

READEQUAÇÃO EM SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

<PAULO DEMARCHI>¹
<FLÁVIO ANTUNES FERREIRA>²
<LAERCIO BERGAMIN>³

Resumo

O presente estudo apresenta o caso de uma oficina automotiva que utiliza sistema de ar comprimido para a realização de seus serviços de manutenção. Essa é uma oficina interna da empresa e é responsável pela manutenção da frota de ônibus da companhia há quarenta anos, que até então era dotada de sistema de ar comprimido ultrapassado e com falhas. Através de diagnóstico com coleta de dados e análise, o estudo apresenta a situação do sistema e consumo de energia elétrica, propõe intervenção no banco de compressores de ar comprimido e atenta para outras melhorias. Apresenta proposta de intervenção técnica incluindo custos com equipamento e instalação. A partir da nova estrutura instalada, foi possível gerar informações gerenciais importantes como o consumo de ar comprimido em termos de vazão e energia elétrica, por período do dia, por semana, mensalmente e anualmente, também foram implantados relatórios de manutenção preventiva e corretiva. O estudo ainda inclui as atividades realizadas para a implantação das mudanças. Também apresenta um comparativo entre os dois cenários, demonstrando os custos do cenário um sendo a manutenção do sistema antigo versus o custo do cenário dois, qual seja, implantação e manutenção da nova estrutura. Por fim, apresenta os resultados econômicos e financeiros obtidos com a nova estrutura.

Palavras-chave: compressor, eficiência, custos.

¹ Graduação – Tecnologia em Manutenção Industrial, da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: paulo.demarchi@viacaogarcia.com

² Professor - Tecnologia em Manutenção Industrial, da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: flavio.ferreira@pr.senai.br

³ Professor - Tecnologia em Manutenção Industrial, da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: laercio.bergamin@pr.senai.br

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o gerenciamento detalhado dos custos operacionais de uma empresa impacta significativamente no preço final de seus produtos e serviços, influenciando sensivelmente na competitividade frente seus concorrentes de mercado.

É comum as empresas utilizam a energia elétrica como fonte básica para movimentação de suas máquinas e equipamentos e é portanto um dos componentes mais importantes para sua operação e por conta disso, requer maior atenção.

O gerenciamento da utilização da energia elétrica, requer várias etapas, desde um diagnóstico técnico da instalação, e análise dos consumidores elétricos visando ao final, a otimização dos processos produtivos.

Uma pesquisa do Departamento de Energia dos EUA mostrou que em uma instalação industrial típica, aproximadamente 10% da energia elétrica consumida é utilizada na geração de ar comprimido. Para algumas instalações, a geração de ar comprimido pode atingir 30% ou mais da eletricidade consumida.

No ciclo de vida de um compressor, 70% do custo do ar comprimido é energia elétrica, ou seja, se você quer que seu m³ de ar comprimido custe menos, então aumente a EFICIÊNCIA ENERGÉTICA do seu compressor. (MIKA Compressores, 2016, P1).

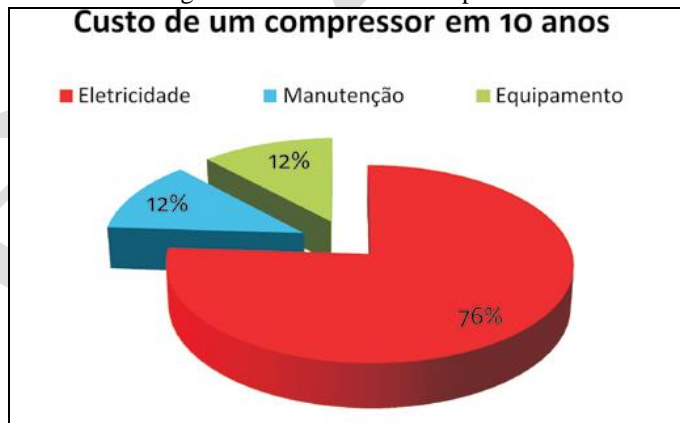
Existem várias formas de se alcançar a eficiência energética, uma delas é a “utilização de compressores com velocidade controlada através de inversor de frequência.” (MIKA COMPRESSORES, 2016, P1).

