

“UTILIZAÇÃO DO PDCA PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE AR COMPRIMIDO DE UMA PLANTA FRIGORÍFICA ATRAVÉS DE PREDITIVA”

André Santana de Mesquita

Hermes Dias Godinho

II Workshop de Manutenção Industrial – Catalão/GO

23/08/2016

RESUMO

Este trabalho foi idealizado com o intuito de avaliar as condições do sistema de ar comprimido de uma grande empresa do ramo de alimentos, localizada em Uberlândia-MG. Esta empresa passava por sérios problemas relacionados ao seu sistema de geração, distribuição e consumo de ar. Foram registrados, em especial nos anos de 2013 e 2014 um elevado número de paradas de produção por falta de ar comprimido no processo. O compressor responsável por atender as linhas de produção, trabalhava cerca de 22,5 horas a plena carga todos os dias. O trabalho iniciou-se como uma verificação das condições do sistema e um mapeamento de todos os equipamentos pneumáticos e pontos de consumo de ar da planta. Com este mapeamento, foi possível determinar o consumo teórico global da unidade. Concomitantemente, foram realizadas coletas dos dados fornecidos pelo compressor, para a determinação do consumo de ar comprimido real, sendo observado que o mesmo era 57% superior a demanda teórica. A metodologia do PDCA (Plan, Do, Check, Act), foi então utilizada com intuito de se reduzir o consumo de ar da planta. Após a utilização do PDCA, foi possível identificar as causas fundamentais do problema raiz. Com a execução do plano de ação elaborado durante a etapa de planejamento, foi possível diminuir o consumo de ar comprimido da planta em 25,2%, representando além de economia financeira, uma diminuição em 48% das paradas não programadas por falta de ar comprimido no processo, entre 2014 e 2015.

Palavras-chave: Ar comprimido, Eficiência energética, Melhoria contínua

1 INTRODUÇÃO

O ar comprimido é um importante insumo utilizado em larga escala em processos industriais sendo fundamental em linhas de produção, especialmente nos acionamentos pneumáticos e sistemas de transporte.

Segundo (ROCHA; MONTEIRO, 2005): “O ar comprimido é um produto dotado de alta energia, resultado de uma transformação termodinâmica sofrida pelo ar atmosférico por meio do consumo de trabalho mecânico de compressão realizado por uma máquina térmica denominada compressor”.

O ar atmosférico ao ser comprimido adquire energia potencial de pressão. Esta energia é resultado da conversão da energia elétrica da rede, em energia mecânica através dos motores de acionamento dos compressores.

Quando o ar comprimido flui ao longo de uma tubulação, parte desta energia potencial é convertida em energia cinética. Portanto, quanto menos energia potencial for convertida em cinética no trajeto entre o setor de geração e os pontos consumidores, maior a quantidade de energia potencial de pressão poderá ser convertida em trabalho através das ferramentas e equipamentos pneumáticos. Sendo assim, um sistema de ar comprimido eficiente é aquele cujas etapas (geração, distribuição e consumo), são projetadas de forma a produzir o trabalho necessário, com a menor quantidade possível de recursos energéticos. Para tal, são fundamentais: a adequada seleção do compressor de ar e o correto dimensionamento do sistema, minimizando ao máximo as perdas de carga ao longo da linha de distribuição.

Em sistemas de ar comprimido, a maior parcela do custo de geração refere-se a energia elétrica utilizada na compressão. O uso mais eficiente do ar comprimido pode representar uma considerável economia no consumo de energia de uma empresa.

Segundo (ROCHA; MONTEIRO, 2005) atualmente cerca de 5 bilhões de toneladas de ar são comprimidos por ano em todo o mundo gerando um consumo de 400 bilhões de kWh. Desde a crise energética ocorrida no Brasil em 2001, muito se tem estudado a respeito de eficiência energética.

Uma grande empresa do setor de alimentos, apresentava em uma de suas unidades de abate de aves, uma grande indisponibilidade devido ao elevado número de paradas de produção por falta de ar comprimido no processo. A equipe de engenharia de manutenção foi convocada para analisar a situação visando aumentar a disponibilidade do equipamento. Ficou constatado que o compressor desarmava constantemente e trabalhava a plena carga em média 22,5 horas por dia. Verificou-se que a instalação do

compressor não estava adequada e que o elevado número de desarmes se dava por excesso da temperatura de operação do compressor. A Figura (1), representa a sala de geração de ar comprimido da empresa estudada.



Figura 1 - Sala de geração de ar comprimido

A primeira ação tomada pela engenharia de manutenção, foi a substituição imediata do lubrificante de base mineral utilizada no compressor, por um equivalente de base sintética. Os lubrificantes sintéticos sempre apresentam índice de viscosidade superiores quando comparados aos minerais. Este índice representa o quanto a viscosidade de um lubrificante é afetada com a alteração da temperatura de operação. Para altas temperaturas de operação é recomendada a utilização de óleo lubrificante com alto valor de índice de viscosidade.

