

PDCA: ESTUDO DE CASO DA DISPONIBILIDADE DE VÁLVULAS GUILHOTINA EM UMA MINERAÇÃO DE BAUXITA

COSTA, Maycon Mileo Miranda¹

FORTE, Luiz Antonio²

RESUMO

O problema de disponibilidade física de válvulas e o seu custo embutido foi uma questão relevante na operação da planta industrial de uma planta de beneficiamento de bauxita. A execução deste trabalho se justifica pois permite documentar a aplicação prática das etapas do PDCA ao processo de manutenção, tendo em vista a possibilidade de otimização de recursos, pois o custo de manutenção de válvulas já apresentada se mostra promissor no que diz respeito aos ganhos, tanto no âmbito material quanto no tempo de disponibilidade do equipamento. Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar ganhos gerenciais de uma empresa através da solução de problemas de disponibilidade física de válvulas guilhotina com a aplicação da ferramenta PDCA. Para realizar o trabalho foi utilizada a técnica de estudo de campo, em atividades de manutenção de válvulas utilizadas em uma planta de beneficiamento de bauxita. As atividades de campo foram realizadas seguindo as etapas concernentes ao PDCA, conforme a realidade da planta industrial objeto deste trabalho. Quanto aos resultados, a utilização da ferramenta permitiu a identificação de oportunidades no processo de manutenção que resultaram na redução de etapas do processo, bem como de redução de custo

Palavras-chave: Manutenção, PDCA, válvulas, custo, mineração.

1 INTRODUÇÃO

No contexto empresarial a manutenção de equipamentos é parte essencial para garantia da capacidade de operação e sustentabilidade desses empreendimentos. Com isto, a Engenharia de Produção pode servir-se de técnicas da gestão da qualidade, tema desse artigo, para propor uma estrutura gerencial da indústria de equipamentos, que são as válvulas de guilhotina em uma planta de beneficiamento de minério junto com PDCA.

¹ Graduando em Engenharia de Produção do Centro Universitário Internacional UNINTER.

² Graduado em Engenharia Ambiental pela UTP e pós-graduado em Engenharia de segurança do Trabalho pela UTFPR.

Para Marchiori (2017), tais equipamentos estão fortemente ligados ao processo, são sujeitos aos parâmetros operacionais como as propriedades do fluido: tipo, propriedade física, química, temperatura e os ciclos operacionais de maior ou menor frequência de trabalho. Esse conjunto de fatores faz com que muitas das vezes as válvulas apresentem vida útil diferente em cada cenário e também quando se compara com as referências de vida útil definidas pelo fabricante, resultando principal na diminuição da confiabilidade.

Este trabalho tem como objeto de análise uma empresa de mineração de bauxita e a utilização das etapas da ferramenta PCDA com o intuito de orientar seus funcionários a acompanhar a rotina de manutenção e o desempenho das válvulas, de modo a controlar seus resultados. Diante disto cabe a pergunta: com a aplicação da ferramenta PDCA é possível melhorar a disponibilidade de válvulas guilhotina, reduzindo o tempo de manutenção e o seu custo?

Desta forma este trabalho tem como objetivo geral demonstrar ganhos gerenciais de uma empresa através da solução de problemas de disponibilidade física de válvulas guilhotina com a aplicação da ferramenta PDCA. Como objetivos específicos, este trabalho propõe: i) identificar as etapas de manutenção de válvulas guilhotinas; ii) aplicar a ferramenta PDCA na manutenção de válvulas guilhotina; e, iii) analisar a relação de custo-benefício da manutenção primarizada.

A execução deste trabalho se justifica com oportunidade de documentar a aplicação prática das etapas do PDCA ao processo de manutenção, tendo em vista a possibilidade de otimização de recursos, pois o custo de manutenção de válvulas já apresentada se mostra promissor no que diz respeito aos ganhos, tanto no âmbito material quanto no tempo de disponibilidade do equipamento.

Diante do exposto, a execução do ciclo PDCA na manutenção de válvulas de guilhotina justifica-se com ganhos em produtividade e custos-benefícios operacionais.

E de acordo com Marchiori (2017), as válvulas guilhotinas são muito eficazes em equipamentos de controle ambiental. A falta de confiabilidade delas resulta no aumento dos custos de manutenção e a possibilidade de impactos operacionais.

