Melhoria de Eficiência Fabril em uma Empresa Química – Estudo de Caso



Adalberto Toniote; Maurício Rebellato Beato; Renato de Almeida
Sérgio Zagonel

Faculdade Educacional de Araucária

RESUMO

A busca contínua pela melhoria dos índices nas empresas, tem como finalidade o aumento da lucratividade e a manutenção da competitividade. Nesse sentido, diagnosticar e atuar nas perdas do processo é fundamental para o atingimento destes objetivos. Nesse sentido, foi realizado um estudo para melhoria de eficiência em uma empresa que atua no ramo químico de produtos de limpeza, de nome fictício “AlveQuímica S.A”. O processo de produção de alvejantes, foi o escolhido para a avaliação das principais perdas. Este artigo, evidencia a importância da aplicação dos conhecimentos de Engenharia de Produção e os resultados gerados pelos mesmos. Através da utilização do Diagrama de Pareto foi possível identificar duas principais perdas que impactavam diretamente no Índice de Eficiência Global dos Equipamentos (OEE). Juntamente com o estudo dos métodos de trabalho e a utilização do *Brainstorm* e do Diagrama de Causa e Efeito, foram encontradas duas causas raízes. Através da ferramenta 5W2H foram traçadas as ações e realizadas as melhorias levantadas, tendo como principal, a automatização dos processos, que até então eram realizados manualmente.

Palavras chave: perdas, eficiência, automatização.

ABSTRACT

The continuous search for improvement of indices in business, aims to increase the profitability and maintaining competitiveness. In this sense, diagnose and act in the losses of the process is critical to the achievement of these goals. In this regard, a study was conducted to improve efficiency in a company engaged in the chemical branch of cleaning products, real name "AlveQuímica SA". The bleach production proce was chosen for the evaluation of the major losses. This article highlights the importance of the application of knowledge Production Engineering and the results generated by them. By using the Pareto diagram was possible to identify two major losses that impacted directly on the Overall Equipament Effectivences (OEE). Along with the study of the working methods and the use of Brainstorm and Cause and Effect Diagram, they were found two root causes. By 5W2H tool were plotted and carried out the actions raised the improvements, with the main, the automation of processes that were previously performed manually.

Key Words losses, efficiency, automation

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como tema, Melhoria de Eficiência Fabril em uma Indústria Química. Foi realizado um estudo de caso do processo de fabricação de Alvejantes (produto químico da família dos peróxidos, utilizado na remoção de manchas de tecidos), focando nas principais perdas, elaborando e aplicando as soluções de acordo com o uso das ferramentas da qualidade. O referido processo possui grande complexidade, devido ao controle preciso das variáveis de tempo e temperatura, bem como a velocidade de agitação da reação.

Através dos dados levantados pelo índice OEE (*Overall Equipament Effectivences* - Índice de Eficiência Global dos Equipamentos), que mensura a produtividade efetiva dos equipamentos dentro do sistema de produção, foram encontradas oportunidades de melhorias. E através deste entendimento, partiu-se então para o levantamento das principais perdas do processo.

Encontradas as perdas, foram utilizadas as ferramentas *Brainstorming*, Diagrama de Causa e efeito e a técnica dos cinco porquês para o diagnóstico das causas raízes. Com o uso da ferramenta 5W2H, foram efetivadas as ações referentes a diminuição das perdas encontradas. Houve o diálogo in loco com os envolvidos diretos no processo, juntamente com uma equipe multidisciplinar, dispondo para isto, dos operadores, técnicos em manutenção e do setor de engenharia.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Para Ruiz (2006), pesquisa exploratória é a pesquisa inicial de qualquer trabalho científico. Representa a caracterização inicial do estudo. É a familiarização do pesquisador com o tema a ser pesquisado. O intuito desta pesquisa não é resolver o problema e sim defini-lo.

A pesquisa de campo consiste na observação de fatos e fenômenos tais como acontecem realmente. A coleta de dados e análise dos mesmos também são integrantes da referida averiguação. (RUIZ, 2006).

Antes da pesquisa de campo é fundamental a realização da pesquisa bibliográfica. Segundo Ruiz (2006) esta última servirá como base de informação real do problema, incluindo trabalhos já realizados e será o modelo inicial, servindo como referência. Após a

pesquisa bibliográfica, determina-se o tipo de coleta de dados mais apropriada para o tema proposto. (RUIZ, 2006).

Para o trabalho, foi realizada a pesquisa exploratória, com o intuito de familiarização com o problema, através do conhecimento e análise do fluxo do processo de fabricação de alvejantes.

Realizou-se a pesquisa bibliográfica para servir como referencial teórico sobre o processo e suas oportunidades de melhorias, com ênfase nas características do processo produtivo de alvejantes, bem como sua automatização.

Para o aprofundamento dos problemas e levantamento das soluções, foi utilizada a pesquisa em campo, utilizando-se das ferramentas da qualidade: Diagrama de Pareto, *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, Cinco Porquês e 5w2H.

Através das ferramentas da qualidade, foram realizadas as implementações de melhoria no processo de alvejantes.

Os resultados das modificações foram avaliados e a viabilidade confirmada através do cálculo do retorno financeiro ou payback.

