



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental

**Eficiência energética: gestão metodológica para a redução
de energia elétrica na indústria.**

Fernando Luiz Martins

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental

Fernando Luiz Martins

Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria

Florianópolis, 04 de novembro de 2016

Fernando Luiz Martins

Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares.

Florianópolis, 04 de novembro de 2016.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Martins, Fernando Luiz

Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria / Fernando Luiz Martins; orientador, Sebastião Roberto Soares - Florianópolis, SC, 2016. p.103

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Eficiência industrial. 3. Consumo de energia. 4. Metodologia WCM - World Class Manufacturing. 5. Método dos 7 tipos de Energia. 6. Método dos 7 passos da redução da Energia. Soares, Sebastião Roberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

Fernando Luiz Martins

Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Ambiental, e aprovada em sua forma final pelo Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de novembro de 2016.

*Prof. Maurício Luiz Sens, Dr.
Coordenador do Curso*

*Prof. Maurício Luiz Sens, Dr.
Banca*

*Profa. Maria Eliza Nagel Hassemer, Dra.
Banca*

*Profa. Cláudia Lavina Martins, Dra.
Banca*

*Prof. Sebastião Roberto Soares, Dr.
Orientador*

Florianópolis, 04 de novembro de 2016.

Agradecimentos:

Dedico este trabalho, primeiramente, a DEUS e ao CRISTO JESUS pela força, ânimo e oportunidades concedidas, essenciais em minha vida. Agradeço ao coordenador professor Maurício Luiz Sens, aos professores, ao orientador Sebastião Roberto Soares, competente profissional, à equipe de suporte do ICE e aos colegas que me ajudaram na conclusão do curso, em especial, Frederico Buss.

Agradeço a empresa Embraco Compressores pela oportunidade de execução do projeto, em particular, ao engenheiro Ricardo Luiz Samistraro, coordenador do time de projeto.

E, por fim, à minha família, Erenilda, Fernanda e Felipe pela paciência e apoio, estando próximos de mim e fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

Florianópolis, 04 de novembro de 2016.

RESUMO

Anos após anos, as disputas entre as indústrias por melhores competitividade e lucratividade tem sido cada vez mais acirrada. Nesse cenário, para se alcançar alta performance, por conseguinte, maior lucratividade é imprescindível o desenvolvimento de metodologias de trabalho mais eficazes capazes de reduzir as ineficiências internas ocasionadas pelos inúmeros desperdícios existentes nos processos industriais. Isto tem sido o novo campo de batalha da atualidade: focar em estratégias de redução dos custos manufatureiros, por consequência, reduzir os custos energéticos, pois, representam de 10% a 25% do custo total de transformação. Acrescido ainda, o apelo ambiental por técnicas de redução do consumo pois, o setor industrial é responsável por aproximadamente 46% do consumo de energia elétrica no Brasil. Contudo, nem todo o consumo de energia elétrica por parte da indústria é totalmente utilizado: 49% são perdas, isto é, energia não utilizada para produzir transformação.

Quando se trata de reduzir perdas e economizar energia, as principais recomendações incluem otimização dos equipamentos e instalações, substituição de motores superdimensionados, correção do fator de potência baixo e redução dos picos de demanda. Mas estas iniciativas focadas e individuais, por lhes faltarem uma abordagem sistematizada e metodológica, capaz de priorizar áreas de maior impacto, análise global do fluxo energético e um método específico de resolução dos problemas, quase sempre se deparam com resultados poucos significativos para a empresa.

A proposta foi estudar e propor um modelo metodológico de eficiência energética para a redução do consumo energia na indústria, através do combate às ineficientes energéticas, perdas, presentes nos processos industriais. A meta é alcançar reduções de 15% ao ano do consumo energético. O aporte bibliográfico foi feito com o programa WCM - *World Class Manufacturing*, (Produção de Classe Mundial). Deste modo, pretende-se contribuir com a metodologia, desenvolvendo um modelo exclusivo para a gestão eficiente dos recursos energéticos.

