Produto & Produção, vol. 19, n.2, p.1-14. 2018

RECEBIDO EM 02/05/2017. ACEITO EM 25/08/2019.

Jefferson André Gabriel

FAESA, Brasil

es_jefferson@hotmail.com

Schleiden Pinheiro Nascimento

FAESA, Brasil

schleidenn@gmail.com

A utilização do Ciclo PDCA no processo de manutenção: Estudo de caso na manutenção de hidrociclones da moagem de minério

The use of PDCA in the process of maintenance: A case study at maintenance of hidrocyclones of the grinding ore

Resumo

A manutenção é uma atividade que impacta na parada do processo produtivo. O presente artigo foi realizado por meio de pesquisa participante, tendo por objetivo apresentar a utilização da metodologia PDCA no processo de manutenção das baterias de hidrociclones na moagem de minério de ferro. Foram identificadas as causas da geração de maior tempo de troca de baterias no hidrociclone e proposta uma melhoria nestas, reduzindo-se o cone de 03 partes para um cone inteiro. Com as mudanças foi possível reduzir a manutenção para 01 dia. O estudo mostrou-se satisfatório quanto à utilização e aplicação do Ciclo PDCA, reduzindo também o esforço físico dos profissionais que atuam na manutenção do equipamento. O trabalho relata os importantes resultados de tempo de manutenção conquistados e aponta a causa e solução para o problema.

Palavras-chave: Ciclo PDCA. Manutenção de hidrociclone. Redução de tempo.

Abstract

Maintenance is an activity that impacts on stopping the production process. The present article was carried out through a participant research, aiming to present the use of the PDCA methodology in the process of maintenance of the hydrocyclone batteries in the grinding of iron ore. It was identified the causes of the generation of greater time of exchange of batteries in the hydrocyclone and proposed an improvement in these, reducing the cone of 03 parts to an integral cone. With the changes it was possible to reduce the maintenance to 01 day. The study was satisfactory regarding the use and application of the PDCA Cycle, also reducing the physical effort of the professionals who work in the maintenance of the equipment. The work reports the important results of maintenance time achieved and points out the cause and solution to the problem.

Keywords: PDCA cycle. Hydrocyclone maintenance. Reduction of time.

Introdução.

O atual mercado conta com uma alta competitividade e com clientes com um nível de exigência maior em relação ao produto, sendo as organizações impulsionadas a aperfeiçoar ou mudar seus processos, tornando-se assim mais eficientes e eficazes. O mercado de minério de ferro passa por um período de queda do consumo mundial devido a crise econômica e retração no crescimento de países como a China. Uma empresa do ramo de mineração que produz pelotas de minério de ferro usadas para produção de aço tem que reduzir seus custos e ao mesmo tempo aumentar a produtividade. A

necessidade de melhorar a qualidade de seus produtos e serviços tem feito com que as empresas aumentem sua preocupação com a satisfação dos clientes e com as falhas e perdas de seus processos produtivos.

Um dos processos de produção que tem impacto direto no custo é a moagem do minério que passa por silos, moinhos, hidrociclones e bombas. Neste processo há os chamados Hidrociclones (equipamento projetado para separar partículas sólidas e líquidas). Com uma alimentação tangencial, o equipamento gera uma “vortex” (movimentos espirais ao redor de um centro de rotação), descende que faz com que as partículas de maior densidade relativa sejam projetadas contra a parede e arrastadas até a saída inferior do mesmo “underflow” (fluxo de saída inferior). Já as partículas menores são arrastadas para o centro do equipamento formando um vórtex ascendente, saindo pelo orifício superior denominado de “overflow” (fluxo de saída superior), utilizados na Moagem de uma usina de pelotização. A manutenção de troca da bateria dos hidrociclones foi definida pela gerência de pelotização como sendo o seu maior gargalo, pelo tempo excessivo na parada de produção.

Na parada de produção a troca de baterias segue as seguintes etapas: Bloquear circuito do moinho e hidrociclone; utilizar conjunto oxi-corte para separar as seções (parafusos oxidados no total de 44, cada cone é segmentado em 03 partes metálicas e 03 revestimentos interno de borracha); utilizar ferramentas de impacto para retirada do revestimento; montar cone e instalar no hidrociclone.

Diante do exposto apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: como reduzir o tempo de manutenção dos Hidrociclones utilizando-se o método de melhoria contínua PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir)?

Portanto este trabalho tem por objetivo apresentar a utilização da metodologia PDCA, como forma de obter uma melhoria consistente da manutenção das baterias de Hidrociclones. Identificando e tratando as causas do problema, o objetivo é reduzir o tempo de manutenção para apenas 01 dia, obtendo uma redução de mais de 20 horas, melhorar as condições de trabalho dos executantes reduzindo o esforço físico.