O trabalho está organizado em seis partes: 1) Introdução, onde foi realizada a contextualização da pesquisa, apresentada a pergunta norteadora, objetivos (geral e específicos), bem como a justificativa; 2) Referencial teórico, onde está apresentada a fundamentação através de conceitos principais; 3) Metodologia, onde

será detalhada a forma de condução do trabalho, prevendo coleta e análise de dados; 4) Resultados e Discussões, onde estão apresentada a aplicação do ciclo de PDCA e os resultados obtidos, 5) Considerações finais em são feitas as correlações da proposta do trabalho e as conclusões e a última parte é a de Referências, que corresponde à listagem da bibliografia consultada para execução deste trabalho.

2 O PDCA E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Inicialmente será apresentado um breve histórico sobre a metodologia PDCA. Segundo, (NASCIMENTO, 2011), o PDCA é composto por etapas, que corresponde aos termos: *PLAN, DO, CHECK, ACT*, que traduzido para português significam respectivamente: Planejar, Executar, Verificar e Concluir. A aplicação do PDCA enquanto ferramenta tem como pré-requisito a definição clara dos processos produtivos, forma de monitoramento e existência de mecanismos sistemáticos de verificação dos resultados obtidos, que irão fundamentar as decisões subsequentes. Com o problema identificado, deve-se estratificá-lo com o objetivo de identificar as causas fundamentais, que permitem chegar à raiz) do problema, identificadas as causas fundamentais, com base nisto devem ser definidas ações corretivas ou preventivas.

Pensando assim atividades de manutenção visam assegurar o desempenho e a disponibilidade dos equipamentos para a produção e para o crescimento do custo de fabricação.

Para manter uma boa estratégia de gestão da manutenção de equipamentos é necessário focar na redução de custos e aumento da produtividade, o que pode ser materializado com o controle de manutenções devidamente documentado, calibrações conforme especificações técnicas e avaliações contínuas de desempenho, bem como, de custos.

Conforme Albuquerque (2015), o uso do PDCA enquanto ferramenta de gestão, no sentido de dar subsídios no processo decisório não é uma inovação, mas sim, auxilia nas atividades que serão definidas como prioridades no planejamento estratégico. O objetivo final deverá ser o uso eficiente dos recursos disponíveis, evitando o consumo de tempo e recursos desnecessários como esperas, inspeções, movimentações repetidas e excessivas entre outros tipos de ações que podem ser entendidas como onerosas, pois não agregam valor à empresa.

2.1 O CICLO PDCA (PLAN, DO, CHECK, ACT)

A sigla PDCA se refere às seguintes palavras: planejar (Plan), fazer (Do), verificar (Check) e agir (Act). Cada uma delas é importante para o processo gerenciamento que almeja elevar os níveis de qualidade e as organizações devem garantir que todos sejam executados de forma plena.

De acordo com Albuquerque (2015) *apud* Mello (2011) a filosofia da qualidade total foi concebida por ocasião dos esforços empreendidos para a reconstrução pós Segunda Guerra Mundial do Japão. Neste período as empresas japonesas encontraram um ambiente empresarial bastante competitivo em todo mundo. Nesta nova realidade era necessário não apenas oferecer produtos, mas também que estes produtos atendessem às exigências dos consumidores e que os processos fabris não fossem tão onerosos.

O ciclo PDCA é um método que gerencia as tomadas de decisões de forma a melhorar atividades de uma organização sendo, também, muito explorado na busca da melhoria da performance (VIEIRA FILHO, 2010).

2.2 VÁLVULAS DE GUILHOTINA NA MINERAÇÃO COM PDCA

De acordo com Marchiori (2017) as válvulas possuem o mesmo contexto operacional, ou seja, estão sujeitas às mesmas condições operacionais. E, conseqüentemente estão sujeitas ao mesmo tipo e nível de esforços. Com isso torna-se possível o agrupamento dos dados de vida e todas as válvulas.

Ao invés de simplesmente voltar com a máquinas às suas configurações iniciais após a avaria é necessário praticar a melhoria contínua dos equipamentos, alterando de maneira pragmática os padrões de operação, manutenção e projetos. Para que isso seja possível em investigação profunda das causas da falha o que pode ser feito através do uso de técnicas como o PDCA.

