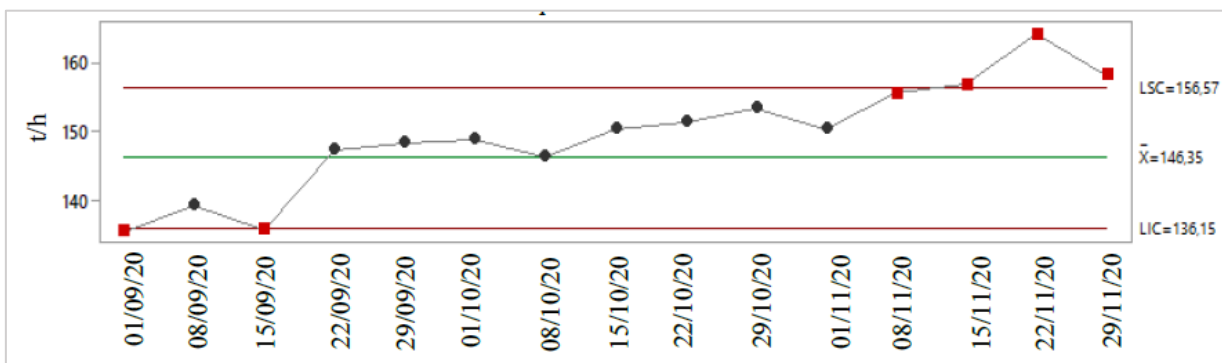


Figura 5: Carta de controle do indicador Produtividade correspondente aos meses de setembro, outubro e novembro de 2020 (Fonte: Dados da pesquisa).

Com intuito de verificar (*Check*) os resultados do estudo, foi elaborada uma carta de controle de OEE comparativa entre os meses de maio, junho e julho com setembro, outubro e novembro de 2020, apresentada na Fig. (6), sendo que os três últimos meses correspondem ao período de execução das ações estabelecidas no plano de ação.

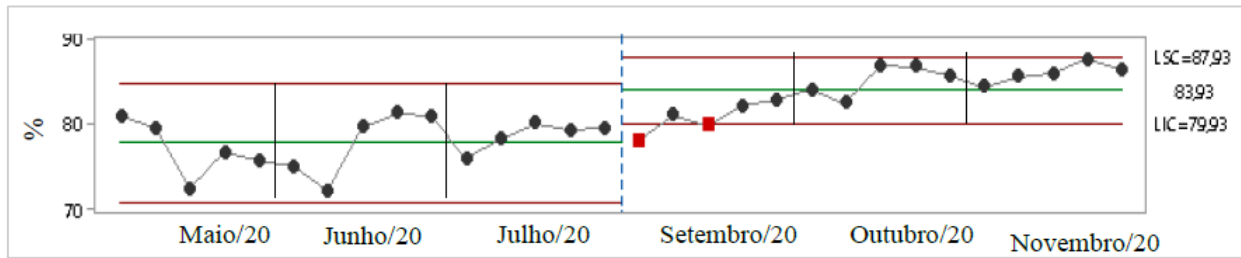


Figura 6: Carta de controle comparativa do indicador OEE nos meses antes e após a execução do plano de ações estabelecido pela equipe (Fonte: Dados da pesquisa).

Nas últimas 8 semanas dos meses em que o plano de ação foi colocado em execução os valores de OEE se estabilizaram em um intervalo entre 83,93% e 87,93%. Realizando-se uma comparação com o mês de julho (média de 77,02%), houve um aumento de 14,16%.

Do mesmo modo, uma carta de controle comparativa da Produtividade do britador foi elaborada, conforme apresentado na Fig. (7). É perceptível ao analisar o gráfico uma melhora significativa deste indicador ao longo dos meses. Comparando-se o maior valor alcançado em novembro (164,20 t/h) com o valor referência de julho (136 t/h), pode-se computar um aumento de 20,60%.