Com a aplicação do PDCA espera-se alcançar um resultado positivo na redução do tempo de manutenção, gerando um aumento de produtividade, melhorar a disponibilidade física do equipamento, gerar mais lucro e possibilitar uma maior produtividade da equipe de manutenção.

Este trabalho pretende contribuir na disseminação do uso do PDCA na análise de problemas industriais, especificamente aqueles relativos ao tempo gasto nas manutenções industriais e na possibilidade de implantação de melhorias nestes processos. Pretende-se também despertar novas pesquisas acadêmicas que envolvam análise e melhorias em processos de manutenção industrial.

Manutenção: Conceitos e Tipos.

Manutenção é um termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas de suas instalações físicas. É uma parte importante da maioria das atividades de produção, especialmente aquelas cujas instalações físicas têm um papel fundamental na produção de seus bens e serviços. Em operações como centrais elétricas, hotéis, companhias aéreas e refinarias petroquímicas, as atividades de manutenção serão responsáveis por uma parte significativa do tempo e da atenção da gerência de produção (SLACK, 1999, p. 491).

Neste sentido, indicadores como produtividade de mão de obra, taxa de utilização do equipamento, desempenho global da organização e custo da produção são afetados diretamente pela eficiência do setor de manutenção (COSTA Jr, 2012, p. 131).

Gusmão apud Lemos, Albernaz e Carvalho (2011, p.2) define manutenção como as atividades direcionadas para garantir, ao menor custo possível, a máxima disponibilidade do equipamento para a produção, na sua máxima capacidade, prevenindo a ocorrência de falhas, e identificando e sanando as causas do desempenho deficiente dos equipamentos. De acordo com a definição ABNT NBR 5462 (1994) manutenção é a: “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

O equipamento funcionando perfeitamente traz benefícios e Slack (1999, p.491) destaca que a manutenção traz como benefícios: segurança e confiabilidade melhorada, qualidade melhor, custo de operação mais baixo, tempo de vida mais longo e valor final mais alto do equipamento. Também estabelece três abordagens básicas para a manutenção, sendo elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

- a) A manutenção corretiva consiste em realizar a manutenção somente quando o equipamento quebrar.
- b) A manutenção preventiva consiste em fazer a manutenção em intervalos pré-determinados.
- c) A manutenção preditiva consiste em realizar a manutenção somente quando o equipamento assim exigir, mas antes que a falha ocorra.

Donadel (2007) afirma ainda que de acordo com o Instituto Japonês de Engenharia de Fábrica (*Japanese Institute of Plant Engineers – JIPE*), define-se MPT (Manutenção Produtiva Total) como um termo base de uma estratégia de manutenção projetada para maximizar a eficiência dos equipamentos por estabelecer um compreensivo sistema de manutenção da produção cobrindo toda a vida útil dos equipamentos, controlando todos os campos relacionados aos equipamentos (planejamento, uso e manutenção) e o que está envolvendo cada um deles.

A MPT (Manutenção Produtiva Total), em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), busca trabalhar atuando diretamente nos desperdícios da organização, a partir do princípio de que todos os desperdícios são, na verdade, oportunidades de ganho e que devido a isso todas as organizações têm dentro de sua própria fábrica, “tesouros” escondidos na forma de perdas (DONADEL, 2007).

Segundo Huges e Anderson (1993, p.32), manutenção produtiva total (TPM) torna-se uma atividade extremamente rigorosa para assegurar que as máquinas estejam operando mais do que 99% do tempo. Em uma situação ideal, alguma manutenção preventiva é feita diariamente e atividades rotineiras são executadas. Além de assegurar a disponibilidade da máquina, o principal objetivo da TPM é aumentar e manter a melhora da capacidade do processo.

O Hidrociclone em Foco.

Os hidrociclones tiveram sua primeira fabricação em meados dos anos 1890. A partir dos anos 1940 a fabricação desse tipo de equipamento teve avanços tecnológicos. Anos posteriores houve um salto enorme em instalação desses equipamentos, sendo considerados hoje como padrões em muitas indústrias de mineração. Esse equipamento tem uma versalidade, com capacidade elevada e sem partes móveis (GOMES; CARRISSO, 1985). Os hidrociclones possuem vasta aplicação na área de processamento mineral. Dentre outras, podem ser citadas: a) nos circuitos fechados de moagem; b) na deslamagem de minérios para a flotação; c) na remoção de partículas menores que 10 μm , operação de desaguamento (CRUZ e ZANINI, 2010).