A aplicação prática ocorreu na uma empresa Embraco Compressores. Os resultados obtidos atestaram a força do método utilizado, pois inova os sistemas de gestão, investigação, e tratativa dos problemas, introduzindo uma forte ligação entre os resultados dos melhoramentos contínuos aos impactos em termos de redução dos custos energéticos e aos saudáveis ganhos ao meio ambiente. Isto é refletido pela redução alcançada no projeto, em torno de mais 8 milhões kwh/ano, equivalente ao impacto ambiental no consumo de 4361 residências ao ano e a uma carga ambiental de mais de 13.000 consumidores a menos para o meio ambiente. Confirmando que o caminho que leva as empresas à sustentabilidade ambiental e social passa pela correta e eficiente gestão dos recursos energéticos.

Palavras chaves: WCM; Redução de energia; os 7 passos de Energia; 7 tipos de perdas de energia.

ABSTRACT

Year by year, the disputes between industries to better competitiveness and profitability have been more and more fierce competition. In this part, to earn high performance, bigger profitability are necessary development of work methodology to reduce inside inefficiency provide by a lot of waste in the industrial processes.

Nowadays this situation are a new battlefield: focus in strategy to reduce manufacturing costs. In this way that reduction means reduce energy costs because they represent 10% to 25% of manufacturing total cost. Increased yet by the environmental appeal techniques to reduce the consumption because the industrial segment is responsible 46% consumption of electric energy in Brazil, which just use 51% energy consumed.

When it comes to reduce losses and save energy, the main recommendations include optimization of equipment and facilities, replacing oversized motors, power factor correction and low reduction of peak demand. But these focused and individual initiatives, for they lack a systematic and methodological approach, able to prioritize areas of greatest impact, global analysis of energy flow and a specific method of solving problems, often faced with few significant results for the company. The proposal was to study and propose a methodological model of energy efficiency to reduce energy consumption in industry, by tackling energy inefficient, loss, present in industrial processes. The goal is to achieve a 15% reduction per year of energy consumption. The bibliographic contribution will be made by the WCM program - World Class Manufacturing (World Class Manufacturing). Thus, it is intended to contribute to the methodology, developing a unique model for the efficient management of energy resources. The practical application develops into a market leader in compressors segment. The results attest to the strength of the method used, for innovation management systems, research, and dealings of the problems by introducing a strong link between the results of continuous improvements to the impact in terms of reducing energy costs and health gains to the environment. This is reflected by the reduction achieved in the design, around over 8 million kWh / year, equivalent environmental impact in the consumer homes 4361 to the year and an environmental load of more than 13,000 consumers less to the environment. Unquestionably, the path that leads companies to environmental and social sustainability involves the correct and efficient management of energy resources.