Segundo Amaral (2013) a realização da manutenção de válvulas envolve uma série fatos que irão contribuir para a tomada de decisão. Determinadas empresas dão preferência na realização de manutenções corretivas, ou seja, aquela

que é realizada após a parada do equipamento por falha. Também deve-se considerar a relação custo-benefício de realização de manutenção interna, tendo em vista os equipamentos disponíveis para substituição imediata, e a realização da manutenção externa.

A definição da estratégia cabe ao gestor de manutenção que, com base em análise de fatos irá tomar a decisão de como garantir a operação contínua da unidade.

3 METODOLOGIA

Para realizar o trabalho foi utilizada a técnica de estudo de campo, em atividades de manutenção de válvulas utilizadas em uma planta de beneficiamento de bauxita.

Conforme Orsoline e Oliveira *apud* GIL (2007) o estudo de caso tem a possibilidade de focar em diferentes cenários com por exemplo: um fenômeno, um grupo, uma organização e até mesmo a um indivíduo, podendo ser igualmente aplicado, isto porque o núcleo do estudo pode ser preservado ainda que haja interface com outras situações, permitindo inclusive o entendimento de questões que demanda maior detalhamento devido à sua complexidade.

O roteiro de atividades do projeto começou com a caracterização da empresa, visto que o presente estudo foi aplicado em uma empresa de mineração de bauxita, situada no município do Pará, com o número de 1200 empregados, composta pelas etapas de supressão vegetal, decapeamento e lavra mineral, beneficiamento industrial primário e bombeamento de polpa através de mineroduto. As ferramentas usadas para coleta de dados foram a observação de campo, avaliação de ordens de serviço de manutenção de válvulas. Seguiu-se com a aplicação da técnica de PDCA, quando foi elaborado o fluxograma do processo inicial e posterior, mapeamento de processo (SIPOC) inicial e posterior, diagrama de causa e efeito (Espinha de Peixe). Por fim, foi realizada a estimativa de ganhos financeiros comparando as duas estratégias de reconexão operacional de válvulas, com a padronização de processos ou redução de desperdícios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades do projeto começaram com a caracterização da empresa. O presente estudo foi aplicado em uma empresa de mineração de bauxita, situada no município do Pará, com o número de 1200 empregados, composta pelas etapas de supressão vegetal, decapeamento e lavra mineral, beneficiamento industrial primário e bombeamento de polpa através de mineroduto.

As ferramentas usadas para coleta de dados foram a observação de campo, avaliação de ordens de serviço de manutenção de válvulas.

Na etapa de aplicação da técnica de PDCA, foi elaborado fluxograma do processo inicial e posterior, mapeamento de processo (SIPOC) inicial e posterior e diagrama de causa e efeito (Espinha de Peixe).

Por fim foi elaborada estimativa de ganhos financeiros comparando as duas estratégias de reconexão operacional de válvulas, com a padronização de processos ou redução de desperdícios.

A seguir são apresentados os desdobramentos para atendimento dos objetivos específicos:

4.1 ETAPAS DE MANUTENÇÃO DE VÁLVULAS GUILHOTINAS

No que diz respeito às atividades operacionais foram executadas as seguintes tarefas que compuseram a manutenção das válvulas pela equipe de manutenção interna: troca dos pinos graxeiro, lubrificação das facas, destravamento da válvula, limpeza da válvula e cilindro, troca de mangueiras, troca de conexões, troca de lubrificador (até 8 bar), troca de válvula direcional, teste de atuação das válvulas; troca de sensores e cabos, troca de reparo da válvula e troca de válvula.

No que diz respeito aos recursos materiais necessários foram basicamente utilizadas as seguintes ferramentas e materiais: panos ou mantas, desengripante, desengraxantes, pincel, ajustável, chaves combinadas, chave grifo, cintas, manilhas, marreta, alavanca, parafusadeira, soquete, extensões e catracas, talha catraca e corrente e alicate.

Vale ressaltar que além de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), o cenário da atividade pode requerer a utilização de equipamentos para transporte e

movimentação (caminhão guindauto, empilhadeira, paleteira), além da necessidade de treinamentos específicos e equipamentos de proteção coletiva para atividades com válvulas em espaço confinado, em altura, entre outros.