2.2 ESTUDO DE CASO

A empresa estudada no presente artigo, tem o nome fictício de “AlveQuímica S.A”. Atua no ramo químico industrial, fornecendo um portfólio variado, focado no mercado nacional e internacional de produtos de limpeza. É uma empresa considerada de médio porte, localizada na região metropolitana de Curitiba e possui um quadro de 100 funcionários.

O estudo se refere às oportunidades de melhoria de eficiência no processo de fabricação de alvejantes (uma mistura de substâncias químicas, usado na desinfecção de roupas e remoção de manchas), concentrando-se somente no setor de produção. Os demais processos não serão contextualizados neste artigo.

A linha produtiva da AlveQuímica S.A é composta por 18 equipamentos, em forma de vasos, trabalhando em regime de batelada, conforme o layout da figura 1, sendo:

- 9 Misturadores (M);
- 2 Dispersores (D);
- 7 Reatores (R).

Todo o processo se concentra no recebimento da receita a ser processada, na qual constam todas as informações do produto a ser processado, tais como: equipamento, temperatura, tempo de processo e velocidade de agitação.

De posse dessas informações, o operador realiza todos os procedimentos necessários a realização do componente.

A escolha do tipo do vaso varia de acordo com a descrição da receita e a quantidade a ser produzida.

Todos os vasos possuem a mesma dinâmica de operação, sendo que a melhoria implantada em um, pode ser replicada para os dezessete restantes.

No layout da figura 1 é mostrada a disposição física dos equipamentos:

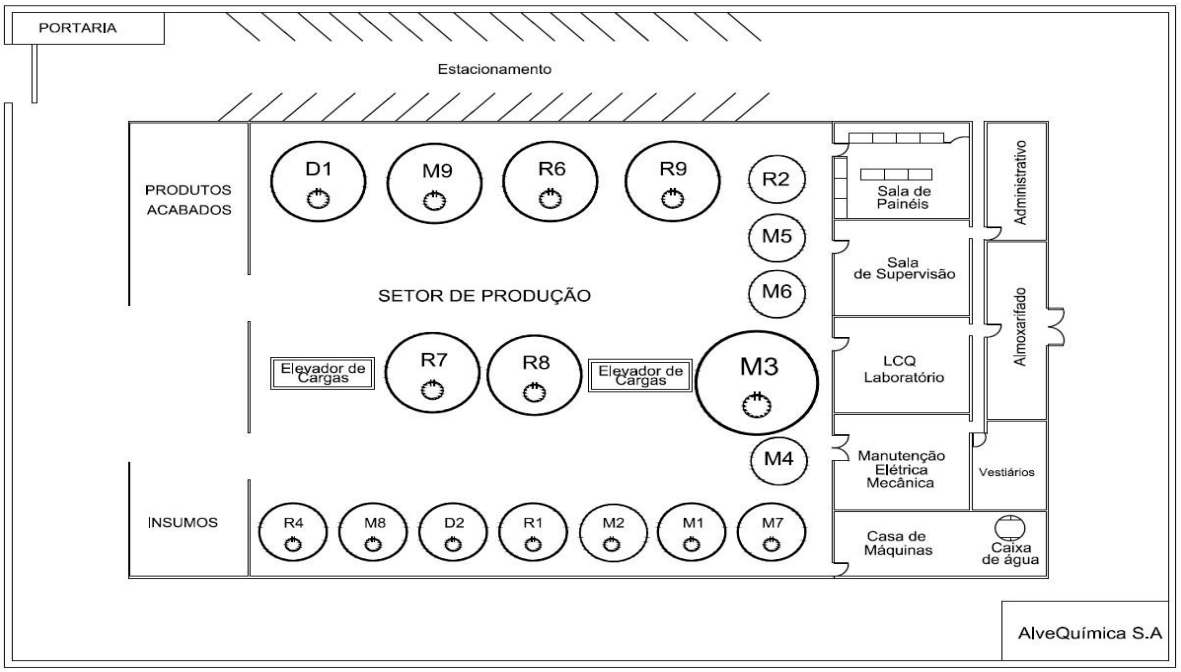


FIGURA 1 – LAYOUT DA EMPRESA ALVEQUÍMICA S.A
FONTE: OS AUTORES (2015)

Na figura 1, é mostrado o layout da empresa “AlveQuímica S.A”, onde constam todos os 18 vasos constituintes do sistema produtivo, com identificações “M” de Misturador, “D” de Dispersor e “R” de Reator, bem como os demais setores da organização. Os equipamentos são distribuídos em dois pisos, sendo a parte superior destinada ao carregamento da matéria prima e a parte inferior voltada ao descarregamento.

2.3 PROBLEMÁTICA

Foram levantados os dados referentes ao índice de OEE (Indicador de Eficiência Global dos Equipamentos), retirados do banco de dados interno da Alvequímica S.A, relativos ao processo produtivo de Alvejantes, durante o período de junho de 2013 a abril de 2015, conforme mostrado no gráfico de Pareto da figura 2:

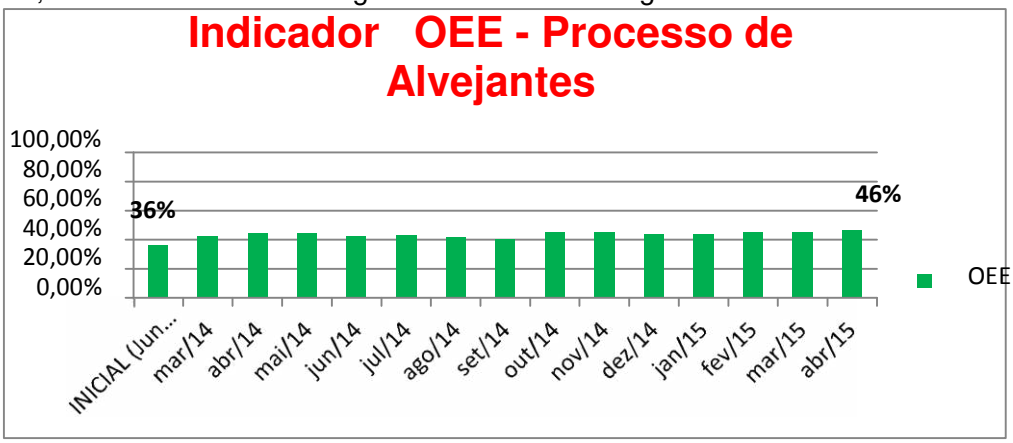


FIGURA 2 – INDICADOR DE EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS
FONTE: ALVEQUÍMICA S.A

Constatou-se através do gráfico de Pareto da figura 2, uma média de valores de aproximadamente 43% de rendimento, com grande oportunidade de melhoria neste processo.

Após essa análise, foi realizado o levantamento das principais perdas do processo produtivo de alvejantes no mês de abril de 2015, que resultou no gráfico da figura 3:

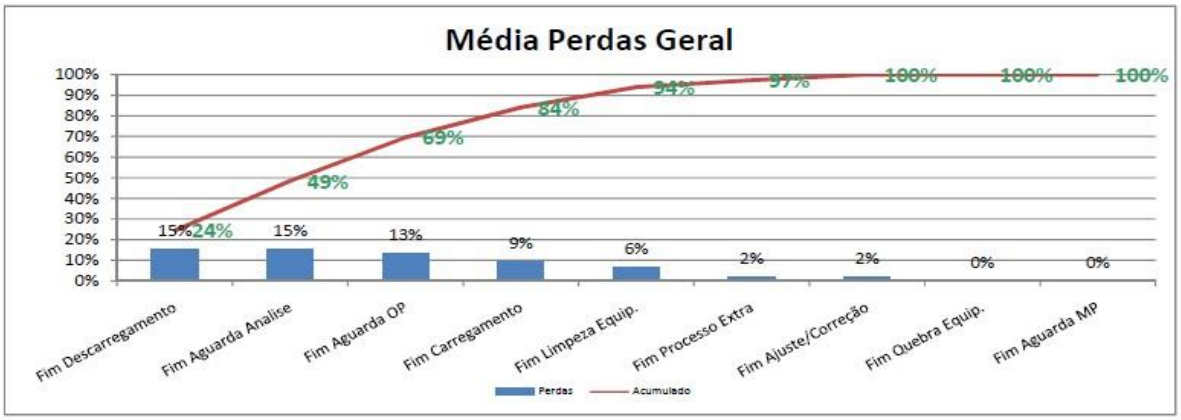


FIGURA 3 – MÉDIA DAS PERDAS PRODUTIVAS
FONTE: ALVEQUÍMICA S.A

Através do Gráfico de Pareto na figura 3, constatou-se que as perdas “Fim de Descarregamento” e “Fim Aguarda Operador” concentram 22% das causas e aproximadamente 70% das perdas. O item “Fim Aguarda Análise” não foi considerado neste estudo, por ser considerada uma perda esperada.

2.4 ESTUDO DO FLUXO ATUAL DO PROCESSO PRODUTIVO

Para o estudo, foi elaborado o fluxo de processo atual do processo produtivo de alvejantes, conforme quadro 1. Foi realizado um acompanhamento em campo de todas as etapas envolvidas no processo de fabricação de alvejantes, durante o período de uma semana.

Fluxograma do Processo Produtivo de Alvejantes

Símbolos		Totais
●	Atividade	19
➡	Transporte	5
■	Execução ou Inspeção	2
▲	Armazenagem	0
◗	Espera	3

Ordem	Símbolos	Pessoas	t (min)	D (m)	Descrição dos passos
1	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	2	Receber a receita
2	○ ➡ ▱ ▭ △	Op. de processo	30	2	Receber os insumos
3	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	20	5	Abrir a tampa do equipamento e adicionar a matéria prima solicitada
4	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	20	Ir ao painel de controle, ligar e regular agitação
5	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	20	Abrir a válvula de resfriamento (manual)
6	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	3	10	Regular mostrador de temperatura para 70°C
7	○ ⇨ ◗ ▭ △	Op. de processo	90		Aguardar Processo
8	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	3	20	Após adição, fechar a válvula de resfriamento (manual)
9	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	10	Abrir válvula de aquecimento (manual)
10	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	20	Ajustar via painel temperatura para 160°C
11	○ ⇨ ◗ ▭ △	Op. de processo	180		Após alarme da temperatura, manter condição por 3 horas
12	○ ⇨ ▱ ■ △	Op. de processo	10	20	Após 3 horas,coletar amostra e enviar ao LCQ
13	○ ⇨ ◗ ▭ △	Op. de processo	60		Após aprovação do LCQ, ajustar temperatura para 96°C, por 60 minutos
14	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	20	Após 60 minutos, fechar válvula de aquecimento (manual)
15	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	3	10	abrir a válvula de resfriamento (manual)
16	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	10	Ajustar temperatura via painel para 30°C
17	○ ⇨ ▱ ■ △	Op. de processo	10	20	Retirar amostra e enviar para o LCQ
18	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	10	Desligar agitação, aguardar liberação e descarregamento
19	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	2	10	Consultar prioridade de descarregamento
20	○ ➡ ▱ ▭ △	Op. de processo	10	10	Solicitar empilhadeira para trazer balança
21	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	5	Instalar filtro na boca de descarga
22	○ ➡ ▱ ▭ △	Op. de processo	10	10	Solicitar empilhadeira para trazer as embalagens
23	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	10	Abrir válvula de descarregamento (manual)
24	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	2	1	Colar a etiqueta na embalagem
25	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	10	5	Quando atingir peso, fechar válvula de descarregamento (manual)
26	○ ➡ ▱ ▭ △	Op. de processo	10	10	Solicitar empilhadeira para retirar embalagem
27	○ ➡ ▱ ▭ △	Op. de processo	10	10	Solicitar empilhadeira para retirar balança
28	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	5	3	Anotar na receita rendimento das embalagens
29	● ⇨ ▱ ▭ △	Op. de processo	40	3	Realizar limpeza
TOTAL:			558	276	