Key words: WCM; Energy reduction; Energy 7 steps; Energy losses 7 type.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Como o WCM expande suas atividades.....	18
Figura 2 – A casa WCM dos pilares gerenciais.....	18
Figura 3 – A casa WCM dos Pilares técnicos.....	19
Figura 4 – Os 7 passos do pilar Meio Ambiente	22
Figura 5 – Os 7 passos de Energia	23
Figura 6 – Exemplo de consumo de energia elétrica <i>e</i> componentes de custo fixo/variável..	25
Figura 7 – Diagrama da distribuição dos 7 tipos de perdas de energia.....	26
Figura 8 – Diagrama para reduzir a perda tipo 1.....	27
Figura 9 – Diagrama para reduzir a perda tipo 2.....	27
Figura 10 – Diagrama para reduzir a perda tipo 3.....	28
Figura 11 – Diagrama para reduzir a perda tipo 4.....	28
Figura 12 – Diagrama para reduzir a perda tipo 5.....	29
Figura 13 – Diagrama da perda tipo 6 (transformação).....	29
Figura 14 – Diagrama para reduzir a perda tipo 6.....	30
Figura 15 – Diagrama para reduzir a perda tipo 7.....	30
Figura 16 – Matriz A.....	31
Figura 17 – Matriz B.....	32
Figura 18 – Matriz C.....	33
Figura 19 – Matriz D.....	33
Figura 20 – Matriz E.....	34
Figura 21 – Matriz F.....	34
Figura 22 – Desdobramento dos custos de energia em perdas.....	35
Figura 23 – Foto do sítio da Embraco compressores.....	36
Figura 24 – A distribuição da energia nas dependências.....	37
Figura 25 – Perímetro estudado no projeto: área da produção.....	37
Figura 26 – Layout.....	38
Figura 27 – Consumo de energia em giga joule.....	38
Figura 28 – Consumo de energia em R\$/ano.....	38
Figura 29 – Critério consumo.....	39
Figura 30 – Critério expansão.....	39
Figura 31 – Consumo de energia por bloco, em kwh/ano.....	40
Figura 32 – Consumo de energia do bloco 8 por processo em giga joule.....	40
Figura 33 - Mapa de consumo de energia elétrica do bloco 8.....	41
Figura 34 – Estratificação do consumo de energia por função.....	41
Figura 35 – Mapa de um dos processos estudados do bloco 8.....	42
Figura 36 – Consumo de energia elétrica (GB739) ao longo de um dia de produção.....	42
Figura 35 – Mapa indicando a localização dos medidores instalados.....	43
Figura 36 – Operador de manutenção instalando um dos medidores.....	43
Figura 37 – Registros de treinamento aos envolvidos no projeto.....	43
Figura 38 – Consumo de energia x produção no bloco 8, em kwh.....	44
Figura 39 – Perfil do consumo do bloco 8 por processo.....	44
Figura 40 – Diagrama com os 7 tipos de perdas de energia.....	45
Figura 41 – Alguns exemplos de perda tipo 1.....	45
Figura 42 – Perda de energia tipo 1 e o valor correspondente em R\$.....	46
Figura 43 – Perda de energia tipo 2 e o valor correspondente em R\$.....	47
Figura 44 – Perda de energia tipo 3.....	47
Figura 45 – Perda de energia tipo 4.....	48
Figura 46 – Perda de energia tipo 5 (pneumática).....	48
Figura 47 – Perda de energia tipo 5 (térmica).....	49
Figura 48 – Perda de energia tipo 6, energia elétrica em movimento.....	49
Figura 49 – Perda de energia tipo 6, energia elétrica em força pneumática.....	50
Figura 50 – Perda de energia tipo 6, energia elétrica em iluminação.....	50
Figura 51 – Perda de energia tipo 7.....	51
Figura 52 – Desdobramento dos custos.....	51
Figura 53 – Pareto dos 7 tipos de perda de energia.....	52

Figura 54 – Estratificação da perda tipo 1 até o nível de equipamento, em R\$/ano.....	52
Figura 55 – Perda tipo 1, devido ao consumo em horários não produtivos.....	53
Figura 56 – Padrão de análise de causa raiz do erro operacional.....	53
Figura 57 – Treinamento feito com dos operadores através OPL.....	54
Figura 58 – Instalação da gestão visual.....	55
Figura 59 – Testes para avaliar a qualidade do refrigerante.....	55
Figura 60 – Consumo de energia no final de semana, após as melhorias realizadas.....	56
Figura 61 – Especialista da manutenção analisando a perda tipo 1.2.....	56
Figura 62 – Especialista da Manutenção fazendo alteração do software.....	56
Figura 63 – Valor das perdas por tipo de energia após as melhorias perda tipo 1.....	57
Figura 64 – Estratificação da perda tipo 6 por processo de consumo em R\$/ano.....	57
Figura 65 – Substituição das lâmpadas convencionais pela de tecnologia LED.....	58
Figura 66 – Mapa de luminosidade do bloco 8.....	59
Figura 67 – Estratificação da perda tipo 6 por processo de consumo.....	59
Figura 68 – Situação anterior com uso de transformadores manuais.....	60
Figura 69 – Situação posterior com a substituição de novos transformadores automáticos...	60
Figura 70 – Redução do consumo de energia após as melhorias, kwh/compressor.....	61
Figura 71 – Estratificação da perda tipo 6 por processo de consumo em R\$/ano.....	61
Figura 72 - Estratificação da perda tipo 3 por processo de consumo, em R\$/ano.....	62
Figura 73 – Esquema que representa a perda do tipo 3 devido à instabilidade de pressão.....	62
Figura 74 – Esquema que representa a instalação de inversores.....	63
Figura 75 – Consumo antes e depois das melhorias nos motores.....	63
Figura 76 – Redução do consumo de energia após as melhorias na perda tipo 3.....	64
Figura 77 – Redução do consumo de energia por equipamento após as melhorias tipo 3.....	64
Figura 78 – Consumo de energia devido perda tipo 2.2, consumo excessivo.....	64
Figura 79 – Consumo final de energia no bloco 8, em kwh/compressor.....	65
Figura 80 – Esquema de redução da perda tipo 4, através da recuperação do calor.....	65
Figura 81 – Desdobramento das perdas e ganho atingido.....	65
Figura 82 – Exemplar do livro criado como lições aprendidas.....	66
Figura 83 – Exemplo de documento informação da manutenção.....	67
Figura 84 – Expansão das melhorias das perdas tipo 6 e 3 para a torre de resfriamento.....	68
Figura 85 – Expansão das melhorias das perdas tipo 6 e 3 para o bloco 15.....	68
Figura 86 – Expansão das melhorias das perdas tipo 6 para toda a planta.....	69
Figura 87 – Os 7 tipos de perdas de energia, após as contramedidas.....	70
Figura 88 – Consumo final de energia no bloco 8, em kwh/compressor.....	70
Figura 89 – Desdobramento das perdas e os ganhos atingidos.....	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