Além do lubrificante se manter a uma viscosidade ideal para a aplicação, com a substituição do lubrificante a temperatura de operação do compressor foi ligeiramente reduzida, minimizando o desgaste dos componentes mecânicos do equipamento e aumentando a vida útil do lubrificante.

Foi então elaborado o projeto de uma nova sala de geração de ar comprimido com sistema de exaustão instalado no compressor, visto que ficou constatado que toda a carga térmica rejeitada pelo compressor era succionado pelo próprio equipamento

fazendo com que a temperatura de entrada do ar atmosférico no compressor aumentasse significativamente. Como a densidade do ar diminui com o aumento da temperatura, quanto maior a temperatura de sucção menor a eficiência do sistema de compressão.

Foi então iniciado um trabalho de mapeamento de todo o sistema de ar comprimido da planta afim de se verificar a demanda de ar comprimido dos processos. Foram levantados todos os equipamentos consumidores de ar comprimido e pontos de consumo isolados. Após a listagem dos pontos, foi realizado um estudo em campo com o apoio dos fabricantes dos equipamentos para a determinação do consumo teórico da planta, levando em consideração a vazão teórica nos pontos de consumo e o tempo de utilização de cada equipamento. Verificou-se uma demanda teórica de 18215 m³ de ar comprimido por dia, ficando constatado que o consumo real era cerca de 57% superior a demanda teórica, conforme ilustra a Figura (2).

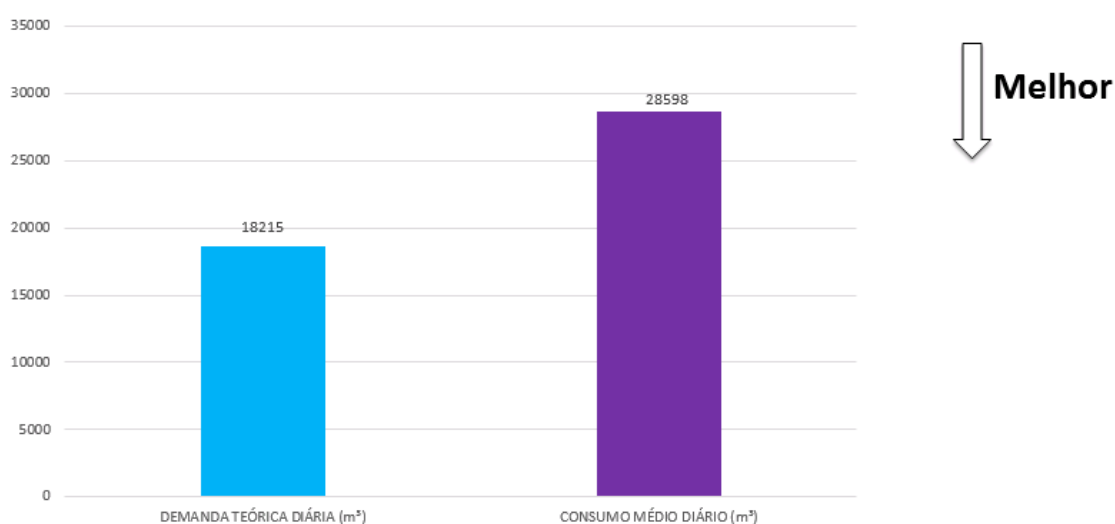


Figura 2 - Comparativo entre consumos teórico e real de ar comprimido por dia

Com a constatação de que o consumo de ar estava muito acima do esperado para a planta, foi iniciado o trabalho apresentado neste artigo.

2 DESENVOLVIMENTO

Todo o trabalho foi realizado a partir da aplicação da metodologia do PDCA. Todas as etapas de aplicação deste poderoso método estão descritas neste item.

2.1 – ETAPA P - PLANEJAMENTO

O planejamento é a primeira e mais importante etapa do ciclo PDCA. O investimento de maior tempo na coleta de dados e investigações de causas e soluções viáveis diminui significativamente o tempo de execução de um projeto, além de garantir uma maior assertividade do mesmo. A ideia central desta etapa do PDCA é priorizar as soluções através da análise e desdobramento dos problemas.

2.1.1- CONHECIMENTO DO PROCESSO

O primeiro passo para aplicação do PDCA, foi o conhecimento do processo e do problema. O estudo do processo foi fundamental para a definição da meta. O processo apresentado neste trabalho é o sistema de ar comprimido de uma planta de abate de frangos e perus de uma grande empresa do setor alimentício. A Figura (8) representa esquematicamente o sistema.