O levantamento de equipamentos foi realizado tomando como base as seguintes informações: localização, tag de identificação, diâmetro da tubulação e conexões, modelo, registro de série, além da identificação de cenários de risco ocupacional, como trabalho em altura, trabalho em espaço confinado, entre outros.

As válvulas são de extrema importância para a operação da planta industrial em questão e seu custo gira em torno de R\$ 120.000 para válvulas de 24 polegadas. E em função das condições operacionais (material agregado) o registro de falhas é elevado, gerando falhas de ar nos cilindros.

A partir deste gargalo foi criada uma equipe para implementar a melhoria e colaborar na resolução deste problema iniciando com 2 mecânicos. No primeiro momento foi realizado um levantamento quantitativo de válvulas com problema, oportunidade em que foram identificadas 50 válvulas que apresentavam falhas.

As etapas de manutenção mecânica foram precedidas pela abertura do conjunto de cilindros e respectiva verificação, em que era constatado que as válvulas apresentavam danos nas camisas e em suas vedações.

A etapa seguinte foi a aquisição de kits de reparo, para recuperação imediata das válvulas danificadas e foi criado cronograma de manutenção trimestral de lubrificação de faca e manutenção na válvula para evitar uma quebra do equipamento.

Segue abaixo registro fotográfico de diversas condições de válvulas e etapas de atividade (Figuras 1 e 2).

Figura 1 – Válvula montada em operação



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 2 – Troca de kits de reparo dos cilindros



Fonte: Autoria própria (2021)

4.2 APLICAÇÃO DO PDCA

A estruturação e busca de melhores resultados na manutenção de válvulas foi obtida mediante a aplicação das etapas do ciclo PDCA, conforme apresentado nas seções subsequentes:

4.2.1 Planejar

A fase de planejamento foi executada através da aplicação das seguintes ferramentas: observação direta do processo pela equipe de técnicos e de engenharia, mapeamento de processo através de SIPOC (Tabela 1), elaboração de fluxograma (Figura 1), discussão de hipóteses de falha através de brainstorming e elaboração de diagrama de causa e efeito (Figura 2).

Tabela 1 – Mapeamento de processo (SIPOC inicial)

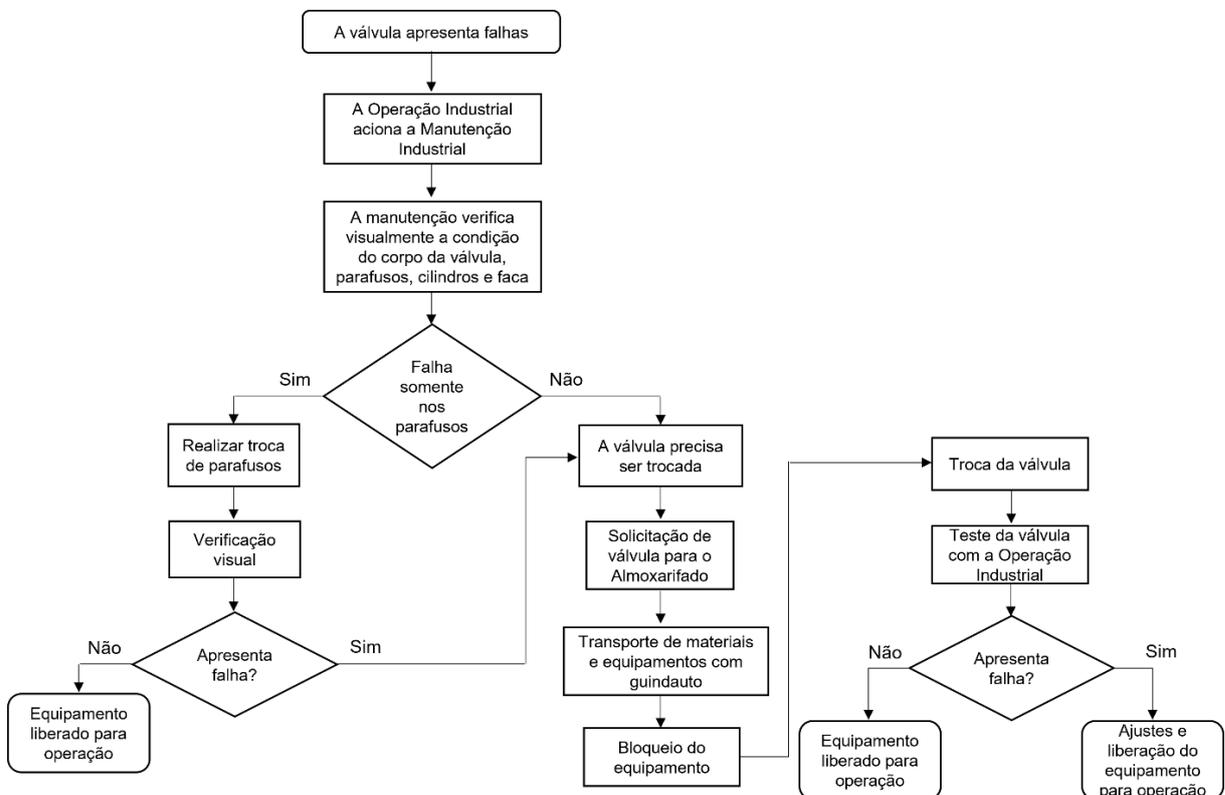
Supplier (Fornecedores)	Input (Entrada)	Process (Processo)	Out put (Saída)	Customer (Cliente)
Almoxarifado	Válvulas novas	Troca de válvulas danificadas	Válvulas operantes instaladas	Operação Industrial