- 5G – Método japonês para investigar os problemas. É dividido em 5 etapas: Gemba, (Ir ao local); Gemtsu, (Examinar o objeto); Gengitsu, (Checar fatos e números); Genri – (consultar a teoria) e Gensoku, (Seguir os padrões).
- EMAT - Treinamento e Auditoria Gestão Ambiental.
- HERCA – Human Error Route Cause Analysis, (Análise de causa raiz do erro humano).
- ISO 14001- International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização).
- JIT – Just In Time. (Sempre no tempo).
- LEAN – Terminologia Criada para significar produção “enxuta”, simples.
- MPinfo – Maintenance Professional Information, (Informação Manutenção Planejada).
- O.E.E – Overall Equipment Effectiveness, (Eficiência Total do Equipamento).
- OPL – Lição de um ponto.
- PDCA – Plan, Do, Check, Act. (Planejar, Fazer, Checar, Agir).
- SOP – Standard Operation Procedure, (Procedimento Operacional Padrão).
- SPC - Statistical Process Control, (Controle Estatístico do Processo).
- TIE - Total Industrial Engineering, (Engenharia Industrial Total).
- TPM - Total Productive Maintenance. (Manutenção Produtiva Total).
- TPS - Toyota Production System, (Sistema da Produção Toyota).
- TQM - Total Quality Management, (Gestão da Qualidade Total).
- TWTTP – The Way To Teach People, (O caminho para ensinar pessoas).
- WCM – World Class Manufacturing, (Manufatura de Classe Mundial).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	133
1.2 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	14
2.2 A IMPORTÂNCIA DAS METODOLOGIAS PARA AS EMPRESAS	14
2.3 O PROGRAMA WCM	15
2.3.1 A ORIGEM DO WCM	16
2.3.2 PREMISSAS	16
2.3.3 GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO.....	16
2.3.4 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO	17
2.3.5 Os 10 PILARES GERENCIAIS	18
2.3.6 OS 10 PILARES TÉCNICOS	19
2.3.7 O PILAR DE MEIO AMBIENTE.....	20
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 Os 7 PASSOS DE ENERGIA	23
3.2 Os 7 PASSOS DE PASSO 1, ESCOLHA DA ÁREA MODELO	24
3.3 Os 7 PASSOS DE ENERGIA: PASSO 2: INVESTIGAÇÃO ATUAL	24
3.4 Os 7 PASSOS DE ENERGIA: PASSO 3, MEDIÇÃO, AUDITORIA E TREINAMENTOS.....	25
3.5 Os 7 PASSOS DE ENERGIA: PASSO 4, ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS	26
3.5.1 Os 7 TIPOS DE PERDAS DE ENERGIA	26
3.5.2 MÉTODO DE DESDOBRAMENTO DOS CUSTOS	31
3.6 Os 7 PASSOS DE ENERGIA: PASSO 5, CONTRAMEDIDAS.....	35
3.7 Os 7 PASSOS DE ENERGIA: PASSO 6, ANÁLISE RESULTADOS E PADRONIZAÇÃO ...	35
3.8 Os 7 PASSOS DE ENERGIA: PASSO 7, EXPANSÃO HORIZONTAL E ABRANGÊNCIA .	35
4 RESULTADOS DO PROJETO APLICADO	36
4.1 BREVE HISTÓRICO DA EMPRESA.....	36
4.2 ESTUDO DE CASO.....	36
4.3 DISCUSSÃO FINAL DOS RESULTADOS	69
5 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O atual cenário mundial é marcado por incertezas de ordem econômica e política. Este novo ambiente exige das indústrias agilidade, flexibilidade no atendimento à demanda, foco intenso nos clientes, ciclos de vida de produtos breves, desenvolvimento constante de novas tecnologias e desafio constante para a redução de custos. Isto, faz com que as empresas busquem sempre novas estratégias para obter um diferencial diante dos concorrentes. Porter (1989), afirma “que uma empresa obtém vantagens competitivas, executando as atividades estrategicamente importantes de uma forma mais barata ou melhor do que a concorrência”.