QUADRO 1 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO
FONTE: OS AUTORES (2015)

Através do quadro 1, foi observado um tempo total de processo de Alvejantes de 568 minutos, totalizando-se 29 etapas.

Foi elaborado também o desenho do processo, conforme figura 3:

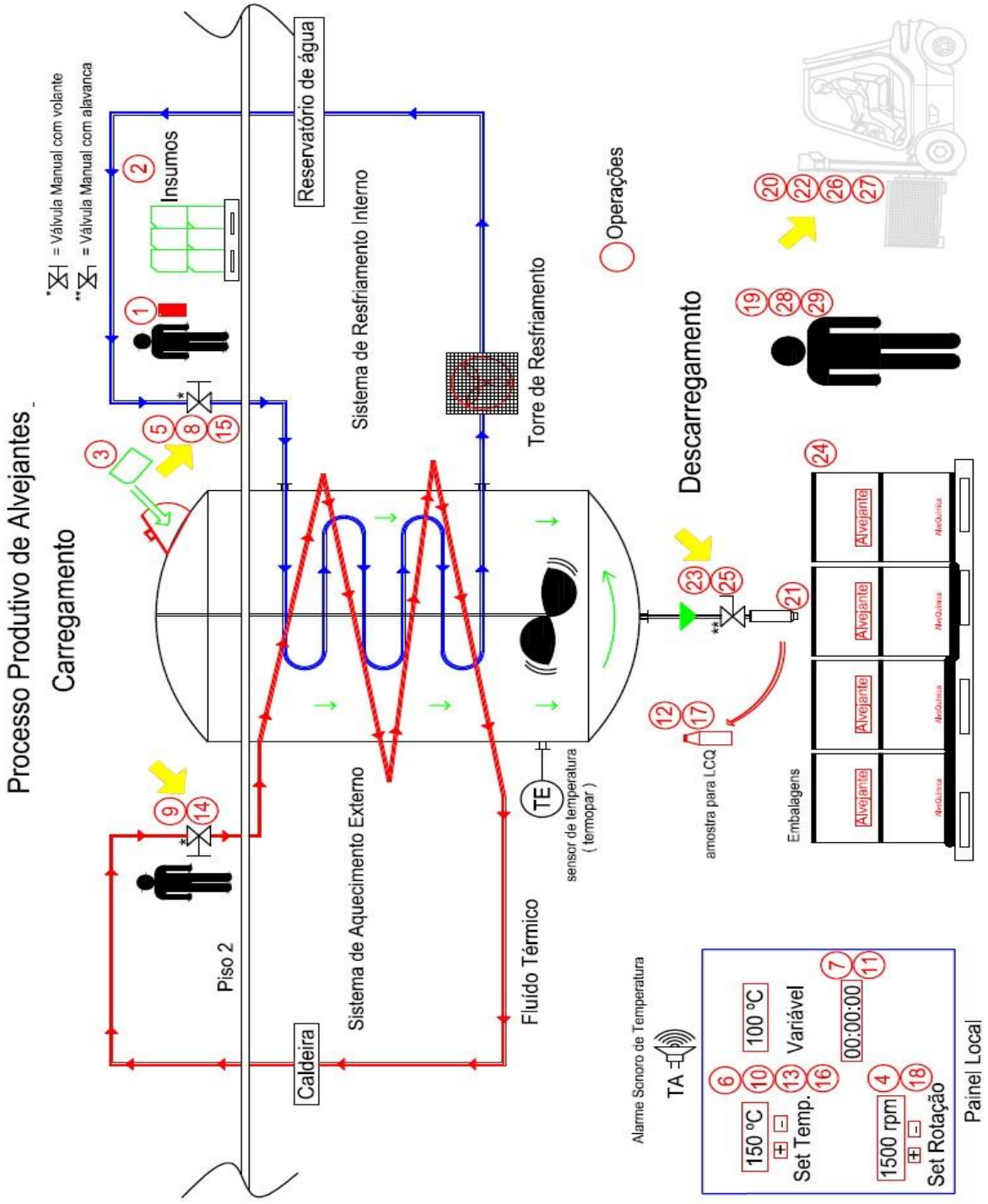


FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE ALVEJANTES
FONTE: OS AUTORES (2015)

Ficou evidente a importância do controle de temperatura no processo produtivo de alvejantes, verificada nas etapas 6, 10, 13 e 16 da figura 3, pois esta variável está diretamente atrelada à velocidade das reações. Portanto, um controle adequado propicia uma velocidade de reação eficiente, o que impacta diretamente na eficiência do equipamento e na qualidade do produto.