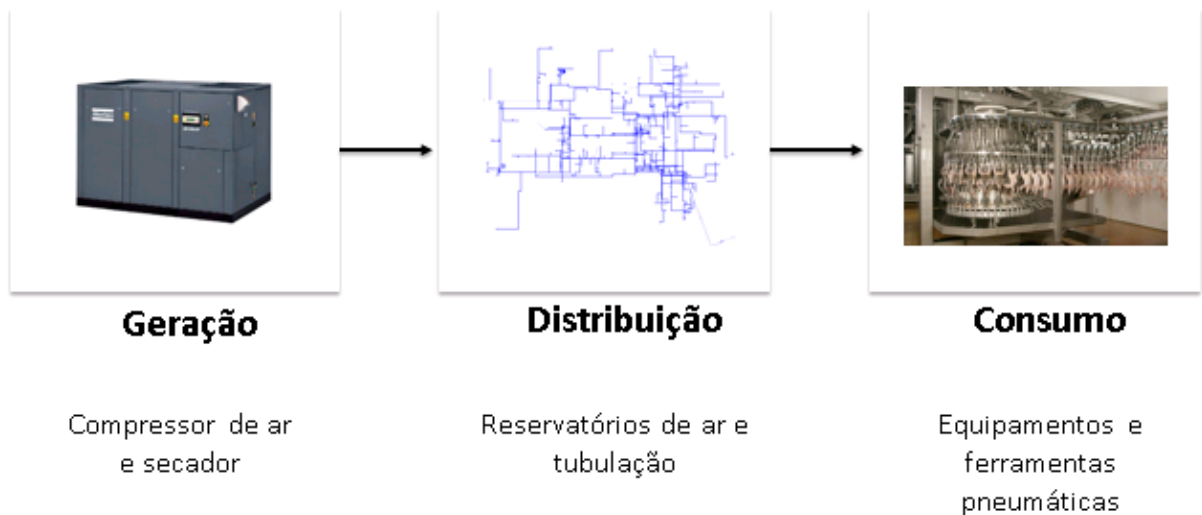


Figura 1 - Sistema de ar comprimido simplificado

O sistema pode ser dividido em três etapas: a geração, a distribuição e o consumo. Na geração está localizado o compressor e o secador de ar. Através da etapa de distribuição, o ar comprimido é direcionado aos pontos de consumo, sendo

fundamental para diversas aplicações como acionamentos pneumáticos, sistemas de transporte, etc. A sala de geração da empresa em questão, no início deste trabalho possuía apenas um compressor de ar modelo GA110 da Atlas Copco, com potência de 110 KW (150 CV), conforme representado na Figura (9), não apresentando compressor de ar reserva para atender a produção.



Figura 2 - Compressor de ar tipo parafuso GA110 (ATLAS COPCO)

No sistema de distribuição, a empresa conta com três reservatórios de ar de 7 m³ cada. O consumo da planta foi verificado através de um mapeamento de demanda.

2.1.2- IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E DETERMINAÇÃO DA META

Após o conhecimento do processo, partiu-se efetivamente para a solução do problema. O trabalho em questão foi iniciado com o intuito de reduzir o consumo de ar comprimido da planta, tendo em vista que o compressor de ar que trabalha no sistema carga/alívio trabalhava a plena carga em média 22,5 horas por dia. Os dados de consumo foram coletados dia a dia em horário pré-determinado diretamente na IHM (Interface Homem Máquina) do compressor.

Portanto o problema identificado foi: “Alto consumo de ar comprimido do Abatedouro de Aves”.

Para a aplicação do PDCA, após identificado o problema, estabeleceu-se uma meta: a redução de 15% no consumo de ar comprimido da planta até o mês de outubro de 2015 (9 meses após o início do trabalho).

3.1.3- OBSERVAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DO PROBLEMA

A identificação do problema não é suficiente para a aplicação do PDCA. Em geral, o problema é identificado e só depois o método é proposto para a solução do mesmo. Para que a etapa P fosse executada adequadamente, o problema depois de identificado foi observado e priorizado.

Foram identificadas falhas nas três etapas do sistema de ar comprimido da planta. Na etapa de geração, foi verificada a excessiva temperatura na sucção do compressor. Quanto maior a temperatura do ar na sucção, menos denso o ar de admissão, o que diminui a eficiência energética do sistema visto que o compressor necessita succionar mais volume para uma a mesma quantidade de massa de ar.

Segundo (ROCHA;MONTEIRO,2005), a elevação do ar em 3°C, reduz 1% da eficiência energética do sistema.

A Figura (10), apresenta à temperatura do ambiente onde o compressor estava instalado e conseqüentemente a temperatura de sucção do mesmo. A imagem foi obtida através de ensaio termográfico com equipamento devidamente calibrado para as condições de operação.



Figura 3 - Imagem de exame de termografia da sala de geração de ar comprimido

Verifica-se na Figura (10), uma temperatura ambiente superior a 50°C na sala de geração.