Cada vez mais, as empresas têm buscado promover a melhoria contínua, eliminando desperdícios e reduzindo seus custos. Para essa busca incessante por melhores performances, é imprescindível o desenvolvimento de metodologias de trabalho mais eficazes e capazes de reduzir as ineficiências internas ocasionadas pelas diversas perdas e desperdícios decorrentes nos setores industriais. Logo, uma “cruzada” para se alcançar melhor padrão operacional pelo combate sistemático às ineficiências virou uma corrida ao “ouro” já que resulta em melhorias extraordinárias à saúde financeira da empresa.

O entendimento é simples. Pela tradicional equação: Preço = (Custo + Lucro), temos que o preço, normalmente ditado pelo mercado e o lucro, prefixado pelos acionistas. Resta apenas o “custo” como componente variável de atuação direta das empresas. Atuar nos custos é transformar despesas em receitas, através do melhoramento contínuo da eficiência dos processos, identificando e eliminando as perdas e, consequentemente eliminando os custos de fabricação.

Uma das estratégias competitivas utilizadas pelas indústrias é a otimização dos seus sistemas de produção. Esta otimização ocorre através da busca pela eliminação das perdas no processo produtivo. Para alcançá-la, surgem novas metodologias no mercado, como por exemplo, o WCM - *World Class Manufacturing*, (Produção de Classe Mundial). O WCM é um sistema de gestão integrado de redução de custos e visa otimizar os processos industriais, através de um conjunto estruturado de métodos e ferramentas para alcançar níveis de classe mundial, isto é, atingir performances das grandes organizações industriais do mundo. São mais de 346 métodos e ferramentas de trabalho disponíveis, mas, vistos numa abordagem sistêmica em toda a planta, com profundidade de aplicação e rigor implacável à perseguição dos problemas pela identificação e eliminação da causa raiz.

O programa WCM abrange de métodos para toda a organização, atuando sobre os mais diversos tipos de perdas existentes, como as ineficiências de máquinas, processos e mão de obra; materiais defeituosos; layouts e fluxos pouco funcionais; uso incorreto de insumos; e utilização ineficiente dos recursos naturais. Uma implementação séria e correta da metodologia garante bons resultados e patamares de performance produtiva antes inimagináveis. Normalmente, os ganhos representam uma redução média anual de 10% dos custos totais da empresa, acompanhada com melhorias dos indicadores de produtividade, qualidade, segurança, ambiental, logística, entre outros.

Contudo, para algumas perdas, o WCM necessita ser desenvolvido de forma mais específico e gerencial, precisando o real valor do impacto que estas perdas representam para a empresa, e mesmo, para a sociedade. É o caso das perdas relacionadas à energia, tão representativas financeiramente para a organização e ambientalmente para o mundo. A importância deste tema se deve ao fato de que toda a evolução tecnológica está intimamente ligada ao uso da energia (Pereira, 2009).

Não são muitas as atividades do WCM direcionadas às perdas energéticas, e, também não retrata a importância do termo, pois, não há um modelo de gerenciamento apropriado. Na maior parte, as abordagens são feitas por alguns métodos direcionados à redução do consumo de energia, mas lhes faltam um sistema de gestão capaz de valorizar as perdas e prioriza-las consoante sua importância financeira e impacto ambiental. É por este viés, que se desenvolveu este projeto de mestrado: propor um modelo metodológico de eficiência energética para a redução do consumo de energia elétrica na indústria. Este modelo deve ser capaz de gerenciar e combater sistematicamente as perdas através de intervenções de melhoramento ancorados ao custo ambiental, ao cumprimento às normas em vigor e à redução dos recursos energéticos. Isso, responde muito bem ao princípio ético da responsabilidade sócio ambiental e ao crescimento sustentável.