Os hidrociclones são alimentados com polpa de minério, resultando como produtos o *underflow* e o *overflow*. O primeiro contém a maior parte das partículas grossas que foram alimentadas e o segundo engloba a maioria das partículas finas, que foram classificadas. Basicamente um hidrociclone consiste de uma parte cilíndrica seguida de uma parte cônica que possui, em seu vértice, uma abertura, denominada *apex*, pela qual descarrega o *underflow*. A alimentação é introduzida tangencialmente à seção cilíndrica, em que há um tubo coaxial denominado *vortex finder*, pelo qual é descarregado o *overflow* (CRUZ e ZANINI, 2010).

A polpa é descarregada pelo *overflow* devido a energia potencial armazenada na polpa, em razão do bombeamento é transformada em energia cinética, e devido à geometria do hidrociclone, esta produz um movimento rotacional da polpa. As partículas de diâmetros maiores tendem a ocupar as regiões mais periféricas do cilindro e, conseqüentemente, do cone. As partículas de diâmetros menores são deslocadas para a região central do hidrociclone. Desta forma, a região próxima à parede do hidrociclone é ocupada, preferencialmente, por polpa com predominância de partículas grossas e a região central, por polpa com predominância de partículas finas (NETZSCH AKW, 2005).

Na região central do hidrociclone, na qual ocorre a mudança da seção cilíndrica para a cônica, o sentido do escoamento é invertido. Nessa seção cônica ocorre o estrangulamento no *apex* do cone, fazendo com que a maior parte do fluxo, com menor quantidade de partículas, seja descarregado no orifício oposto, o *vortex finder*, de diâmetro relativamente maior que o do *apex*. Isto possibilita a classificação, pois a polpa da região central, descarregada pelo overflow, contém uma população relativamente maior de partículas finas comparadas àquela descarregada pelo *underflow* (NETZSCH AKW, 2005). A Figura 1 ilustra com detalhes as várias seções e/ou partes do Hidrociclone.

Figura 1- Ilustração de um hidrociclone

Fonte: (NETZSCH AKW, 2005)

O Ciclo PDCA.

O Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir/Padronizar) é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização (WERKEMA 1995). De forma ampla, ele visa controlar e melhorar os processos e produtos de uma forma contínua, visto que atua como um processo que não possui intervalos, nem interrupções. Uma curiosidade sobre o Ciclo PDCA é que ele também pode ser conhecido como ciclo de Deming ou ciclo de Shewhart. Isso ocorre porque em 1930, Walter Shewhart apresentou um ciclo aplicável sobre a administração da qualidade, e este era o PDCA. Entretanto, foi somente ao longo dos anos 50, através de William Edwards Deming e suas palestras no Japão, que o Ciclo PDCA se tornou amplamente conhecido ao redor do mundo. Ele se encontra vinculado aos fundamentos da Filosofia *Kaizen* (cultura japonesa referente à melhoria contínua e um dos pilares da administração da qualidade). Assim como a Filosofia *Kaizen*, uma das finalidades do Ciclo PDCA é a celeridade e o aperfeiçoamento dos processos de uma empresa, identificando as causas de seus problemas e implementando soluções para os mesmos. É importante ressaltar também, que devido à ferramenta se fundamentar em um ciclo, todo o seu processo é formado por atividades planejadas e recorrentes, com a teoria de que ele não possui um fim pré-determinado (SLACK et al., 2009, p.460-524).

Caso as quatro etapas do PDCA sejam concluídas e o resultado não seja satisfatório é iniciado um novo ciclo e segundo CAMPOS (1992), o caminho do sucesso para obter melhorias contínuas nos processos é o de conjugar os dois tipos de gerenciamento: manutenção e melhorias. Melhorar continuamente um processo significa melhorar continuamente os seus padrões (padrões de equipamento, padrões de matérias, padrões técnicos, padrões de procedimentos, padrões de produtos etc.). Cada melhoria corresponde ao estabelecimento de um novo "nível de controle", em outras palavras, cada melhoria corresponde ao estabelecimento de uma nova "diretriz de controle".

O PDCA pode ser abordado de duas formas: PDCA para manter resultados e PDCA para melhorar resultados. O PDCA para melhorias se constitui num método para identificação e solução de problemas e pode ser subdividido em quatro etapas, sendo eles: (P) planejamento; (D) Execução; (C) Verificação; (A) Ação Corretiva/Padronização (MARSHALL Jr et al., 2008, p.88-95).