Para a avaliação da distribuição do sistema de ar, foi realizado um teste no compressor com o intuito de quantificar os vazamentos de ar na linha. O teste escolhido leva em consideração os tempos de carga e alívio do compressor quando nenhum

equipamento está em funcionamento. Para a realização do teste, os equipamentos devem estar normalmente ligados na rede, porém fora de operação. Na data da realização do teste foram utilizados dois cronômetros. O compressor foi ligado até atingir a pressão de 7 bar (pressão de desarme). Quando ocorreu o desarme (alívio) o primeiro cronômetro foi acionado e deixado funcionar durante todo o teste. Assim que a pressão da linha caiu e o compressor religou entrando em regime de compressão, o segundo cronômetro foi acionado, sendo parado logo que novamente foi atingida a pressão de desligamento. Esta rotina foi repetida cinco vezes afim de se obter resultados mais confiáveis. Ao final da última repetição do teste, ambos os cronômetros foram desligados. Com os valores levantados no teste, foram utilizadas as Equações (1) e (2) para obtenção da porcentagem de perdas por vazamentos.

$$Q_{vaz} = \frac{Q_{com} \times t}{T} \quad (1)$$

Onde:

Q_{vaz} = vazão de ar nos vazamentos;

Q_{com} = vazão nominal do compressor;

t = tempo do compressor em carga durante o teste;

T = tempo total do teste (carga + alívio).

$$\%perdas = \frac{Q_{vaz}}{Q_{glob}} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

Q_{glob} = somatória da vazão nominal de todos os compressores da sala de geração.

No teste realizado, como um único compressor era utilizado na geração, Q_{glob} apresenta o mesmo valor do Q_{vaz} .

Antes da realização do teste, foram abertas todas as válvulas dos equipamentos para garantir a passagem de ar para os mesmos e garantido que todos os equipamentos estavam fora de operação. Através do teste, foi verificado que de todo o ar gerado pelo compressor, 41% se perdia devido aos vazamentos na rede.

A baixa qualidade do ar comprimido enviado para a linha também foi observada. O excesso de condensado aumenta a força de arraste nas tubulações, aumentando a queda de pressão da linha.

Foi observada a dificuldade dos inspetores de manutenção em detectar os pontos de vazamento devido especialmente a falta de um equipamento especificamente desenvolvido para esta aplicação.

Posteriormente foi identificado o excesso de vazamentos em painéis de acionamentos pneumáticos. Muitos vazamentos eram oriundos de cortes não ortogonais de mangueiras pneumáticas devido à utilização de ferramentas não adequadas como estiletes e alicates universais para o corte das mesmas.

A priorização do problema, foi realizada através da construção do gráfico de Pareto para os principais problemas identificados no sistema. Este gráfico, está representado na Figura (11).

GRÁFICO DE PARETO – VOLUME DE AR COMPRIMIDO PERDIDO POR TIPO DE PROBLEMA DETECTADO (M³/DIA).