Constatou-se também a grande quantidade de tarefas manuais realizadas pelo operador, as quais mais importantes e impactantes seriam a abertura e fechamento das válvulas de aquecimento (externo) e resfriamento (interno) dos vasos, constatadas nas etapas 5, 8, 9, 14 e 15 da figura 3.

2.5 *BRAINSTORMING*

Após a identificação dos dois efeitos causadores de perdas do processo no gráfico de Pareto, sendo “Fim Descarregamento” e “Fim Aguarda Operador”, e análise do fluxo do processo, foi formado um grupo multifuncional com conhecimento do processo, sendo:

- Facilitador;
- Operador “A”;
- Operador “B”;
- Técnico em Manutenção Mecânica “C”;
- Técnico em Manutenção Elétrica “D”;
- Engenheiro de Processos “E”.

Este grupo foi reunido em uma sala, e foram geradas as possíveis causas dos dois problemas encontrados no gráfico de Pareto. Todas estas, foram agrupadas no diagrama de Causa e Efeito.

2.6 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

A partir do *Brainstorming* realizado, foi elaborado o Diagrama de Causa e Efeito para diagnosticar as causas mais prováveis das duas principais perdas verificadas no Diagrama de Pareto, “Aguardando operador e “Fim Descarregamento”, conforme figura 2.

Na figura 3, foi realizado o Diagrama de Ishikawa para a perda “Fim Aguarda Operador, e na figura 4, o diagrama para a perda “Fim de Descarregamento”.

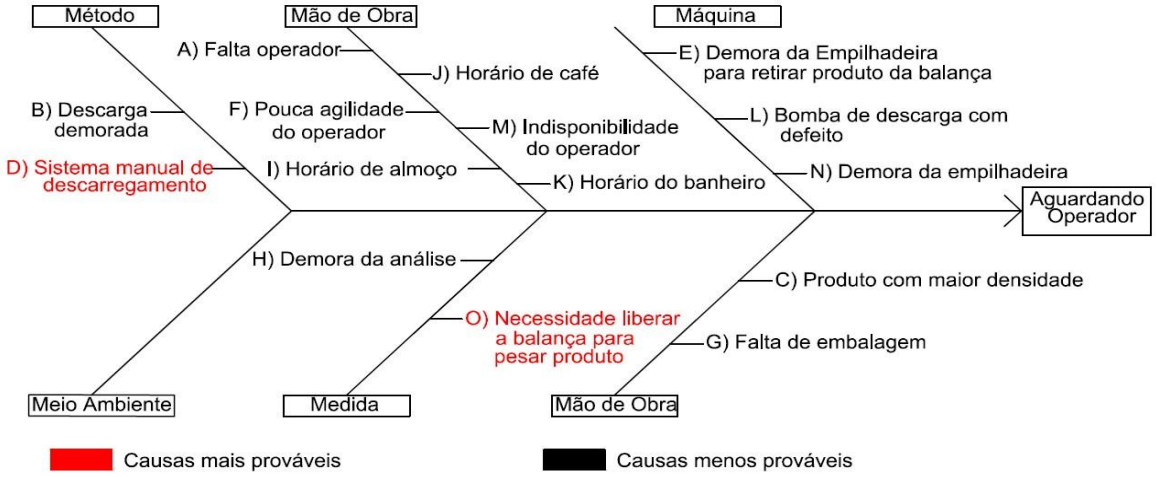


FIGURA 3 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA PERDA “AGUARDANDO OPERADOR”
FONTE: OS AUTORES (2015)

Através da análise realizada na figura 3, foram identificadas, em anuência da equipe, duas causas mais prováveis para a perda “Aguardando Operador”: “Sistema manual de descarregamento”, e “Necessidade de liberar a balança para pesar produto”.

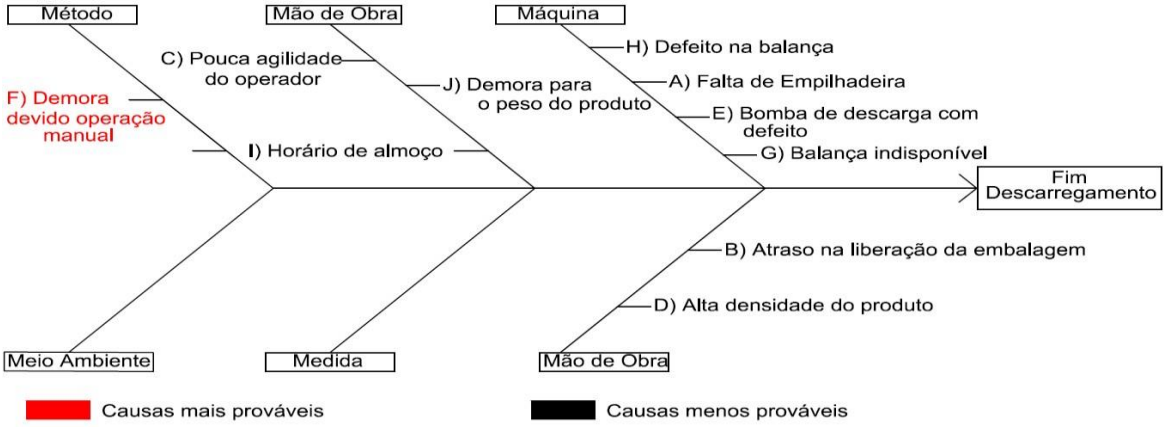


FIGURA 4 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA PERDA “FIM DESCARREGAMENTO”
FONTE: OS AUTORES (2015)