Outros aspectos a se considerar em um projeto para redução de custo do ar comprimido são:

- Utilização de motores eficientes no projeto do compressor;
- Utilização de componentes projetados de forma a provocar o mínimo de perda de pressão interna no compressor, por exemplo: filtro de ar de admissão, válvula de admissão, separador ar/óleo e resfriador posterior. Os modelos mais novos de compressores são elaborados com técnicas computacionais de dinâmica de fluídos, que diminuem ao máximo a perda de carga;

- Sistemas de monitoramento eletrônico: para gerenciar as funções vitais do compressor e instalações;
- Sistemas de reaproveitamento de energia;
- Temperatura do ar: quanto mais quente o ar de admissão, menor o rendimento da instalação. Para cada 4°C de acréscimo na temperatura do ar aspirado, o compressor consumirá 1% a mais de potência para entregar o ar nas mesmas condições;
- Tratamento adequado do ar comprimido: proporciona aumento da vida útil dos equipamentos; diminui a manutenção nas tubulações; reduz custos com a aquisição de dispositivos de coleta e eliminação do condensado nas linhas; redução das paradas de produção devido à manutenção corretiva; redução de perdas de pressão na distribuição de ar, por eliminar as resistências ao escoamento do ar e conseqüentemente, economia de energia.
- Drenagem adequada: certos modelos de compressores perdem ar comprimido pelos drenos de condensado. Evite esses modelos.
- Dimensionamento correto da rede de distribuição – quanto melhor dimensionada, menor a energia elétrica consumida pelo compressor. (MIKA Compressores, 2016, P1).

Figura 1 – Custo de um compressor



Fonte: S.A. Air Solutions (2016)

A figura 1 demonstra a importância do custo de energia elétrica, e o quadro 1 demonstra o desperdício de energia elétrica conforme o diâmetro de um furo.

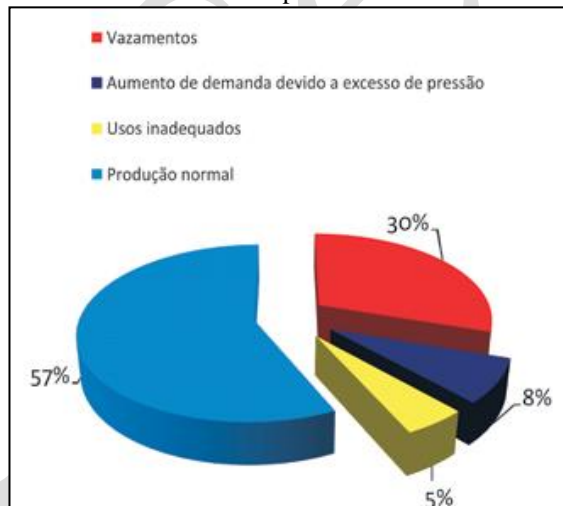
Quadro 1 – Custo de vazamento por perda de ar

Ø do furo em mm	m ³ /min 6 bars	watts/hora
1	0,063	415
3	0,567	3.733
5	1,575	10.369
10	6,3	41.476

Fonte: S.A. Air Solutions (2016)

A Figura 2 demonstra o consumo típico de um sistema de ar comprimido, onde apenas 57% do consumo é utilizado na produção normal.

Figura 2 – Consumo típico de um sistema de ar comprimido



Fonte: S.A. Air Solutions (2016)

A perda de carga ou queda de pressão também é um problema nos sistemas de ar comprimido que pode estar operando em uma pressão muito superior a exigida. Essas variações na pressão também geram desperdício de energia elétrica, conforme demonstra o quadro 2.

Quadro 2 – Variação de pressão e custo financeiro

m3/h	340		800		1700	
ΔP bar	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1)	0,14 (2)
R\$/ano	420	840	990	1980	2100	4200
*Considerando: P=7bar / uso = 16h/dia - 300 dias/ano						

Fonte: Metalplan (2016)

A temperatura de admissão do ar deve ser outro ponto a se verificar. A elevação de temperatura diminui a densidade do ar, reduzindo a eficiência do compressor. “Admite-se que uma redução de 3 graus centígrados na temperatura de admissão do ar ambiente pelo compressor, gera uma economia de energia de 1%.” (Metalplan, 2106, P1).

Outro problema a ser enfrentado nos sistemas de ar comprimido é a contaminação, que é a soma do ar ambiente com outras substâncias que vão sendo acumuladas durante o processo de compressão do ar. A norma ISO-8573 tipifica os contaminantes como Sólidos, Água e Óleo.

“O resultado da mistura de todos os contaminantes é uma emulsão ácida e abrasiva que compromete o correto funcionamento de um sistema de ar comprimido em qualquer tipo de aplicação.” (Metalplan, 2016).

O Quadro três demonstra o custo da contaminação por m3 para cada tipo de aplicação industrial. Os valores foram aferidos por tipo de aplicação possível na indústria, no comércio e nas atividades de prestação de serviços nos Estados Unidos. Os dados foram convertidos para reais considerando um dólar igual a três reais.

Quadro 3 – Custo da Contaminação

APLICAÇÃO TÍPICA	R\$/m ³
Limpeza de peças e ferramentas; Proteção individual p/ a automação pneumática.	0,00024
Acabamento de itens não críticos; Ferramentas pneumáticas.	0,0006
Jateamento; Pintura; Prótese odontológica, etc.	0,0036
Indústrias Têxtil, Plástica, Metalúrgica, Mecânica, Recapagem de pneus e similares.	0,0135
Indústrias Automobilísticas, Papel e Celulose, Instrumentação, etc.	0,0135
Hospitais e Indústrias Alimentícias, Químicas e Farmacêuticas.	0,045
Processamento de materiais higroscópicos; Exposição do ar a temperaturas abaixo de zero °C 0,05.	0,15
Indústrias Eletrônica, Nuclear, Siderúrgica, Gravação de CDs, Processamento de filmes, etc.	2,13
*Calculado a partir de casos reais. Considerando 1 USD = R\$ 3,00.	