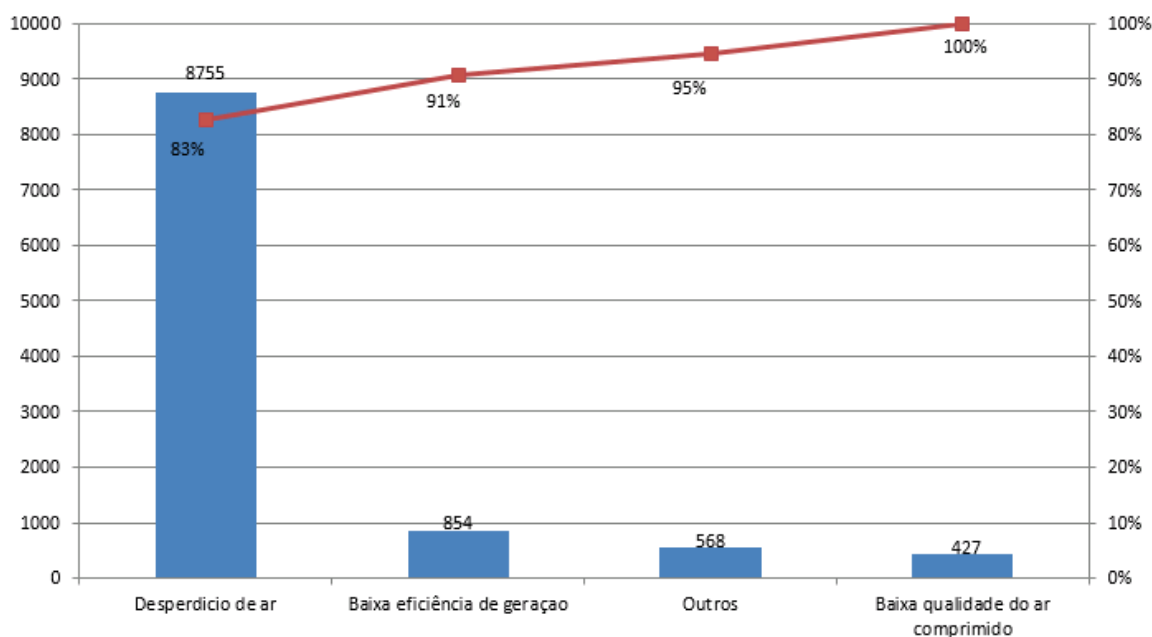


Figura 11 - Gráfico de Pareto para priorização do problema

Com o auxílio do gráfico de Pareto foi possível priorizar o problema, encontrado o chamado problema raiz ou problema priorizado: “Alto índice de desperdício de ar no Abatedouro de Aves”.

3.1.4- IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DAS CAUSAS

Após a identificação do problema raiz, foram identificadas as causas influentes, isso é: as causas que originaram o problema raiz.

Para a identificação destas causas, um grupo composto por três planejadores e três inspetores de manutenção da empresa estudada foi montado. O grupo reunido foi então questionado sobre quais as causas influentes para o problema raiz priorizado, sendo realizado um *brainstorming* e confeccionado o diagrama de Ishikawa, ou diagrama de espinha de peixe. Este diagrama está representado na Figura (12).

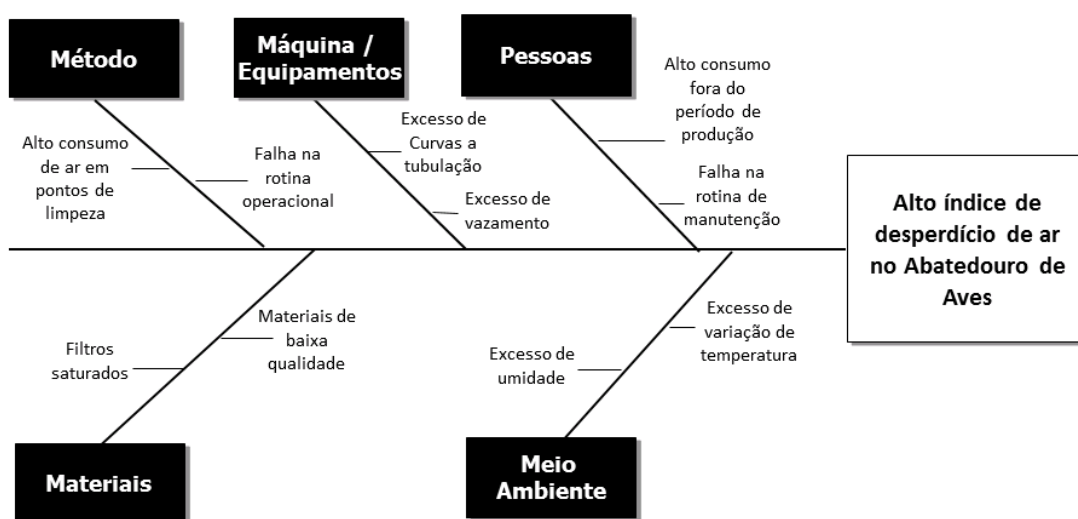


Figura 12 - Diagrama de Ishikawa para o problema raiz priorizado

As causas influentes apontadas no *brainstorming*, foram então priorizadas. Cada integrante do grupo foi questionado sobre a influência de cada uma causa no problema raiz. Os integrantes podiam votar em cada opção em 1, 3 e 5, sendo 1 para as causas pouco influentes, 3 para as influentes e 5 para as muito influentes.

As causas fundamentais mais votadas estão destacadas na Tabela (1).

Tabela 1 - Priorização das causas influentes

ALTO ÍNDICE DE DESPERDÍCIOS DE AR NO ABATEDOURO DE AVES		PARTICIPANTES:							
CAUSAS INFLUENTES:		ALEXANDRE	ANDRÉ	CARLOS	JOELSON	LUCAS	RODRIGO	TARCÍSIO	TOTAL
1	Excesso de vazamentos	5	5	5	5	5	5	5	35
2	Alto consumo fora do período de produção	5	5	5	1	3	3	5	27
3	Alto consumo em pontos de limpeza	3	3	3	5	5	3	1	23
4	Falha na rotina operacional	1	3	1	3	3	3	3	17
5	Falha na rotina de manutenção	3	3	3	3	3	1	1	17
6	Excesso de curvas na tubulação	3	1	3	3	1	1	1	13
7	Excesso de umidade do ar	1	1	1	1	1	1	3	9
8	Excesso de variação de temperatura	1	1	1	1	1	3	1	9
9	Materiais de baixa qualidade	1	1	1	1	1	1	3	9
10	Filtros saturados	1	1	1	1	1	1	1	7

Por fim, foi aplicado o método dos 5 porquês para a identificação das causas fundamentais a partir das influentes.