Através da figura 4 verificou-se a principal causa da perda Fim Descarregamento, como sendo a “demora devido operação manual”.

2.7 TÉCNICA DOS “CINCO PORQUÊS”

Através do Diagrama de Ishikawa chegou-se a três causas mais prováveis para as duas principais perdas estudadas: “sistema manual de descarregamento, “necessidade de liberar a balança para pesar produto” e “demora devida operação manual”.

Partiu-se então para a aplicação dos “cinco porquês”, para identificação das causas raízes, sendo que duas convergiram para a ineficiência do sistema de controle manual de temperatura e outra causa raiz para o sistema de pesagem e movimentação de materiais.

2.8 5W2H

Encontradas as causas raízes, apontadas no quadro 5, foi então utilizada a ferramenta 5W2H para elaborar o plano de ação para implementação das melhorias, conforme quadro 2:

Perguntas Instigadoras	Direcionamento da causa raiz 1 e 3	Direcionamento da causa raiz 2
O que deve ser feito?	Automatizar válvulas manuais de aquecimento/resfriamento/descarga	Instalar balança fixa, automatizada e transportador de roletes
Quem é o responsável?	Equipe de Manutenção	Equipe de Manutenção
Onde deve ser feito?	Nos vasos do processo produtivo de alvejantes	No descarregamento dos vasos do processo de alvejantes
Quando deve ser feito?	Segundo semestre de 2015	Segundo semestre de 2015
Por que é necessário fazer?	Reduzir perdas e consequente aumento de eficiência	Reduzir perdas e consequente aumento de eficiência
Como será feito?	Substituindo as válvulas manuais por válvulas on/off, com controle automático	Instalando balança fixa e transportador de roletes na descarga
Quanto vai custar?	R$ 69.850,00	R$ 19.250,00

QUADRO 2 – QUADRO DE APLICAÇÃO DO 5W2H
FONTE: OS AUTORES (2015)

Conforme o quadro 2, foram definidas as ações para as modificações no processo a respeito da automatização das válvulas e instalação da balança fixa, e o custo das implementações.

3 APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Após a definição das causas raízes, e a definição do plano a seguir de acordo com o 5W2H, verificado no quadro 2, partiu-se então para a implementação das melhorias.

Foi realizado o levantamento dos custos e compra dos componentes envolvidos nas mudanças. Nela constam os gastos envolvidos na compra das válvulas *on/off*, célula de carga para a balança fixa, o CLP responsável pelo controle automatizado, bem como o software que irá gerenciar o processo e os demais componentes, conforme tabela 1:

TABELA 1 – CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS

CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS (1 + 2 + 3)		
1	Termostato, bulbo, expansão líquido, tipo haste com capilar, 6x112mm, faixa 0~300ºC, 16A, 250Vca tp: JUMO 6060000	R$ 1.500,00
3	Válvula solenoide, 3/2 vias, corpo aço inox, normalmente fechada, conexão 1/8", 120V/60HZ, ASCOVAL	R$ 2.500,00
1	Válvula on/off ,1/2", esfera, atuador pneumático	R$ 8.500,00
2	Válvula on/off ,2", esfera, atuador pneumático	R$ 8.650,00
3	Chave fim de curso, 3,0A, Westlock.	R$ 200,00
3	Conjunto reguladora e filtro de ar comprimido 0~7 Kgf/cm2	R$ 150,00
1	Célula de Carga Tipo medição de peso ou força, capacidade 1000 lbf	R$ 2.000,00
1	CLP (Controlador Lógico Programável), 115/220 Vca, 8 entradas digitais, 6 saídas digitais SIEMENS	R$ 3.500,00
1	Esteira transportadora por roletes livres e tracionados	R$ 1.250,00
1	Infraestrutura elétrica, cabos, eletro dutos, eletro calhas, caixa de passagem etc.	R$ 2.000,00
1	Infraestrutura pneumática, tubulação conexões etc.	R$ 2.500,00
16	Custo de treinamento	R$ 2.000,00
1	Licença de Software	R$ 5.000,00
1	Mão de Obra	R$ 10.000,00
1	Consultoria	R$ 5.000,00
	CUSTO TOTAL	**R$ 99.100,00**

FONTE: OS AUTORES (2015)

Conforme a tabela 1, foram investidos o total de R$ 99.100,00 na implementação das modificações no processo. Foram instaladas as três válvulas automatizadas (aquecimento, resfriamento e descarregamento), em substituição as manuais, realizada a instalação da balança fixa e automatizada, com função do controle da válvula de descarregamento, como também a inserção do transportador de roletes conforme figura 5:

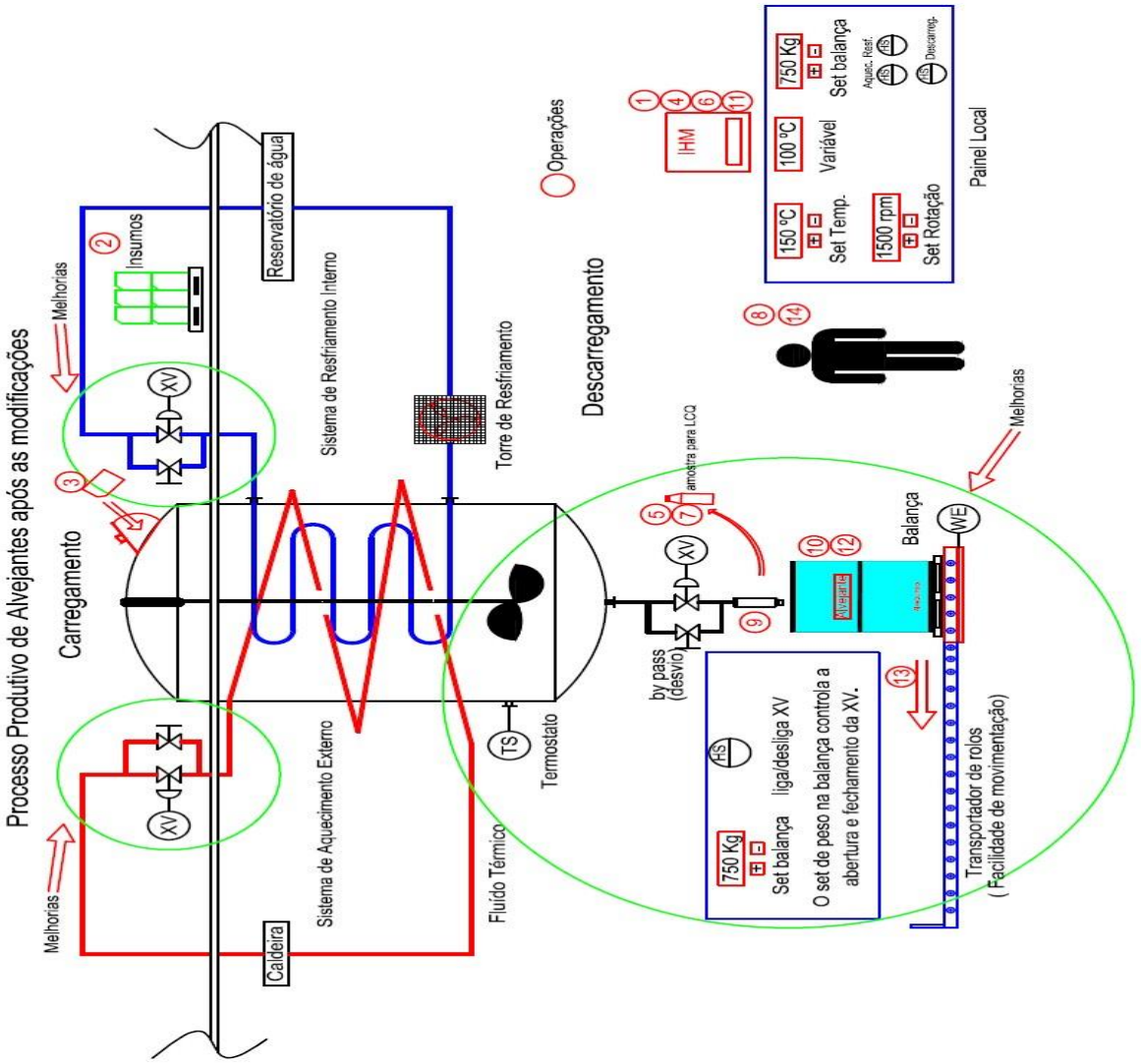


FIGURA 5 – RERESENTAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE ALVEJANTES APÓS AS MODIFICAÇÕES.
FONTE: OS AUTORES (2015)

Na figura 5, é possível observar, nas regiões sinalizadas, onde ocorreram as modificações da substituição das válvulas manuais por automáticas, a instalação da balança fixa automatizada, bem como o transportador de roletes.

4 RESULTADOS

Após a implementação das melhorias no período de julho a agosto de 2015, foi realizado o acompanhamento das modificações nos meses de setembro e outubro de 2015.

Foi verificada uma redução de 125 minutos no tempo total do processo de fabricação de alvejantes, resultado da diminuição de 29 etapas do processo para apenas 14. Tais decréscimos impactaram no aumento de eficiência, conforme gráfico1:

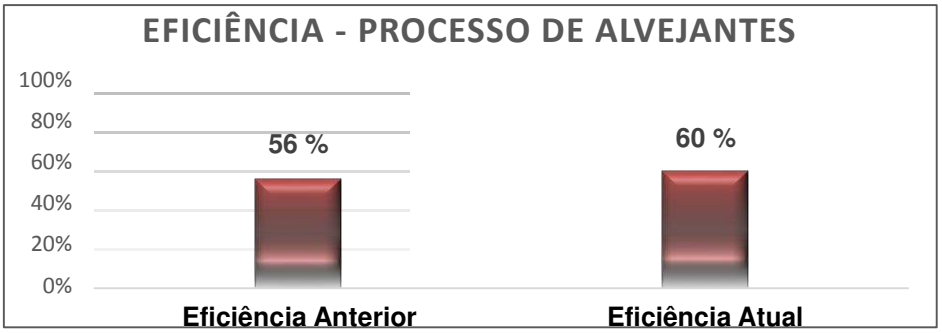


GRÁFICO 1 – COMPARAÇÃO EFICIÊNCIA ANTERIOR E ATUAL
FONTE: OS AUTORES (2015)