O trabalho executado através do ciclo PDCA na manutenção consta essencialmente do cumprimento de procedimentos padrão de operação. Utilizam ainda o ciclo PDCA nas melhorias quando participam dos Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) (CAMPOS, 1992, p.31). Os Círculos de Controle de Qualidade são a extensão da prática do Controle de Qualidade, que é o cerne do Controle da Qualidade Total TQC que é um modelo gerencial centrado no controle do processo, tendo como meta a satisfação das necessidades das pessoas (CAMPOS, 1992, p.31-63).

Diagrama de Ishikawa.

A metodologia de qualidade, utilizando o Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, que consiste em um método que contribui para pesquisar raízes de problemas a partir de questões como: o que, onde, como e por que (SCHMITT, 2013).

Matriz de Priorização GUT (Gravidade – Urgência – Tendência).

De acordo com Ferroli, citado por Souza (2015, p.5), o uso da Matriz GUT promove condições de estudo para um problema específico, pois ela fornece subsídios para a elaboração de um plano de ação. Ao mesmo tempo, esta ferramenta tem objetivo ranquear as tarefas por ordem de prioridade para tratar um determinado problema, levando em consideração: gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) dos itens a serem resolvidos. (GOMES apud SOUZA, 2015, p.5).

- Gravidade: É o impacto sobre coisas, pessoas, processos ou organizações. Ao mesmo tempo, esse fator analisa os efeitos futuros de um problema caso ele não seja resolvido.
- Urgência: Relação entre o tempo disponível e o necessário para resolver determinado problema.
- Tendência: Potencial de crescimento do problema. Assim como, a avaliação de sua tendência de crescimento, redução ou desaparecimento.

Teste dos por quês.

Método utilizado para comprovar as causas. Para qualificar as causas primárias, deve haver uma resposta satisfatória a cinco sucessivas "perguntas por quê" sobre a questão (HUGE e ANDERSON, 1993, p.25).

Fluxograma.

O estabelecimento de fluxograma do processo é fundamental para a padronização e por conseguinte para o entendimento do processo. Eles devem ser estabelecidos para todas as áreas da empresa (administrativa, produção e manutenção), pelas próprias pessoas que ali trabalham de participativa (CAMPOS, 1992, p.55).

Brainstorming.

Segundo Werkema (1995), o Brainstorming é uma técnica que tem como finalidade auxiliar um grupo de pessoas a produzir o maior número de ideias possível em um curto período de tempo. Através de um brainstorming, o grupo identifica todas as possíveis causas primárias (HUGE e ANDERSON, 1993, p.25).

A Empresa.

Tendo em vista a não autorização dos dados da empresa, apresenta-se abaixo uma descrição da mesma baseada em informações do site da empresa e entrevista com gestor da área.

Trata-se de uma empresa de mineração com atuação diversificada, tendo o minério de ferro como o maior responsável pelo seu faturamento. A Usina de Pelotização têm como objetivo transformar a fração ultrafina de minério de ferro, antes considerados resíduos, em produtos aglomerados esféricos de granulometria na faixa de 8 a 18 mm, com alta concentração de ferro e qualidade uniforme. Esses aglomerados recebem o nome de pelotas.

O sistema de produção das pelotas começa com a extração de minério de ferro. O fino do minério de ferro, denominado pellet-feed, chega aos pátios das unidades produtoras, vindo das minas. Nos pátios são formadas pilhas que, posteriormente, são recuperadas e transportadas em correias para o processo da moagem. Paralelamente, os pátios recebem insumos, como o calcário, que será adicionado ao minério. Na moagem, o minério é moído com água, formando uma polpa classificada por hidrociclones (equipamento para separação de sólido e líquido) e enviada para o espessador, onde é sedimentada e, em seguida, encaminhada para formar a pelota.

A pelota é utilizada na Indústria Siderúrgica por possuir características apropriadas para a alimentação de unidades de redução, pois é resistente o suficiente para não ser esmagada pelo próprio peso quando aglomeradas e seu formato esférico deixa remanescer vazios entre elas, permitindo a circulação de gases redutores em altos-fornos.

Procedimentos Metodológicos.

Esta pesquisa tem uma abordagem qualitativa e quanto aos fins é classificada como descritiva. A pesquisa qualitativa, segundo Lakatos e Marconi (2010) tem como fundamento, analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano e ainda fornecendo análises mais detalhadas sobre as investigações, atitudes e tendências de comportamento. Assim, a pesquisa tem ênfase qualitativa.

Esta pesquisa quanto aos meios fundamentou-se em um estudo de caso por meio de uma pesquisa participante. Lakatos e Marconi (2010) definem a pesquisa participante como um tipo de pesquisa que não possui um planejamento ou um projeto anterior à prática, onde a conclusão e os efeitos são primeiramente vistos na prática. Entretanto, os objetivos são alcançados com sucesso somente se houver empenho dos participantes. Este artigo foi realizado a partir da participação do autor na manutenção das baterias de hidrociclones na etapa da moagem do minério de ferro.