1.1 Justificativa

Em um contexto sócio mundial onde a proteção ao meio ambiente, efetuada em coerência com os princípios do desenvolvimento sustentável, é um requisito fundamental de seriedade e profissionalismo, as empresas vem explicitando há muito tempo seu empenho por meio da emanção da Política para o Meio Ambiente.

No setor industrial, o conceito de eficiência energética é recente. Antigamente indústrias não tinham preocupação com esta questão pelo fato da energia ser mais barata e não existir uma consciência com relação ao consumo (Mendes, 2014). A mudança deste comportamento se deu a partir da globalização e da necessidade do desenvolvimento sustentável correlacionando importantes fatores como o acesso à energia e a sua utilização, o desenvolvimento econômico, as preocupações ambientais, o desenvolvimento de novas tecnologias, entre outros. No passado, estes fatores eram considerados, e por consequência, estudados, de maneira independente, diminuindo o impacto que podem causar na eficiência energética (Tassini, 2012).

No setor industrial, as perdas dos processos produtivos (ineficiências) representam 70% a 90% dos custos de transformação. Isto é, as empresas consomem quase o dobro do que realmente precisam para transformar matéria prima e insumos em produtos acabados. As consequências disso são custos mais altos, baixa produtividade e a perda de competitividade desembocando muito das vezes na decretação de falência do negócio. Atualmente, o Brasil tem uma produtividade 4 a 10 vezes menor que os países de primeiro mundo, como os EUA, Alemanha e Japão. Exatamente por causa disto: gasta-se muito mais do que precisa. Deste modo, devem ser criadas e acompanhadas, ações de eficiência energética com relação à programas de conscientização, gestão de energia e emprego de tecnologias energeticamente eficientes (Sola; Kovaleski, 2004).

Os vetores energéticos têm uma parcela importante nestes custos pois representam de 15% a 25% dos custos totais de transformação. Somando-se ainda, o apelo ambiental por técnicas de redução do consumo pois, o setor industrial é responsável por aproximadamente 46% do consumo de energia elétrica no Brasil, do qual somente há aproveitamento 51% da energia consumida. Qualquer tentativa por melhor equacionar a entrada e saída dos vetores energéticos, eliminando perdas e desperdícios é imprescindível para qualquer empresa que queira se sustentar num mercado competitivo e cada vez mais consciente de suas obrigações ambientais.

O modelo metodológico tem o foco direcionado para a redução dos custos dos vetores energéticos, através da eliminação das perdas existentes na cadeia de consumo de energia. Naturalmente, acende a uma forte pró-atividade no tema ambiental, pois, busca melhorar a eficiência energética dos processos industriais.

Este trabalho também contribui para o efetivo cumprimento da Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001, conhecida como a Lei de Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e do Decreto 4059 de 19 de dezembro de 2001, (ANNEI, 11).

1.2 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi propor uma gestão metodológica de eficiência energética para a redução de energia elétrica na indústria.

Isto produz vantagem para a empresa em termos de redução dos custos energéticos sobre o custo de transformação e do custo unitário por produto produzido. A meta é alcançar uma redução do consumo da ordem de 15% ao ano. Naturalmente, isto tudo tem impacto direto na redução dos impactos ambientais e melhora a sustentabilidade ambiental do “negócio”.

1.2.1 Objetivos específicos

- Reduzir o consumo de energia em 15% ano na área piloto (kwh/ano);
- Reduzir o custo energético por compressor em 10% (kwh/compressor produzido);
- Para a empresa, a metodologia conduz a bons resultados?
- Reduzir os impactos ambientais e consumo dos recursos naturais.
- Promover o desenvolvimento da empresa com respeito à sustentabilidade ambiental e social através de uma correta e eficiente gestão dos recursos energéticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Eficiência energética

A Eficiência Energética, pode ser definida como um conjunto de atividades sistêmicas que tem como objetivo principal otimizar o uso de energia e de suas fontes, principalmente as fontes de energia não renováveis e disponíveis no meio ambiente, ao mesmo tempo que atenta para a utilização econômica das energias renováveis como forma de reduzir o grande consumo dos combustíveis de fontes não renováveis. A Eficiência Energética e o uso de energias renováveis são considerados os pilares para a construção de uma política energética sustentável (PEREIRA, 2009).