Time de movimentação de carga	de Coleta e deslocamento de válvulas	Transporte de válvulas	Equipamentos e válvulas no local de instalação da válvula	Manutenção Industrial
-------------------------------	--------------------------------------	------------------------	-----------------------------------------------------------	-----------------------

Fonte: Fonte: Autoria própria

Abaixo é detalhado o fluxo que era seguido quando as válvulas eram substituídas:

Figura 1 – Fluxograma de troca de válvulas (antes)

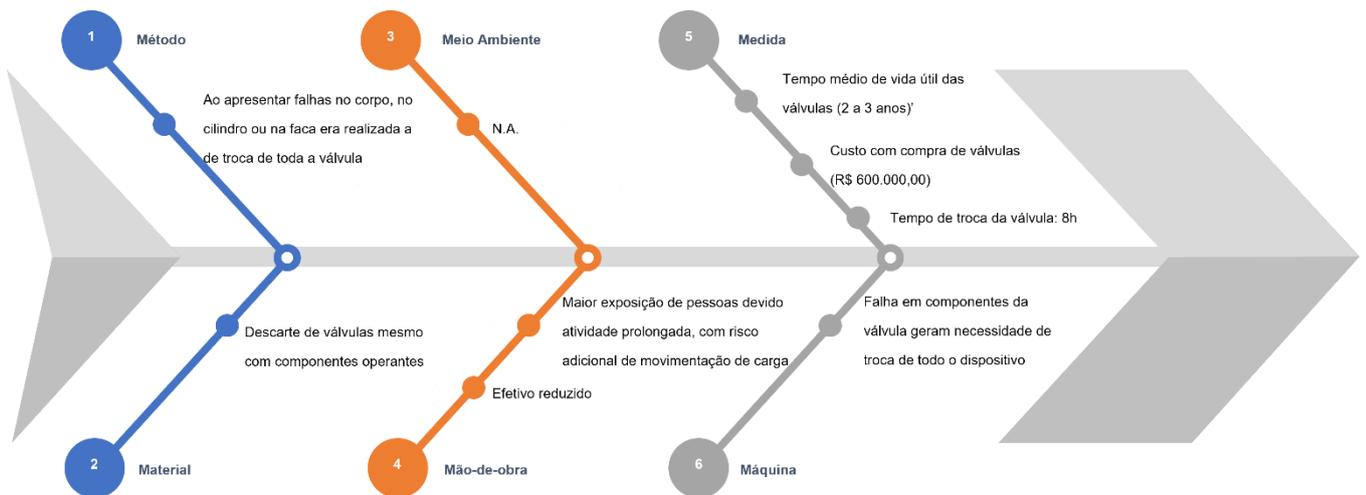


Fonte: Fonte: Autoria própria

Na etapa de mapeamento de possíveis problemas a equipe técnica realizou brainstorming através do qual chegaram às seguintes opções: falhas operacionais mais comuns nas válvulas (estouro do reparo, dano da faca, desprendimento ou folga de parafusos, cilindros); tempo de disponibilidade de física de válvulas; perda de equipamentos com componentes operantes; tempo de fornecimento de novas

válvulas; equipe não dimensionada para realizar repotenciamento de válvulas; problemas no processo de manutenção de válvulas e custo de válvulas.