Para iniciar o estudo sobre o hidrociclone, foi realizada reunião com os executantes da área de manutenção da moagem, nesta reunião foram apresentadas várias ideias e após as devidas análises com a matriz de priorização GUT, chegou-se ao resultado sobre a manutenção dos hidrociclone. Foi acompanhado todo o processo de manutenção na área e tirado as dúvidas com os gestores responsáveis. O processo analisado ficou dividido em seis fases.

A pesquisa participante desenvolveu-se em seis fases:

Fase 1- Coleta de dados e definição do problema

O início da pesquisa em junho de 2015 a junho de 2016, desenvolveu-se por meio da coleta de dados, reunião com os executantes e integrantes do grupo de CCQ, que fazem a manutenção do equipamento, as informações foram coletas e aplicado a ferramenta de priorização, que priorizou dificuldades e tempo gasto no processo de manutenção dos Hidrociclones.

Fase 2- Reuniões com equipes envolvidas e observação de campo

Para analisar as características do problema foram coletadas informações com os mecânicos que executam por meio de reuniões do grupo de CCQ, que estão envolvidas na manutenção para conhecer a situação atual, o que é um hidrociclone e observação em campo, verificando-se o local onde fica este equipamento.

Fase 3 – Elaboração de fluxograma

Após obter as informações e realizada a observação em campo, foi montado o fluxograma do processo atual. Compreendida a situação atual foi definido que o foco de atuação é o elevado tempo na troca dos componentes da bateria de hidrociclone, tendo como objetivo reduzir o tempo de manutenção das baterias de hidrociclone. O prazo para realização do trabalho foi de 12 meses a contar de 06/2015 a 06/2016, o cronograma de reuniões observou as etapas do ciclo PDCA.

Fase 4- Identificação da causa raiz

Analisando o fluxograma foi encontrada uma possível causa e com aplicação da ferramenta da qualidade 6M's foi verificado o alto tempo gasto na troca dos revestimentos da bateria de hidrociclone. Para encontrar a causa potencial foi utilizado o Diagrama de Árvore que concluiu que o modelo do equipamento usado no hidrociclone é a causa potencial. A causa potencial foi submetida ao teste dos “Por Quê?”, ficando comprovado que a segmentação dos cones é a causa raiz do problema, conforme a figura 2.

Figura 2 – Teste dos Por Quês?

Fonte: elaborado pelo autor

Fase 5- Implementação

A partir da identificação da causa raiz foi iniciado o plano de ação com um Brainstorming de soluções, que aprovou a ideia de eliminar a segmentação do cone, a elaboração do plano de ação passa pelas etapas: Medidas (definir o projeto; elaborar desenho; definir material de fabricação; aquisição/recebimento/instalação do componente teste); O Que (eliminar seções do cone; definir padrão/fabricação; especificar materiais; solicitar peça para teste); Por Quê (eliminar arestas de canto; não alterar as propriedades e funcionamento do equipamento; entender as propriedades de resistência do material; para análise de viabilidade); Como(modificar concepção das bordas internas; utilizar programa específico; dados usados do sistema informatizado; instalando no local); Onde (sala de reuniões; sala da engenharia; sala de reuniões; bateria de hidrociclone); Quem (todos os envolvidos com o trabalho). Os desenhos, especificação e orçamento passam pela equipe de engenheiros da área para serem aprovados. O cone inteiro foi instalado na bateria de hidrociclone do moinho.

Fase 6- Comparação dos resultados ao esperado

A partir da instalação do novo componente foi realizada a comparação dos resultados ao esperado.

Apresentação dos dados e discussão.

O processo de manutenção de hidrociclone atinge diretamente a moral da equipe (alto grau de movimentação de carga e riscos à segurança do colaborador), baixa confiabilidade no serviço executado (situações de retrabalho por desprendimento de revestimento e entupimento do sistema), lesões ergonômicas com risco de afastamento (28,57% do efetivo da equipe de manutenção da área da moagem apresenta problemas relacionados a ergonomia), tempo elevado para execução do processo (33 horas de parada do equipamento para a troca do cone da bateria), exposição a vapores e calor (quando atua-se apenas em uma bateria do conjunto, que continua em operação). A figura 3 mostra o tempo gasto no processo de manutenção do hidrociclone.