Fonte: Metalplan (2016)

1.1 Diagnóstico

O estudo foi realizado na empresa de transporte de passageiros Viação Garcia, empresa de grande porte atuante em sete estados, possui 2091 funcionários e transporta 12,5 milhões de passageiros por ano. Possui 600 veículos em sua frota com idade média de 3,6 anos que roda anualmente 53,3 milhões de quilômetros. O estudo vai focar o consumo de energia elétrica dos sistemas de ar comprimido da oficina que custou entre 2014 e 2015 R\$ 702.106,00.

Figura 3 – Oficina Viação Garcia (vista aérea).



Fonte: <https://www.google.com.br/maps/search/via%C3%A7%C3%A3o+garcia>

É imprescindível que o diagnóstico seja realizado com base em conceitos teóricos e práticos considerando as particularidades de cada instalação e seu perfil de atuação, contudo, há alguns aspectos gerais que se aplicam a qualquer instalação e podem servir de base para a elaboração de um diagnóstico energético.

Esse diagnóstico deve avaliar toda a utilização de energia elétrica da instalação, e alavancar pontos onde se deve atuar de forma planejada prioritariamente podendo ocorrer em paralelo com outras medidas de redução de custos obtidos pela racionalização do consumo de energia elétrica.

1.2 Levantamento de informações

O acompanhamento do consumo de eletricidade de uma empresa tem como objetivo conhecer em detalhes as despesas mensais com esse insumo, verificar sua evolução ao longo do projeto de eficiência energética adotado.

Há diversas ferramentas (softwares) de auxílio para o monitoramento do comportamento do consumo de energia de uma instalação, contudo, na fatura mensal fornecida pelo concessionário de fornecimento de energia elétrica já contempla informações necessárias para avaliar o perfil de consumo, contudo é fundamental que essa avaliação seja feita pelas áreas técnicas da empresa em conjunto com as áreas administrativas que são responsáveis pelo seu pagamento e contabilização.

1.3 Envolvimento da equipe

Outro fator fundamental para o sucesso e perpetuação do projeto de eficiência energética numa empresa é a criação de grupos de trabalho com colaboradores de áreas diversas de modo a possibilitar a constante conscientização da utilização deste recurso. A conscientização dos colaboradores geral, possibilita o arrasto de conceitos para a otimização para outras formas de redução de custos numa empresa, e é imprescindível a geração de relatórios identificando a performance da atuação provinda dos trabalhos executados com foco na redução de energia elétrica e demais tópicos identificando a evolução, ou a necessidade de rever as práticas aplicadas seguindo o conceito PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir).

1.4 Consultoria externa

Mesmo em empresas que possuem corpo técnico em projetos de eficiência energética na planta, podem ainda contratar empresas terceiras especializadas no tema para avançar com estudos pontuais de viabilidade da eventual alteração de modalidade tarifária, e de acordo com o perfil alavancado na instalação.

As etapas genericamente descritas acima deverão ser aplicadas na Empresa de transporte coletivo de passageiros Viação Garcia, que será o ambiente de estudo deste trabalho.

1.5 Procedimentos metodológicos

Nesta etapa é relacionada toda a sistemática teórica para entender o princípio físico da relação de transformação de energia aplicada em compressores de ar comprimido instalados na planta da Viação Garcia, os diferentes tipos de compressores e seus subsistemas.

O autor propõe efetuar diagnóstico sobre situação atual de todo o sistema de geração, distribuição e consumo final. Identificar e definir condições ideais para as instalações do ambiente físico da rede de compressores.

Propõe também a implementação dos seguintes pontos:

a) realização periódica de auditoria no sistema para manter a correta regulagem da pressão fornecida pelo sistema de acordo com a demanda instalada na planta, desse modo são mantidas faixas de pressão de trabalho adequadas para os diferentes setores, considerando seus requisitos de funcionamento;

b) medições recorrentes sobre o tempo de máquina ligada operando em turno mais produtivo e turno menos produtivo;

c) utilização de gráficos comparativos relacionando as perdas por geração de calor próprio dos compressores de êmbolo;

d) quantificar e dimensionar vazamentos na rede de distribuição e qual impacto tal inconformidade acarreta para o custo final da geração do ar comprimido;

e) Captar periodicamente e quantificar os resultados obtidos antes e depois das intervenções, e gerar informações gerenciais comparativas com objetivo de auxiliar nas tomadas de decisão entre duas opções, quais sejam, investimento em reformas e manutenção do sistema instalado, ou investimento na aquisição de compressores com melhor eficiência;

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O diagnóstico realizado apontou a necessidade de reestruturação de procedimentos organizacionais, alterações nos processos e práticas operacionais.