A Tabela (2), representa a aplicação do método e as causas fundamentais identificadas.

Tabela 2 - Aplicação do método dos cinco porquês

CAUSA INFLUENTE 1 - EXCESSO DE VAZAMENTOS	
POR QUÊ?	MOTIVO
Elevado desgaste ao longo da linha de distribuição	Falha na rotina de inspeção de vazamentos
Falha na rotina de inspeção de vazamentos	Dificuldade de se detectar os pontos de vazamento
Dificuldade de se detectar os pontos de vazamento	Falta de equipamento apropriado para detecção de vazamentos
CAUSA INFLUENTE 2 - ALTO CONSUMO FORA DO PERÍODO DE PRODUÇÃO	
POR QUÊ?	MOTIVO
Equipamentos ligados fora do período de produção	Válvulas de ar abertas
Válvulas de ar abertas	Falha operacional
Falha operacional	Válvulas manuais e instaladas em locais de difícil acesso
Válvulas manuais e instaladas em locais de difícil acesso	Falta eletroválvulas em equipamentos pneumáticos
CAUSA INFLUENTE 3 - ALTO CONSUMO DE AR EM PONTOS DE LIMPEZA	
POR QUÊ?	MOTIVO
Excesso de vazão de ar comprimido nos pontos de consumo	Faltam pistolas redutoras de vazão

Para cada uma das causas influentes priorizadas, foi identificada a causa fundamental.

3.1.5- PLANO DE AÇÃO

De posse das causas fundamentais para o problema raiz priorizado, foi elaborado um plano de ação para bloqueio das mesmas.

A Tabela (3), representa parte do plano de ação utilizado para o problema em questão. Alguns dados do plano de ação foram omitidos por exigência da empresa onde o trabalho foi realizado.

Tabela 3 - Modelo de plano de ação

O QUE	COMO	PORQUÊ	ONDE?	RESPONSÁVEL	QUANTO	PREVISÃO	CONCLUSÃO	STATUS DA AÇÃO
Adquirir equipamento de ultrassom para detecção de vazamentos	Solicitando a equipe de compras	Para detectar vazamento durante o período de produção.	Suprimentos PCM	Rodrigo Bernardes	R\$	30/05/2015	25/05/2015	Executada
Realizar mapeamento de pontos de vazamentos	Verificando in loco	Para detectar e eliminar vazamentos	Rede de distribuição Abatedouro de Aves	André Mesquita	-	20/07/2015	19/07/2015	Executada
Realizar trabalho de eliminar vazamentos	Organizando mutirão de detecção e correção de pontos de vazamentos de ar	Para reduzir o consumo	Planta Abatedouro de Aves	André Mesquita	-	30/08/2015	31/08/2015	Executada
Adquirir eletroválvulas.	Solicitando a equipe de compras	Para instalar nos equipamentos de maior consumo	Suprimentos PCM	Lucas Cunha	R\$	10/08/2015	29/07/2015	Executada
Instalar eletroválvulas em equipamentos pneumáticos	Solicitando a equipe de manutenção elétrica	Para eliminar vazamentos fora do período de produção	Setores diversos Abatedouro de Aves	Alexandre Gama	-	20/08/2015	10/08/2015	Executada
Adquirir pistolas para todos os pontos de consumos isolados	Solicitando a equipe de compras	Para reduzir a vazão de saída de ar	Suprimentos PCM	Lucas Cunha	R\$	10/08/2015	29/07/2015	Executada

2- ETAPA D - EXECUÇÃO

A etapa de execução obedeceu ao plano de ação resultante da etapa P.

Os vazamentos de ar de toda a planta foram identificados através do equipamento de ultrassom representado na Figura (13).



Figura 13 - Detecção de vazamentos por ultrassom

Foi confeccionado um relatório fotográfico com todos os vazamentos identificados na planta. O relatório foi apresentado em uma reunião com a presença dos inspetores, planejadores e supervisores de manutenção das áreas. Os inspetores ficaram responsáveis pela abertura de ordens de serviço no sistema informatizado utilizado na gestão da manutenção. Os planejadores encaixaram os serviços de correção dos vazamentos na programação dos manutentores, priorizando os vazamentos de maior proporção.

Cerca de 80% do vazamento foram corrigidos no primeiro mês após o trabalho de detecção.

Era comum, principalmente nos finais de semana equipamentos com vazamento de ar fora do período de produção. Os operadores de máquinas tinham dificuldade para fechar manualmente todas as válvulas de ar comprimido ao término do último turno de produção na sexta-feira. A solução encontrada, foi a instalação de eletroválvulas nos equipamentos pneumáticos. Após a instalação das válvulas, quando os equipamentos são desligados a válvula se fecha automaticamente e a alimentação de ar comprimido é cortada. Esta ação reduziu significativamente o consumo de ar comprimido nos finais de semana e feriados. A Figura (14), representa uma das eletroválvulas instaladas.