Também pode ser entendida como a relação entre a energia gerada na saída e a energia disponível na entrada de um sistema ou processo. Deste modo podemos dizer que para um sistema ou processo ser eficiente, o produto final deve estar o mais próximo possível do que foi consumido ou disponibilizado no início, do ponto de vista energético. Em termos de conservação de energia, é correto afirmar que um sistema ou processo eficiente é aquele que reduz as perdas, otimizando o uso da energia de entrada.

Do ponto de vista da conservação de energia, a redução das perdas em um processo implica diretamente no aumento da eficiência do mesmo, porém não leva em consideração o custo da energia envolvida e os impactos sociais e ambientais. Sendo assim, o uso dos conceitos e ferramentas de eficiência energética, se fazem extremamente necessários, desde sua abordagem estudantil até suas aplicações em grandes indústrias e grandes centros consumidores. Uma vez alinhado com o conceito de conservação de energia, surge um mecanismo de grande importância e que pode trazer excelentes resultados na sociedade como um todo: redução das perdas de energia, com consumo responsável, processos otimizados, menor impacto ambiental e estímulo à programas de conscientização e uso eficiente de energia (Fernandes, 2015).

2.2 A importância das metodologias para as empresas

Desde o início da produção industrial ocorreram duas grandes mudanças: da produção artesanal para a de massa, por volta de 1915 e a mudança da produção em massa para a produção enxuta (simplificada). Esta última, vem ocorrendo pelo menos nos últimos 25 anos.

No passado, a grande revolução industrial, marcada pela mecanização da produção, permitiu as indústrias alcançarem altos índices de produtividade pela maximização do volume (produção em massa). Os produtos ofertados tinham pouca variação, longo ciclo de vida e a demanda era alta. As altas ineficiências produtivas eram assim diluídas nos altos volumes praticados. Exemplos clássicos foram os casos da Ford, com o seu Modelo “T”, e o da Volkswagen (VW), com o Fusca.

Atualmente, o cenário mundial é marcado por incertezas tanto de ordem econômica quanto político-social e o padrão de consumo muito diferente ao que as indústrias estavam acostumadas. O consumidor ficou cada vez mais exigente e seletivo e os produtos nunca mais iguais. Por consequência, a demanda foi reduzida diretamente proporcional ao baixo ciclo de vida dos produtos. As empresas tiveram que se reinventar, atuando em vários segmentos ao mesmo tempo, com produtos atraentes, processos flexíveis e modelos fabris cada vez mais simples e baratos (enxutos).

A nova dinâmica do mercado exigiu mudanças e adaptações das empresas. Além dos exigentes consumidores, as inovações tecnológicas têm provocado efervescentes desafios para o negócio: é preciso reduzir os custos de fabricação para aumentar a receita, a fim de bancar os imprescindíveis investimentos para os novos produtos. Enfim, o processo de reestruturação interna e externa das indústrias é modelado a cada dia, segundo a tendência do imprevisível mercado. Contudo, esta reformulação ocorre sob a forte inspiração da metodologia enxuta, um conjunto de métodos e ferramentas técnico-gerencial como plataforma para a reorganização e adequações dos processos industriais.

A busca incessante do lucro pelas empresas, focada em uma análise simplista de redução de custos e aumento de produção, pode desviar a empresa do real caminho para sua sobrevivência no mercado. As empresas alcançam resultados melhores na medida em que adquirem conhecimento sobre os processos pela melhor organização racional dos diversos elementos de trabalho associados e necessários para se fabricar determinado produto.