Porém, o estudo aqui proposto não tratará de todos estes pontos, e irá concentrar-se apenas no projeto de eficiência energética do sistema pneumático.

O sistema pneumático transforma energia elétrica em energia mecânica. Ele é formado por diversos componentes. Um destes componentes é chamado compressor.

O compressor de ar comprimido é uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica pneumática. Ele comprime o ar ambiente dentro de reservatórios, que os distribui para toda a oficina através de tubulações e mangueiras. O sistema pneumático da companhia é utilizado em ferramentas pneumáticas manuais, ferramentas de bancada, na limpeza de veículos, na calibração de pneus, em pinturas veiculares entre outros componentes. Seu mal dimensionamento e utilização incorreta, gera perdas e má qualidade do serviço. O sistema de ar comprimido da empresa consome 30% de toda a energia elétrica da oficina da empresa.

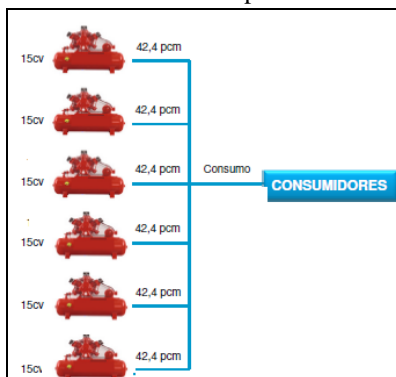
Por isso, o conhecimento do balanço energético característico deste sistema, pode contribuir muito para identificar as perdas que reduzem a eficiência. Pode também fornecer um ponto de partida para a identificação de oportunidades de melhoria e, através da implementação de ações, aumentar a eficiência energética.

É notável a importância do sistema de ar comprimido para a operação da oficina da empresa, portanto o foco específico do trabalho é o banco de compressores de ar comprimido da oficina da empresa.

A decisão por atuar em cima deste equipamento se deve ao grande impacto no consumo e custo com energia elétrica, característica própria desse tipo de equipamento.

2.1 Problematização

Figura 4 – Estrutura de compressores da oficina.



Fonte: Autor

O banco de compressores compõe uma capacidade instalada de 90 CV ou 66.240 Watts, e capacidade nominal de 254 PCM.

A seguir tem-se o resultado do diagnóstico realizado sobre o sistema de ar comprimido da oficina da Viação Garcia:

- a) O sistema de ar comprimido da empresa é formado por uma rede de compressores e uma rede de distribuição que opera há mais de 40 anos, sua manutenção é precária;

Figura 5 – Manutenção precária.



Fonte: Autor

- b) Os reservatórios não possuem homologação conforme estabelecido na norma regulamentadora (NR 13);

Figura 6 – Foto de um dos reservatórios.



Fonte: Autor

c) O sistema utiliza compressores de baixo rendimento;

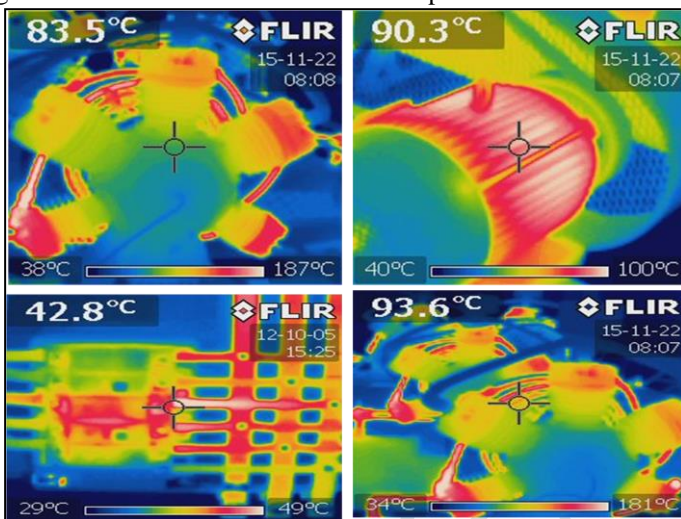
Figura 7 – Foto do banco de compressores.