Figura 14 - Eletroválvula instalada nos equipamentos pneumáticos

Em todos os pontos de consumo isolados, foram instaladas pistolas pneumáticas em substituição as mangueiras de 8 mm sem restrição de diâmetro. O modelo de pistola

escolhido está representado na Figura (15). Esta ação também contribuiu para a economia de ar comprimido.



Figura 15 - Pistolas pneumáticas instaladas em pontos isolados de consumo

Todos os drenos dos reservatórios de ar antes do início da realização do trabalho eram manuais. Foram instalados para todos os vasos, drenos automáticos, conforme ilustra a Figura (16).



Figura 16 – Drenos instalados nos reservatórios de ar comprimido

Alguns equipamentos pneumáticos não possuíam unidades de conservação, fundamentais para o tratamento de ar no ponto de consumo. Estas unidades são compostas em geral por: filtro, regulador de pressão e unidade lubrificadora. Foram instaladas unidades de conservação em todos os equipamentos pneumáticos, conforme Figura (17).



Figura 17 - Unidade de conservação (SMC)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- ETAPA C – CHECK DE METAS

Após a execução de todos os itens previstos no plano de ação, foi verificada uma redução significativa no consumo de ar comprimido da planta.

Se antes da realização do trabalho a média de consumo diário era 28598 m³, após a execução do plano de ação o consumo foi reduzido para 21391 m³ por dia, uma redução de 25,1% no consumo da planta. A Figura (18), representa a comparação entre o consumo antes e depois da realização do trabalho.

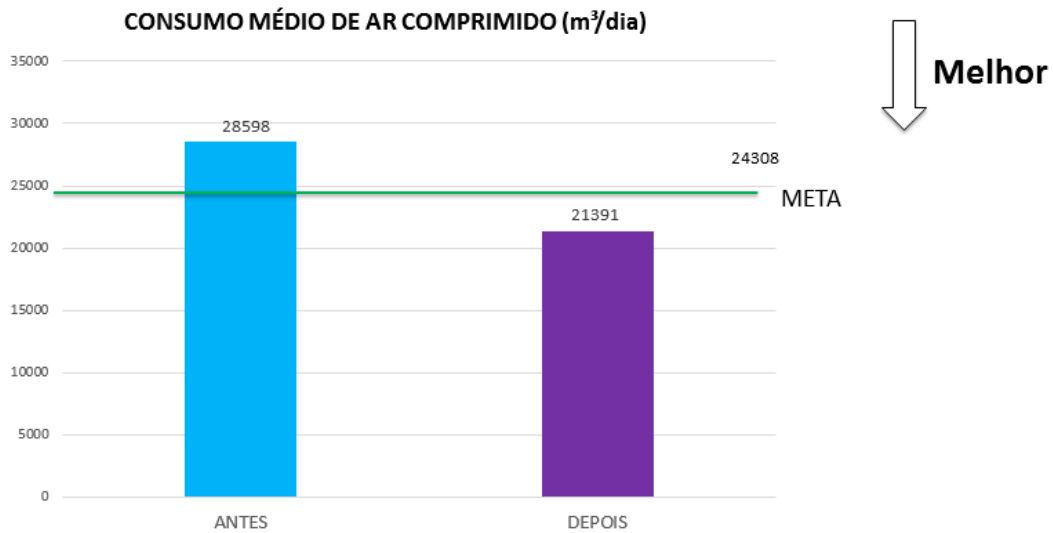


Figura 18 - Comparativo de consumo antes e depois da realização do trabalho

Conforme ilustra a Figura (18), a meta estabelecida no início do trabalho não foi apenas atingida, sendo superada em cerca de 68%.

A redução de 25,2% no consumo de ar comprimido representa uma economia anual de cerca de 2.594.520 m³. Com esta quantidade, seria possível encher de ar comprimido a maior das pirâmides do Egito, a pirâmide de Quéops.

O compressor da empresa, para gerar esta quantidade de ar necessita trabalhar cerca de 85 dias a plena carga.

As paradas não programadas de produção por falta de ar comprimido nos processos, foram reduzidas em 48% entre 2014 e 2015, representando um importante ganho para a empresa.

O custo anual com a geração de ar comprimido na empresa foi calculado levando em consideração os gastos com a manutenção do compressor e energia elétrica em 2014, totalizando R\$ 376.336,71. Sendo assim, o projeto representa para a empresa uma economia direta, apenas considerando o ar comprimido economizado anualmente de R\$ 94.836,85.