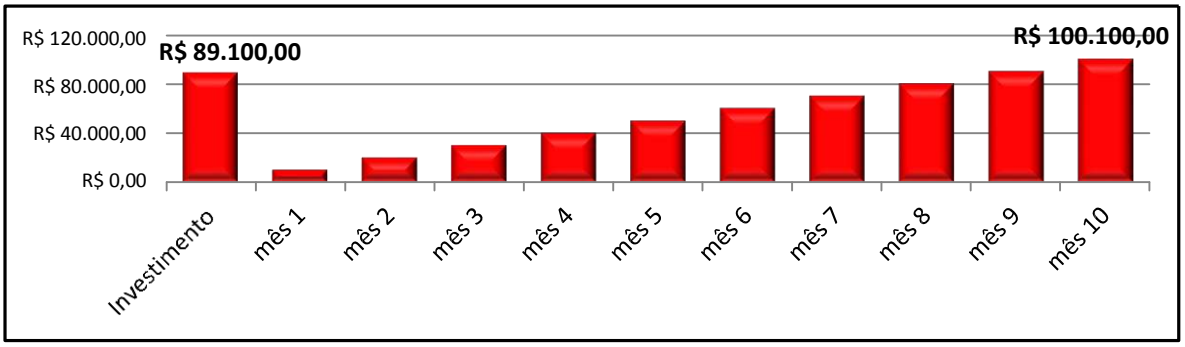


GRÁFICO 2 - VALOR DO INVESTIMENTO x LUCRO ESTIMADO
FONTE: OS AUTORES (2015)

O aumento significativo de 4% na eficiência do processo produtivo de Alvejantes, visto no gráfico 1, proporcionou um aumento de lucro mensal de R$ 10.010,00. Este lucro acumulativo observado no gráfico 2, ocasiona em um payback ou retorno de investimento de 10 meses.

5. CONCLUSÃO

Após a implantação das melhorias na automatização dos controles de temperatura e de descarregamento, pertencentes ao processo de fabricação de alvejantes, e a realização do acompanhamento dos principais índices, durante o período de dois meses, chegou-se à conclusão que o trabalho de melhoria atingiu seus objetivos iniciais.

A substituição das válvulas manuais por válvulas automatizadas e a instalação da balança fixa no descarregamento do vaso, ocasionou na diminuição das principais perdas diagnosticadas no processo produtivo de alvejantes, sendo: “Fim Aguarda Operador” e “Fim Descarregamento”. O controle automático aperfeiçoou a rotina operacional, garantindo um decréscimo de tempo de operação na fabricação de alvejantes em 125 minutos. Com a implantação da balança fixa, eliminou-se a ociosidade devido ao constante apoio da empilhadeira para colocação e retirada da balança móvel. Tais fatores possibilitaram o acréscimo de um lote produzido ao mês, equivalente a 13 toneladas, contribuindo para um incremento no valor mensal produzido de R$ 28.600,00. Com todos esses ganhos, a eficiência evoluiu 4%, resultando na elevação do lucro mensal em R$ 10.010,00. Comparando-se com o investimento inicial de R$ 99.100,00, estima-se um payback ou retorno do investimento de 10 meses, o que possibilita a replicabilidade do projeto para os demais processos da empresa AlveQuímica S.A.

A principal dificuldade encontrada durante o processo foi a assimilação dos operadores com relação as novas tecnologias, o que foi gradualmente absorvido a partir de periódicos treinamentos e a prática diária. A nova rotina operacional exigiu maiores competências técnicas de todos os envolvidos, fato que influenciou positivamente no crescimento profissional da equipe. Também foi crucial a participação e envolvimento da alta direção durante todo o processo de mudança.

A partir deste artigo aconselha-se o acompanhamento integral das novas tecnologias e metodologias que vão surgindo no mercado, sempre com o intuito do aumento da eficiência e lucratividade da empresa. O presente artigo pode servir de base para qualquer projeto que vise o aumento de eficiência produtiva.

6 REFERÊNCIAS

ATKINS. Peter. **Físico-Química**. Rio de Janeiro:LTC livros técnicos e Científicos, 2002.

GROOVER, M. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2011.

KOTZ, John C**. Química Geral e Reações Químicas.** São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MINICUCCI, A.**Técnicas do Trabalho de Grupo**. São Paulo: Atlas, 2001.

MOELLMANN, A.H. et al. **Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. Revista Gestão Industrial**, Brasil, v.2, n.1, p.89-105, jan./mar, 2006.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda, 1989.

OAKLAND, Jhon S. **Gerenciamento da Qualidade Total.** São Paulo,Nobel, 1994.

Groover, M. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2011.

PEQUIS, **Projeto de pesquisa de química e sociedade**. São Paulo; Nova Geração, 2005.

ROZEMBERG, Izrael Modka, **Química Geral. São Paulo**. Blucher, 2002.

RUIZ, J. Á. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. São Paulo: Atlas, 2006.