Fonte: Autor

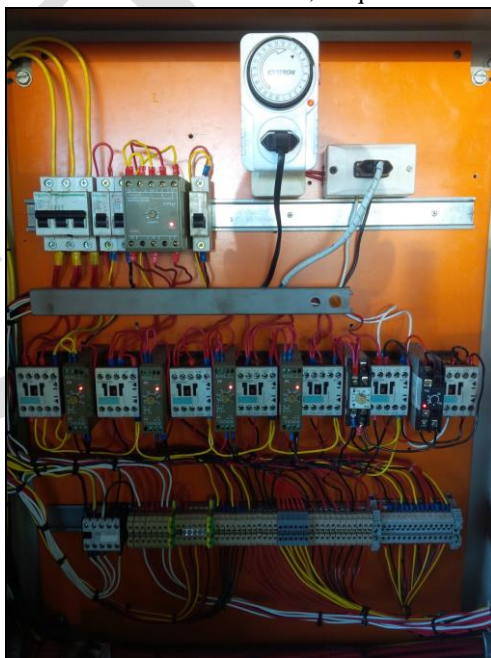
d) A má distribuição física dos equipamentos gera deficiência na captação do ar de aspiração, captando ar aquecido que aumenta o consumo de energia elétrica. Os motores estão fora do enquadramento de eficiência energética conforme tabela Procel;

Figura 8 – Foto termossensível de um compressor em funcionamento.



Fonte: Autor

Figura 9 – Partida direta dos motores, sequenciada em cascata.



Fonte: Autor

- e) Perda de pressão em toda a rede de distribuição e nos periféricos, acarretando a necessidade de trabalho quase ininterrupto do banco de compressores gerando consumo desnecessário;

Figura 10 – Mangueira com vazamento.



Fonte: Autor

- f) Falta de procedimentos de manutenção recorrente sobre os compressores, que, portanto trabalham ininterruptamente, mesmo em períodos onde não há demanda de consumo;

Figura 11 – Motor do compressor.



Fonte: Autor

- g) Por conta das deficiências, ocorre a concentração de umidade na rede de distribuição, demonstrando a necessidade de utilização de secadores eficientes, principalmente no setor de pintura veicular;

Figura 12 – Câmara de pintura.



Fonte: Autor

Figura 13 – Filtro.



Fonte: Autor

Toda a sequência de inconformidades apresentada necessita de atuação corretiva imediata, visando além da otimização do sistema, a aplicação de regulamentação legal e a implantação de plano de manutenção recorrente seguindo os critérios técnicos atualizados.

2.2 Objetivos

O objetivo deste estudo é analisar as inconformidades em um sistema de geração e distribuição de ar comprimido, visando otimizar seu funcionamento, de modo a obter resultados financeiros com a redução de consumo de energia elétrica em uma instalação.

O estudo busca comparar financeiramente custos com manutenção da rede de compressores atualmente instalados na Viação Garcia, e determinar a viabilidade de implementação de reformas no sistema, a adoção de planos de manutenção específicos, e determinar a necessidade de investimentos de modo amplo na sistemática de operação da planta.

O estudo também consiste em conhecer custos e fazer a comparação entre manter o sistema atual, que é composto por compressores de deslocamento linear de baixo rendimento versus promover a substituição do banco de compressores por equipamentos com melhor rendimento (compressores de parafusos). O comparativo deverá ser validado posteriormente, logo que se derem as correções das inconformidades e deficiências avaliadas sobre o atual banco de compressores.

2.2.1 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo esperado, deve-se determinar o custo de operação do atual banco de compressores e compará-lo com o custo depois que as melhorias e correções forem implantadas. As ações a serem realizadas foram determinadas na fase de diagnóstico e são elas:

- a) Adequar o sistema de manutenção dos compressores;
- b) Testar eficiência de compressão dos compressores de acordo com manual do fabricante;
- c) Eliminar vazamentos na rede;
- d) Descentralizar compressores individuais para usos pontuais;
- e) Determinar faixa de horários para ligar e desligar a rede de compressores;
- f) Conhecer as diferentes necessidades de pressão necessárias para cada ambiente abastecido pela rede;
- g) Eliminar redes de distribuição ociosas;
- h) Eliminar redes de distribuição subterrâneas passíveis de perda de pressão;

Figura 14 – Tubulação subterrânea.



Fonte: Autor

- i) Adequar manutenção dos equipamentos de uso final;

Figura 15 – Ferramenta de uso final, manutenção precária.



Fonte: Autor

- j) Substituir ferramentas e máquinas operatrizes que utilizam outras fonte de energia (EX= bateria de Lítio).

2.3 Resultados e discussões

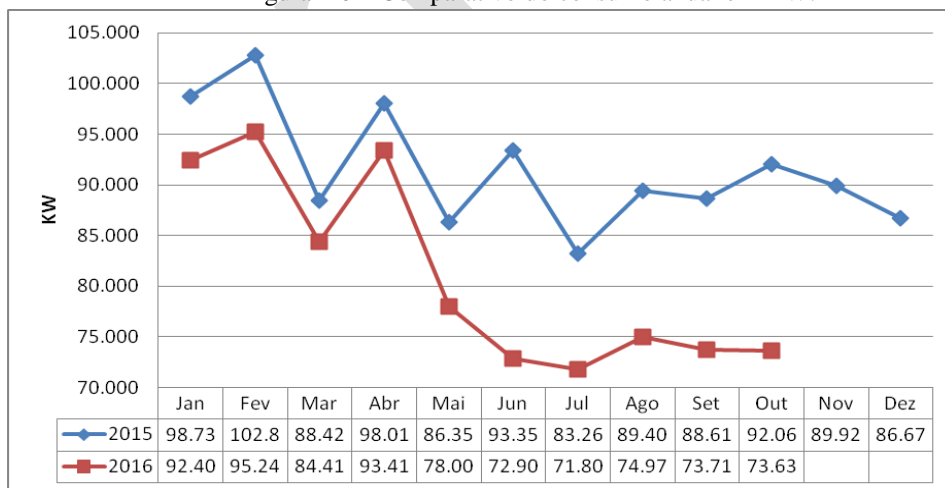
Após a realização do diagnóstico e levantamento de informações sobre o sistema atual, definiu-se o que deveria ser feito conforme elencado nos objetivos específicos (item 2.2.1). A partir daqueles objetivos específicos, iniciaram-se as atividades de mudança, conforme elencadas a seguir cronologicamente:

- a) Troca do banco de sete compressores de pistão por um compressor de “roscas” ATLAS COPCO, investimento que retorna em dois anos e meio;
- b) Desligamento de toda a linha de distribuição subterrânea antiga e com vazamentos expressivos. Foram desativados 130 metros de tubulação;
- c) Inativação e retirada de linhas de distribuição antigas já inoperantes;
- d) Instalação de compressor dedicado para ambientes onde a pressão deve ser maior, diminuindo a pressão na rede principal. Redução de 11bar para 9bar o que gerou economia em energia elétrica;
- e) Instalação de bicos redutores de vazão e pistolas redutoras de vazão, otimizando a utilização do ar comprimido nas pontas;
- f) Troca de jogos de reparos em 35 pontos de lubrífil, eliminando ainda mais os vazamentos;
- g) Implementação de procedimento de desligamento de compressores em períodos em que não há atividade na oficina (sábados, domingos e feriados);

- h) Implementação de procedimento de verificação periódica nas linhas de distribuição. Com a eliminação destes vazamentos a economia foi expressiva;
- i) Eliminação de três reservatórios que estavam fora da norma NR13, possível somente após a troca dos compressores e eliminação de vazamentos;
- j) Reunião para educação e esclarecimento da equipe sobre o ar comprimido, impactos do desperdício e cuidados com a segurança;

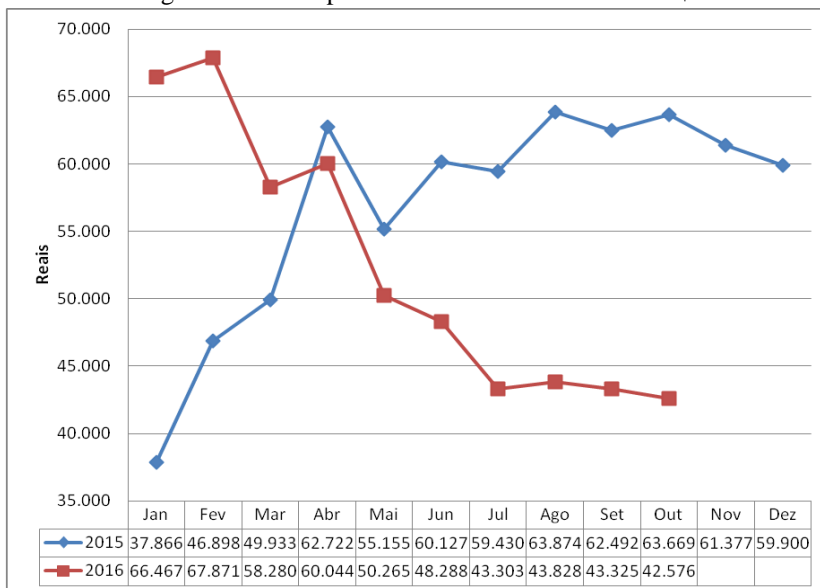
Conforme gráfico comparativo, de redução de uso de energia elétrica, a redução no consumo foi impactante expressiva.

Figura 16 – Comparativo do consumo anual em KW.



Fonte: Autor

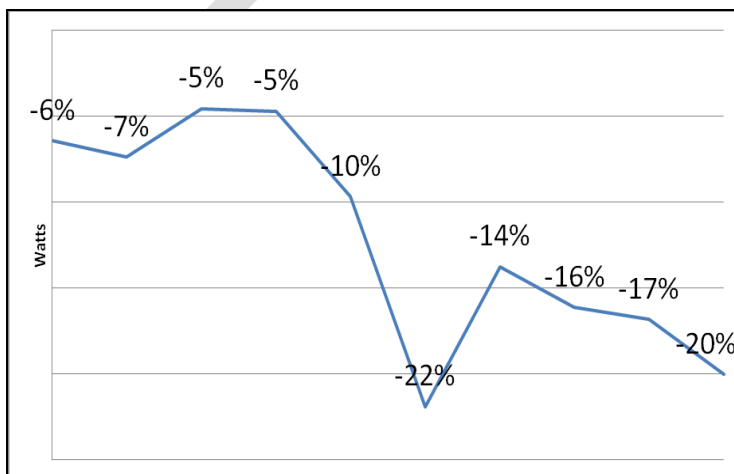
Figura 17 – Comparativo do consumo anual em R\$.