Figura 3 – Tempo gasto para manutenção do Hidrociclone
Fonte: elaborada pelo autor

A manutenção tem início após reunião diária e separação das ferramentas a serem utilizadas, o transporte de peças é feito por pontes rolantes que trabalham em velocidade reduzida para evitar acidentes, mas que contribuem para o consumo do tempo. O local da execução da manutenção é de difícil acesso e requer esforço físico. Após observar o local da atividade, foi compreendido o funcionamento do processo e avaliados os impactos gerados pela atividade.

O impacto observado foi o tempo total de atividade de manutenção, sendo: 9 (nove) horas no primeiro dia de trabalho; 15 (quinze) horas de equipamento parado de um dia para o outro e 9 (nove) horas do segundo dia de trabalho, totalizando 33 horas.

O tempo gasto está dividido pelas atividades executadas descritos na figura 4, que mostra o fluxograma da atividade de manutenção no hidrociclone.

Figura 4 – Fluxograma do processo de manutenção do hidrociclone
Fonte: elaborado pelo autor

Aplicando o PDCA.

Na primeira fase do PDCA (Planejar), é realizado um Brainstorming (tempestade de ideias), que são submetidas ao método da matriz de priorização GUT (Gravidade – Urgência – Tendência), sendo esta uma proposta de Kepner e Tregoe (1991) como uma das ferramentas utilizadas na Solução de Problemas. Conforme mostra a figura 5, o problema que obteve a maior pontuação na tabela foi o escolhido “elevado tempo na troca dos componentes da bateria de hidrociclone”, que devido ao número de pessoas envolvidas, número de intervenções, ergonomia na atividade e periodicidade da manutenção foram os fatores que elevaram o grau de priorização.

PROBLEMAS	MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO			
	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	TOTAL
Alto índice de quebra dos mancais dos agitadores de filtro.	2	2	3	7
Dificuldade na montagem dos rotores.	3	3	2	8
Dificuldade na desmontagem de tirantes de filtro.	2	3	4	9
Dificuldade para retirada dos pinos tipo BND.	2	3	2	7
Risco ao rolar os moinhos em auxiliar.	2	2	2	6
Elevado tempo na troca dos componentes da bateria de hidrociclone.	4	4	3	11

Figura 5 – Matriz de priorização GUT
Fonte: elaborado pelo autor; Fotos tirada pelo autor

Ao analisar o fluxograma da atividade com diagrama de Ishikawa figura 6, foi identificado a causa raiz, sendo: “alto tempo gasto na troca dos revestimentos da bateria de hidrociclone”.

Figura 6 – Diagrama de Ishikawa
Fonte: elaborado pelo autor

Os Hidrociclones possuem 06 baterias, podendo trabalhar com no mínimo 04 baterias. A não necessidade de todas as baterias do Hidrociclone estarem em funcionamento, mascara a disponibilidade do componente no processo de produção e manutenção.

Após o problema ter sido identificado, foi usado o diagrama de árvore exemplificado na figura 7, que é uma forma de identificar as causas de um problema (*Cause and Effect Tree Diagram*). Com a divisão das etapas da manutenção foi encontrada a possível causa dos problemas, sendo então submetido ao teste dos por quês, para comprovar a causa raiz do problema.

Figura 7 - Diagrama de árvore
Fonte: elaborado pelo autor

Para Teixeira (2010), a análise de causa raiz não é simples e a proposta desse método não se resume em apenas encontrar as causas raízes, mas em tentar resolver o fato ocorrido, a fim de prevenir e evitar que novos episódios aconteçam. Com a identificação da causa raiz do problema, começa a segunda fase do PDCA (Execução), com um Brainstorming de Soluções. O resultado encontrado foi à ideia de “eliminar segmentação do Cone”, a análise da ideia mostrou que um cone não segmentado ira reduzir o tempo de manutenção do Hidrociclone, devido ao novo desenho manter as mesmas medidas do cone segmentado a única diferença fica por conta da eliminação das divisões do cone o que não altera sua função.

Após aprovação da ideia foi traçado o Plano de Ação com a definição do projeto; elaboração do desenho; definição dos materiais de fabricação; aquisição, recebimento e instalação do componente teste. Todas as etapas do plano de ação foram definidas, bem como os responsáveis por acompanhar e monitorar até o encerramento da etapa.

A terceira etapa do PDCA (Verificar) verificou que os resultados desde instalação em dezembro de 2015 a abril de 2016. A figura 8 evidencia as diferenças, sendo o antes (à esquerda) hidrociclone com segmentação e depois (à direita) hidrociclone sem segmentação.

Figura 8 – Hidrociclone com segmentação e sem segmentação

Fonte: elaborado pelo autor

Verificou-se de acordo com a figura 9, que eliminando 03 etapas do fluxograma o tempo de execução passou de 33horas para 08horas, totalizando uma redução de 72,7%, obtendo um ganho de 22,7% acima da meta estipulada.