5.2 - ETAPA A – ANÁLISE E PADRONIZAÇÃO

Após a execução do plano de ação e verificação dos resultados obtidos, deve-se garantir que os mesmos sejam mantidos através do envolvimento de toda a equipe. Os operadores de máquinas são responsáveis pela execução de algumas atividades de manutenção dos equipamentos. Estas atividades estão descritas em check-lists

desenvolvidos pelo setor de planejamento da manutenção. Este conjunto de atividades é denominado: manutenção autônoma, por não envolver diretamente a equipe de manutenção, sendo executada pelo próprio operador. Os check-lists são compostos por ações simples como verificação de equipamento, limpeza e conservação do maquinário. Foram acrescentadas aos checks de todos os equipamentos pneumáticos da fábrica, ações relacionadas a conservação do sistema de ar comprimido. Como exemplo, podemos citar a atividade de retirar o condensado das unidades de conservação, também conhecidas com lubrefil que não possuem sistema automático de drenagem. A Figura (19) representa uma destas listas de ações, retirada do sistema informatizado de gestão da manutenção SAP-PM®.

Oper	Sb...	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição operação
0025		PMBTI03	377	PM01	OP_ME_FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE VACUO
0026		PMBTI03	377	PM01	OP_ME_RETIRAR AGUA DO LUBRIFIL (DRENO)
0027		PMBTI03	377	PM01	OP_ME_INTEGRIDADE BORRACHA ROLO VISCERAS
0028		PMBTI03	377	PM01	OP_ME_FIX DANOS CORTE DO DISCO DE CORTE

Figura 19- Lista de manutenção autônoma de um equipamento do processo

Outra importante ação para a manutenção dos resultados do trabalho, foi a criação de roteiros de inspeção de vazamentos de ar comprimido para todos os equipamentos pneumáticos, conforme ilustra a Figura (20).

Oper	Sb...	CenTrab	Cen.	Ctrl	Descrição operação
0727		PMVIN02	377	PM01	V_PN_VAZ AR TUBOS VALV MANG CONEXOES
0737		PMVIN02	377	PM01	

Figura 20 - Roteiro de inspeção com ação de verificação de vazamentos

A empresa adquiriu um equipamento de ultrassom para cada área, possibilitando que todas as rotas de inspeção de vazamento de ar sejam realizadas com a utilização de equipamento apropriado. O equipamento escolhido está representado na Figura (21).



Figura 21 - Detector por ultrassom – SKF CMIN 400K

Outra ação muito importante, foi a aquisição de alicates para corte de tubos pneumáticos, corrigindo assim os cortes não ortogonais que são fontes de vazamento em especial em painéis de acionamento pneumático. Cada manutentor mecânico recebeu um alicate como o representado na Figura (22).



Figura 22 - Alicate para tubos pneumáticos SMC

6 CONCLUSÃO

O método do PDCA foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Sem a utilização desta poderosa ferramenta, os resultados não seriam alcançados em tão pouco tempo. Além do mais, a manutenção dos resultados foi possibilitada pela execução da etapa A do ciclo. Os ganhos diretos obtidos pela redução do consumo de ar são insignificantes frente aos ganhos de produção, proporcionados pela redução das paradas de produção por falta de ar comprimido no processo.

O estudo apresentado neste artigo pode ser utilizado em qualquer sistema de ar comprimido industrial, independente do segmento e tamanho da instalação desde que sejam feitos ajustes em função das especificidades de cada processo. Sendo assim, mais que replicado espera-se que o trabalho seja aprimorado, para que outras empresas consigam tornar seus sistemas mais eficientes, o que trará benefícios não apenas para as próprias mas para a sociedade de uma maneira geral, visto que os sistemas de ar comprimido representam uma importante fatia do gasto de energia elétrica das empresas e que atualmente os recursos naturais estão cada vez mais escassos.

REFERÊNCIAS

- Campos, Vicente Falconi – Gerenciamento da rotina de trabalho dia a dia, FALCONI, 2013
- SANTOS, A.H.M. et. al. Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido, Rio de Janeiro: Eletrobrás Procel Indústria. Consórcio Efficientia / FUPAI, 2005, 208 p.
- PARKER HANNIFIN CORPORATION. Dimensionamento De Redes De Ar Comprimido.
- ROCHA, C.R; MONTEIRO, M.A.G. Eficiência Energética Em Sistemas De Ar Comprimido
- Manual Prático. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- FOX, R.W.; MACDONALD, A.T. Introdução À Mecânica Dos Fluídos. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005, 504 p.
- ATLAS COPCO. Manual Do Ar Comprimido. São Paulo: McGraw-Hill, 1976. 479 p.
- HENN, E. A. L. Maquinas de Fluido. 2ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2006. 476 p.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO DO BRASIL. NR 13: Caldeiras e vasos de pres-são. Rio de Janeiro, 2014.