Fonte: Autor

Com os dados levantados dos anos de 2015 e 2016, e comparando mês a mês, tem-se a queda do consumo conforme gráfico demonstra a seguir.

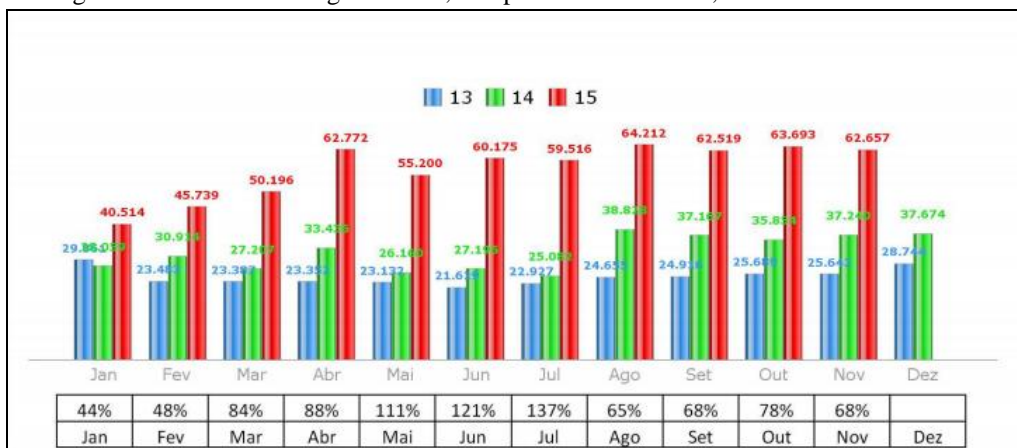
Figura 18 – Comparativo demonstrando queda do consumo mês a mês entre os anos de 2015 e 2016.



Fonte: Autor

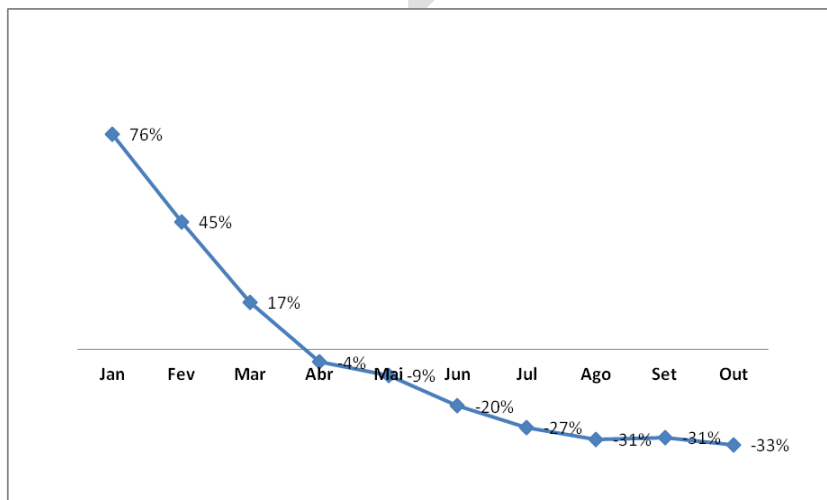
A seguir é mostrado o perfil da Viação Garcia do consumo de KW/h e de valores em Reais, onde mostra que mesmo diminuindo o consumo, o custo pago em R\$ pela energia elétrica dobrou em alguns períodos do ano por conta da alta do preço da energia elétrica.

Figura 19 – Custo de energia elétrica, comparativo entre 2013, 2014 e 2015.



Fonte: Autor

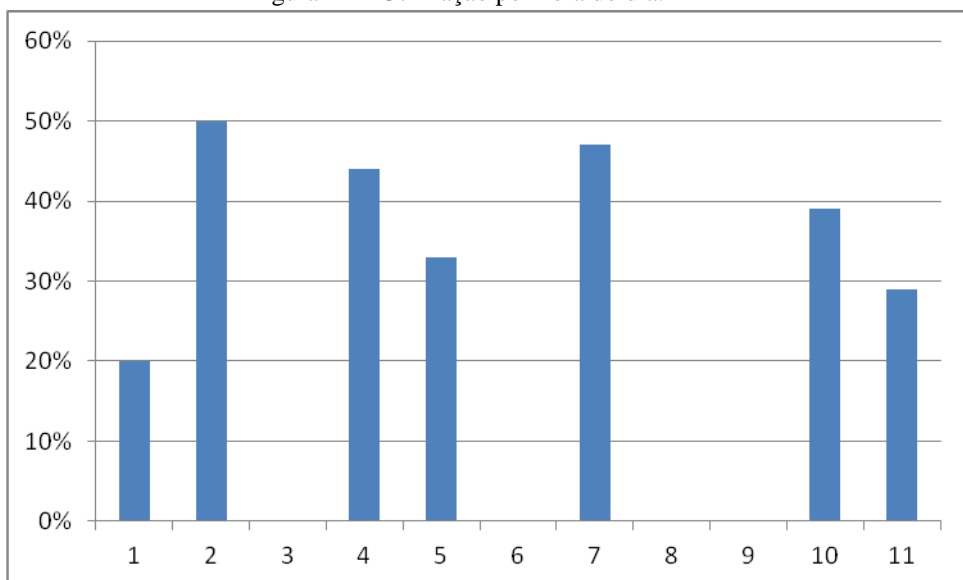
Figura 20 – Variação da despesa com energia elétrica, comparativo mês a mês entre 2015 e 2016.