Figura 9 - Fluxograma de manutenção com destaque para as etapas eliminadas

Fonte: elaborado pelo autor

O tempo apresentado na figura 10 evidencia a redução do tempo para troca do revestimento que antes era de 10h45m e passou a ser de 6h15m. Um ganho de produtividade extra de 4h30m.

Figura 10 - Tempo de troca do revestimento (Depois)

Fonte: elaborado pelo autor

A última etapa do PDCA (Ação/padronização), conforme o acompanhamento realizado após a instalação do Cone não Segmentado, apresentou resultados satisfatórios, tendo a aprovação dos executantes e gestores da empresa que analisaram a redução de gasto de 45,45% com porcas e parafusos usados no cone.

Para padronizar foi preciso criar uma codificação no sistema de qualidade utilizado pela empresa.

Resultado da Pesquisa.

A divisão da pesquisa em fases possibilitou uma delimitação do problema de forma mais adequada, além de facilitar o planejamento e a execução das ações. A partir do problema definido, ou seja, o excesso de tempo gasto no processo de manutenção dos hidrociclones, foram analisadas as causas e definidas ações que pudessem reduzir o tempo gasto.

O uso do ciclo PDCA como ferramenta para melhoria do processo de manutenção de hidrociclones teve seu início com a fase de planejamento, o que exigiu a identificação do problema, das causas do problema e elaboração do fluxograma.

Com a medição do tempo de manutenção do hidrociclone antes da melhoria, obteve-se um tempo total de 10h45m. Da forma como era feito o processo, havia a necessidade de retirada de cada um dos segmentos do hidrociclone. O fato de trabalhar com cones segmentados exigia o uso de ponte rolante e de técnicas de trabalho e segurança mais robustas.

Com a implantação da melhoria, ou seja, o uso de um hidrociclone não segmentado, a manutenção passou ser feita de forma mais rápida e mais segura. O tempo despendido na manutenção passou a ser de 6h15m. Um ganho de produtividade extra de 4h30m. Conforme o acompanhamento realizado após a instalação do Cone não Segmentado, os resultados são satisfatórios, havendo a aprovação dos executantes e gestores da empresa, sendo ainda constatada a redução de gasto de 45,45% com porcas e parafusos usados no cone.

Conclusão.

O processo de manutenção industrial é um processo de suporte da produção e pode impactar significativamente nos ganhos de produtividade, principalmente quando a manutenção é realizada de forma mais rápida e eficiente.

A aplicação da metodologia do PDCA no processo de manutenção dos Hidrociclones da Moagem de uma usina de Pelotização foi eficaz para identificar as causas no atraso na manutenção do hidrociclone, seguindo as etapas do ciclo de melhoria contínua foi obtido um resultado acima do

esperado. A comprovação da eficiência na melhora do equipamento tornou possível a replicação da melhoria para as demais baterias de hidrociclone.

Com a melhoria no equipamento, ficou comprovado que a utilização da metodologia trouxe um ganho satisfatório para os profissionais de manutenção que atuam no equipamento, pois reduziu o esforço físico na montagem e desmontagem. A redução de custo foi através da redução de parafusos e gás Acetileno e Oxigênio, redução de um dia de manutenção. A empresa teve um ganho de mão de obra e a maior disponibilidade física do hidrociclone e de todo o circuito ligado ao mesmo. Devido ao novo cone, a produtividade do equipamento não teve alteração.

E com o uso adequado da metodologia aplicada conseguiu-se a redução da exposição do executante aos riscos de acidente, com a redução do uso da ponte rolante, que oferece risco de queda das peças e impactos em estruturas.

Outro ponto observado referente à segurança foi a ergonomia dos envolvidos na manutenção, o risco de torções e lombalgia foi reduzido devido ao número menor de peças a serem trocadas. A adoção de posturas inadequadas pelo trabalhador por consequência das suas atitudes em função das tarefas reduziu as posturas incômodas, merecedoras de atenção em curto prazo ou imediata, para levar ao conforto do trabalhador a melhoria da atividade, o que refletirá em aumento na produtividade.

Também foi constatado através da verificação que a meta foi alcançada, de tal forma que a partir do cumprimento da meta é realizado o processo de padronização do novo cone. Com a solicitação de abertura de S.E. (Solicitação da Engenharia), envio dos desenhos e as aprovações gerenciais para codificação da equipe de TI (tecnologia da informação), gerando um código específico para requisição do novo cone.

Por fim, recomenda-se que sejam feitos novos estudos em processos de manutenção utilizando-se a metodologia PDCA, especificamente para obter melhorias que tragam ganhos de tempo nos processos de manutenção preventiva, ocasionando aumento de produtividade.