Figura 2 – Diagrama de causa e efeito (Espinha de Peixe)



Fonte: Fonte: Autoria própria

4.2.2 Fazer

Nesta etapa do ciclo de PDCA foi realizado o levantamento de status das válvulas, onde foi identificado que aproximadamente 300 válvulas apresentavam algum tipo de defeito operacional, foi realizado treinamento de manutenção de válvulas, elaboração de procedimento e análise de risco, a comunicação referente à aquisição de kits de reparo (almoxarifado) e a nova estratégia de reconexão operacional (operação industrial). Também a aquisição de materiais para reparo (cilindro, face, corpo de válvula, entre outros) e a aplicação da estratégia de manutenção de componentes de válvulas ao invés do descarte de todo o equipamento.

4.2.3 Verificar

Na verificação foi estágio de acompanhar a manutenção em relação ao tempo de execução e o custo operacional, para isto foi lançado mão de observação direta do processo e de indicadores-chaves de performance nas reuniões de acompanhamento técnico.

4.2.4 Agir

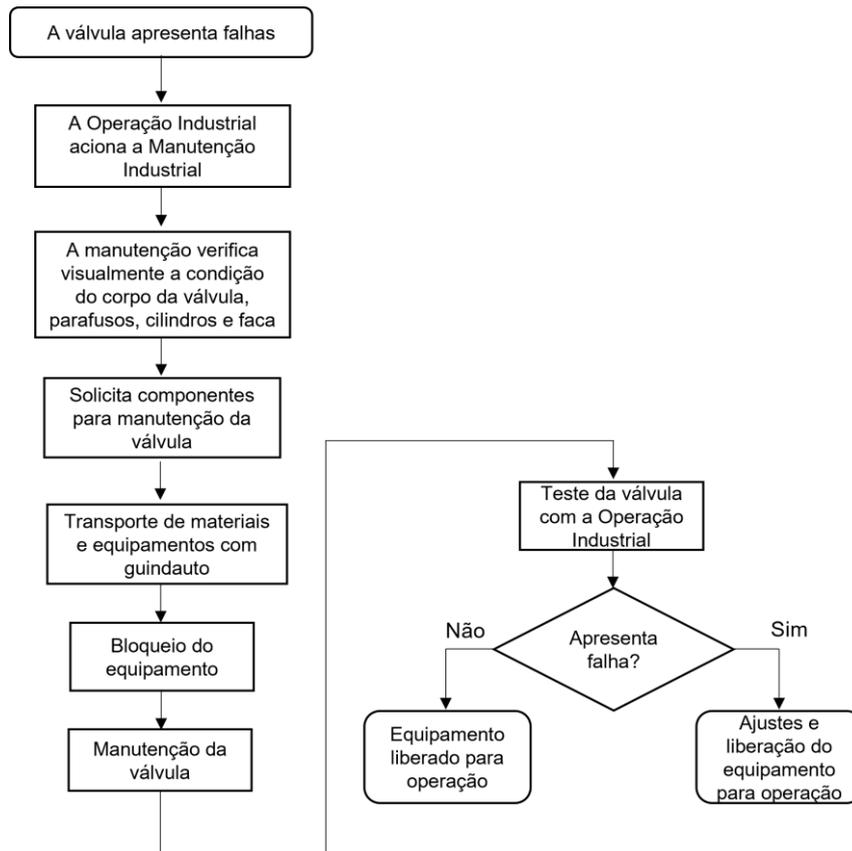
Por fim, a quarta etapa do ciclo de PDCA, chamada de agir, foi a ocasião de validar o novo mapeamento de processo e novo fluxograma de manutenção, assim como a continuidade do acompanhamento através de gestão à vista do atendimento das solicitações de manutenção de válvulas. Na sequência pode ser observada a atualização de mapeamento de processo atualizado (SIPOC), ver Tabela 2, a atualização do fluxograma (Figura 3), que compõem as informações acessíveis por Gestão à vista.