Fonte: Autor

A seguir é mostrada a vazão de ar utilizado a cada hora do dia. Sendo 100% vazão máxima que o equipamento permite. Nota-se que o equipamento trabalha atualmente com capacidade ociosa.

Figura 21 – Utilização por hora do dia.



Fonte: Autor

3 CONCLUSÃO

Devido ao aumento do custo da energia elétrica ocorrida nos últimos períodos, as empresas sentiram a necessidade de implementar políticas internas e métodos para o uso mais racional e o aumento da eficiência no uso da energia elétrica, visando a redução de custos de produção.

Conforme consta no Manual de Eficiência Energética na indústria (COPEL 2009), um adequado projeto e um bom plano de operação de manutenção das instalações elétricas podem representar significativas economias de energia, assim como garantir boas condições para funcionamento e segurança e continuidade da produção.

Segundo Ilo da Silva Moreira (Sistemas Pneumáticos – 2012), os custos com ar comprimido podem crescer consideravelmente quando ocorrer vazamentos na rede distribuidora. Tendo um furo de 3,5 mm de diâmetro e sendo a pressão de 6 bar, na região do vazamento, indica uma vazão de 0,5m³/min, ou seja, 500 litros de ar comprimido vazando a cada minuto.

O presente estudo demonstrou que sistemas de ar comprimido quando mal projetados e com pouca manutenção preventiva e corretiva, geram desperdícios expressivos de energia elétrica. Os números entre as realidades do sistema anterior comparados aos números da realidade após as intervenções demonstram a importância do correto manuseio dos sistemas de ar comprimido.

COMPRESSED AIR SYSTEM ADEQUACY

Abstract

This case study presents the case of an auto motor shop that uses compressed air actuation in their maintenance services. This is an internal company's shop and is in charge for the entire company's bus fleet, since forty years ago, since then using an old and full of failures equipments. Through diagnoses and collecting data analysis, brings the actual electrical energy consumption and proposes an intervention in the compressed air bank among other improvements. Proposes a technical intervention including equipment and implementation costs. From the new installed structure, it was possible to generate important managerial information such as consumption of compressed air and electrical energy daily, weekly, monthly and annually, also were created preventive and corrective reports. The study include the activities done for the changes to happen. Also introduces a comparison between two scenarios. Being the old system costs and maintenance the scenario one, versus the cost of scenario two being the new structure implementation and maintenance. It concludes demonstration the economical and financial benefits taken operating in the new structure.

Keywords: compressed, efficiency, costs.

REFERÊNCIAS

BARROS, Benjamim Ferreira de. **Gerenciamento de Energia**.2014.

BORGES NETO, MANUEL RANGEL. **Geração de Energia Elétrica**, 2013.

COPEL – **Manual de Eficiência Energética na Indústria** (2005).

EQUIPAMENTOS METALPLAN, O Tratamento de Ar comprimido como Fator de Redução de Custos na indústria. Disponível em, [http://www.pipesystem.com.br/Artigos Tecnicos/Tratamento Ar Comprimido Metalplan.pdf](http://www.pipesystem.com.br/Artigos_Tecnicos/Tratamento_Ar_Comprimido_Metalplan.pdf) >. Acesso em 19 out. 2016.

ILO DA SILA MOREIRA. **Sistemas Pneumáticos**, 2012.

MANUAL PRÁTICO – **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido** –Eletrobrás / Procel.

MYKA COMPRESSORES. Disponível em:<<http://mykacompressores.com.br/quanto-custa-o-ar-comprimido>>. Acesso em 19 out. 2016.

PROCEL. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido**. Manual Prático, 2005.

S.A. AIR SOLUTIONS. Ar Comprimido, Gerenciamento e Avaliação. Disponível em < [http://www.cba-automacao.com.br/pdf/gerenciamento e avaliacao.pdf](http://www.cba-automacao.com.br/pdf/gerenciamento_e_avaliacao.pdf) >. Acesso em 19 out. 2016.