Referências.

ABNT NBR 5462. **Confiabilidade – terminologia**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Nova Lima: INDG - Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

COSTA JUNIOR, Eudes Luiz. **Gestão em Processos Produtivos**. Curitiba: Intersaberes, 2012.

CRUZ, Othon C. da; ZANINI, José R.. **Eficiência de um hidrociclone de geometria "rietema" para pré-filtragem de água para irrigação**. *Eng. Agríc.* [online]. 2010, vol.30, n.4, pp.637-645. ISSN 0100-6916. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n4/08.pdf>> - Acesso em 21 ago. 2016.

DONADEL, Cristian Mendes e [et al]. **O Uso da Manutenção Produtiva Total (MPT) como ferramenta geradora de produtividade e agilidade para a logística enxuta**. Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr670485_9342.pdf> - Acesso em 19 out. 2016.

GOMES, J. I. A. e CARRISSO, R. C. C. **Aplicação da simulação de hidrociclones em circuitos de moagem**. Brasília: DNPM/CPRM, 1985 (Série Tecnologia Mineral, no 35. Seção Beneficiamento, no 22.).

HUGE, Ernest C. e ANDERSON, Alan D.. **Guia para Excelência de Produção: Novas estratégias para empresas de classe mundial**. São Paulo: Atlas, 1993.

KEPNER, C., TREGOE, B. **O Novo Administrador Racional**. São Paulo: Makron Books, 1991.

LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade. **Técnicas de pesquisa:** planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

LEMOS, Mateus Albernaz; ALBERNAZ, Claudia Marcia R. Machado; CARVALHO, Rogerio Atem de. **Qualidade na manutenção.** Anais do XXXI Encontro Anual de Engenharia de Produção. Belo Horizonte: ENEGEP, 2011.

MAIA, Ivana Márcia Oliveira e FRANCISCO, Antonio Carlos de. **Ergonomia: Ferramenta de Manutenção Industrial.** Parana: Congresso Internacional de Administração, 2007. Disponível em: <<http://pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/ebook/2007/Congressos/Internacionais/2007%20ADM/10.pdf>> - Acesso em 20 out. 2016.

MARIANI, C. A. **Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso.** Revista de Administração e Inovação, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da Qualidade.** 8º ed. Rio de Janeiro: FGV, 2008.

MORAIS, Janinne Mabel Oliveira e et al. **Análise e otimização da gestão da manutenção em uma empresa do setor de transporte urbano do interior potiguar.** Belo Horizonte: ENEGEP, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_-TN_STO_135_859_18979.pdf> - Acesso em 20 out. 2016.

NETZSCH AKW, Equipamentos e Processos Ltda. **HIDROCICLONE; BATERIA DE HIDROCICLONES.** Santa Catarina: NETZSCH AKW, 2005. Disponível em <<http://netzschakw.com.br/produtos.asp?IDCat=1&cat=Hidrociclones>> - Acesso em 23 ago. 2016.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial.** 8. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2012.

SCHMITT, Jose Claudemir. **Método de análise de falha utilizando a integração das ferramentas DMAIC, RCA, FTA E FMEA.** Santa Barbara D'oeste: UMP, 2013. Disponível em <https://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/17092013_144838_joseschi_mitt.pdf> - Acesso 30 out. 2016.

SILVA, Sérgio Ribeiro e MEDEIROS, Jailson Teixeira. **O ciclo PDCA como ferramenta para alcançar a eficiência e eficácia na gestão da manutenção.** XXIX Congresso brasileiro de manutenção e gestão de ativos. Santos (SP), 2014. Disponível em <<http://www.abraman.org.br/newsletters/29cbmga/TT/TT%20024.pdf>> Acesso em 12 dez. 2016.

SLACK, Niguel e et al. **Administração da Produção:** Edição Compacta. São Paulo: Atlas, 1999.

SOUSA, Taelen de Jesus Ferreira e et al. **Proposta de melhoria do processo de uma fábrica de polpas por meio da metodologia de análise e solução de problemas.** Fortaleza: ENEGEP, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_207_228_27341.pdf> - Acesso em 12 dez. 2016.

TEIXEIRA, Thalyta Cardoso Alux e CASSIANI, Silvia Helena De Bortoli. **Análise de causa raiz: avaliação de erros de medicação em um hospital universitário.** *Rev. esc. enferm. USP* [online]. 2010, vol.44, n.1, pp.139-146. ISSN 0080-6234. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62342010000100020>>. Acesso em 19 out. 2016.

WERKEMA, M.C.C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.