Tabela 2 – Mapeamento de processo (SIPOC) após modificação de processo

Supplier (Fornecedores)	Input (Entrada)	Process (Processo)	Out put (Saída)	Customer (Cliente)
Almoxarifado	Kits de reparo de válvulas	Manutenção de válvulas	Repotenciam. de válvulas	Operação Industrial
Time de movimentação de carga	Coleta e deslocamento de kits de reparos	Transporte de materiais	Ferramentas e kits de reparo no local de instalação da válvula	Manutenção Industrial

Fonte: Fonte: Autoria própria

Figura 3 – Fluxograma de troca de válvulas (depois)



Fonte: Fonte: Autoria própria

4.3 RELAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO DA MANUTENÇÃO PRIMARIZADA

Através do levantamento de custo, foi possível observar que após 6 meses de aplicação desta sistemática as válvulas voltaram em atuar 100% e custo que seria de R\$ 600.000 se fosse feita a troca das válvulas e passou para R\$ 150.000, com a implementação de monitoramento, manutenção preventiva periódica e manutenção corretiva interna, ou seja, primarizada, baseada na implementação do ciclo de PDCA.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como considerações finais deste trabalho são destacados os seguintes aspectos: As medidas adotadas promoveram o aumento de vida útil, aumento de tempo de disponibilidade operacional devido ao processo de manutenção e seus

gargalos terem sido identificados e tratados, o que gerou a redução do custo por descarte e reposição de válvulas. Observou-se que as hipóteses de realização de manutenção primarizada resultariam em redução de custos na disponibilidade operacional de válvulas. O objetivo geral de demonstrar ganhos gerenciais através da solução de problemas de disponibilidade de válvulas pela aplicação da ferramenta PDCA assim como os objetivos gerais foram demonstrados no tópico de Resultados e Discussões.

Considerando a pergunta que gerou a pesquisa o presente trabalho permitiu constatar que é possível melhorar a disponibilidade de válvulas guilhotina, reduzindo o tempo de manutenção e o seu custo. Foi constatado que a aplicação da ferramenta de gestão PDCA foi adequada para o tipo de pesquisa e metodologia adotada. A bibliografia utilizada possibilitou uma visão aprofundada do tema e forneceu a sustentação necessária para a condução do trabalho.

Com relação à compreensão enquanto engenheiro de produção, a aplicação da ferramenta de PDCA e obtenção de resultados tão promissores permitiu uma compreensão mais apurada dos aspectos práticos que só se tem oportunidade quando se é possível trazer os conceitos teóricos para a realidade operacional. A implementação do PDCA apresenta uma flexibilidade que permite a aplicação em outras questões operacionais no processo de manutenção industrial como um todo, assim como nas questões pertinentes à melhoria de processo.

Como oportunidade de aprimoramento do tema estudado, podem ser feitos estudos de alternativas de equipamentos e ferramentas na reconexão operacional de válvulas e aumento de sua disponibilidade.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. C. R. Q. **Avaliação da Aplicação do Ciclo PDCA na Tomada de Decisão em Processos Industriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Processos, UFPA, Belém, 2015.

AMARAL, A.N. **Critérios para análise de viabilidade para manutenção preditiva em válvulas de controle em indústrias de processo**. Monografia (Especialização

em Automação Industrial). Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007

MARCHIORI, B. C. **Aumento de confiabilidade de Válvulas Guilhotina de um Sistema de Despoeiramento**. Monografia (Departamento Acadêmico de Eletrotécnica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

NASCIMENTO, A. F. G. **A Utilização da Metodologia do Ciclo PDCA no Gerenciamento da Melhoria Contínua**. Monografia (MBA – Gestão Estratégica da manutenção, Produção e Negócios) - INSTITUTO SUPERIOR DE TECNOLOGIA - ICAP/MG. Faculdade Pitágoras, São João Del Rei, 2011.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da Qualidade Total: Uma abordagem prática**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2010.