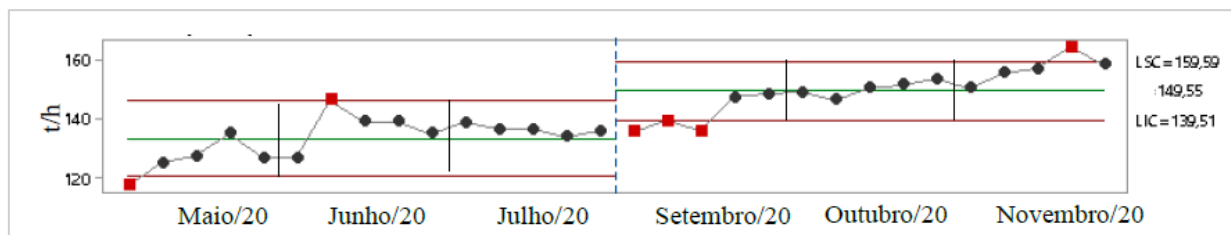


Figura 7: Carta de controle comparativa do indicador Produtividade nos meses antes e após a execução do plano de ações estabelecido pela equipe (Fonte: Dados da pesquisa).

Os resultados obtidos com o estudo comprovam a otimização do processo de britagem após a execução do plano de ação estabelecido. Com base nisto foi possível criar normativas internas para o empreendimento e implementá-las na rotina da operação buscando um melhor gerenciamento das pessoas envolvidas no processo e aperfeiçoamento do tempo gasto. Dentre as sugestões de melhorias foram incluídas nas normativas internas:

- Não desligar o britador de mandíbulas no intervalo de almoço;
- Realizar rodízio entre os colaboradores entre às 11h e às 13h para manter o britador de mandíbulas funcionando;
- Quando for verificado no estoque blocos de rocha maiores que 400 mm comunicar ao responsável do setor para tomar as medidas cabíveis para a redução do mesmo;
- Todas as manutenções envolvendo o britador de mandíbulas, caminhão e pá carregadeira deverão ser efetuadas após ao fim do turno da britagem;
- Qualquer irregularidade observada nas estruturas físicas ou no próprio britador deverá ser comunicada imediatamente ao responsável do setor;
- Realizar inspeções mensais no britador e mesa vibratória para conferir a calibração e os parâmetros adotados;
- Registrar os resultados do processo de forma contínua permitindo um melhor gerenciamento por parte da gestão.

Desta forma, foi possível garantir a continuidade dos bons resultados obtidos com o estudo, que alavancaram na otimização do processo de britagem com consequente redução de custos e aumento da produtividade.

4. CONCLUSÃO

A realização do estudo proporcionou ganhos significativos para o processo de britagem de rocha calcária. As ferramentas de qualidade são aliadas importantes em todo processo produtivo. As técnicas de gerenciamento usadas para se analisar, medir, encontrar problemas e achar soluções em processos contribuem para aumento da OEE e Produtividade. A identificação dos problemas, definição das causas e elaboração de um plano de ação para solução dos problemas que causavam eventos de parada no britador, em conjunto com cartas de controle para verificação dos resultados, contribuíram para o aumento destes índices do equipamento em estudo.

Neste contexto, conclui-se que é possível otimizar a operação de um britador utilizando a ferramenta *Lean Six Sigma*, empregando na análise metodologias já consagradas como Ciclo PDCA, *Brainstorming*, Diagrama de *Ishikawa*, Plano de Ação e Cartas de Controle.

5. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, M. E. B. **Administração da Qualidade e da Produtividade: abordagens do processo administrativo**. São Paulo: Atlas, 2001.

BARIANI, L. **Utilização da tecnologia da informação por grupos integrados de manufatura para o controle de indicadores de produção enxuta: Um estudo de caso**. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Informações sobre a economia mineral brasileira 2020 – Ano base 2019**. Brasília: IBRAM, 2020. 80p.

KING, N. C. O.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Produtividade sistêmica: conceitos e aplicações. **Production**, v. 24, n. 1, pp. 160-176, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000006>>.

MONTGOMERY, J. A. A. Application of six sigma DMAIC methodology in a transactional environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2012.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2006.

SELEME, R. et al. **Seis Sigma no Brasil: uma revisão bibliométrica da literatura**. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa, 2016.