A partir da década de 80, surgiram consideráveis metodologias com escopos e objetivos específicos, mas cada qual visando sistematizar melhorias dentro do gerenciamento produtivo a que se propunham. Apareceram o TQM, *Total Quality Management*, (*Gestão da Qualidade Total*); a Reengenharia, o TPM, *Total Productivity Maintenance*, (*Manutenção Produtiva Total*); o 5S, o TIE, *Total*

Industrial Engineering, (Engenharia Industrial Total); JIT, *Just in Time*, (sempre no tempo); e, duas das mais conhecidas: O *Lean Manufacturing*, (Produção Enxuta), metodologia criada pelo americano, Womack, na década de 90 e o WCM, *World Class Manufacturing*, (Produção de Classe Mundial). Ambas, com o objetivo de disseminar a cultura enxuta através de uma gestão metodológica de trabalho estruturada nos princípios, métodos e instrumentos do TPS, *Toyota Production System*, (Sistema de Produção da Toyota). O TPS é atualmente reconhecido como o modelo mais eficaz de gestão de produção para os ramos da indústria e também de serviço.

A força destas metodologias está no combate implacável a todos os tipos de perdas e desperdícios que oneram os custos de uma empresa e que causam o baixo desempenho da produtividade, da qualidade e da competitividade. O objetivo é maximizar o desempenho da empresa e minimizar os seus custos. São fortes metodologias de trabalho para as empresas e contribui de maneira importante e contínua para o melhoramento de sua performance. A Toyota, responsável por toda esta revolução, é um exemplo disto, viu sua marca japonesa avançar em produtividade na ordem de menos 10 vezes, para hoje 7 vezes mais (Ohno, 1997).

Para o mercado atual de grandes batalhas por melhor competitividade, implementar estas metodologias virou uma “corrida ao ouro” já que resulta em melhorias extraordinárias na saúde financeira da empresa. Por outro lado, tanto o Lean, como o WCM são programas estruturados e sistematizados a fim de superar a praxe dos melhoramentos isolados, muito das vezes dificilmente repeditos. A implementação acontece passo a passo, com priorização de atuação sustentada nos resultados esperados, atividades definidas, soluções focadas, padronização e abrangência. As pessoas são a chave do sucesso. Disciplina, propositividade, inovação, envolvimento e conhecimento, indubitavelmente, são os fatores de sucesso a qualquer implementação destas metodologias.

Por fim, das realidades industriais experimentadas nesses 23 anos de experiência em sistemas enxutos, sempre desenvolvendo projetos de melhoria e redução de custos e inúmeros resultados alcançados, O WCM é a nova aposta metodológica, pois abarca em seu programa, aquilo que há de melhor em metodologia de trabalho. E, por esta razão, foi a plataforma metodológica usada para a estruturação de um modelo proposto de gestão energética para as empresas. A ideia inicial é usar a lógica adotada pelo WCM nas abordagens sistematizadas dos 7 passos de implementação feitas para outras perdas. A partir disto, criar um modelo metodológico de gestão específico e exclusivo para a energia.

2.3 O programa WCM

O WCM - World Class Manufacturing (Manufatura de Classe Mundial) é um conjunto de conceitos, princípios e técnicas para a gestão dos processos fabris de uma empresa. O termo WCM captura de maneira eficaz a essência das mudanças fundamentais que aconteceram nas indústrias mundiais, a partir dos anos 70, e que tocaram em um conjunto muito amplo de elementos que caracterizavam a produção: a gestão da qualidade, as relações industriais, a formação, a equipe de suporte, as relações com os fornecedores e os clientes, o produto, a organização dos estabelecimentos, a manutenção, a linha de produção, o sistema de contabilidade, a automação e outros. Portanto, o WCM representa a coletânea das grandes metodologias que surgiram na indústria ao longo desses anos.

Atualmente, há algumas metodologias que diferem entre si na lógica e estrutura de implementação. O que é demonstrado nesta dissertação, tem autoria do professor Dr. Yamashina. Seus materiais consistem de artigos e manuais de implementação e melhores práticas com resultados verificados nos experimentos feitos dentro de várias empresas no mundo. Tudo o que vemos aqui é em referência a seus conhecimentos.

O WCM Baseia-se em 3 elementos essenciais:

1. Combate sistemático a cada desperdício e perda existente em toda a cadeia (cliente e fornecedor).
2. Envolvimento das pessoas e respectivos desenvolvimento de suas competências.
3. Utilização rigorosa de métodos e ferramentas apropriados para as ineficiências do processo.

O WCM tem como objetivos principais:

- Zero acidente.
- Zero falha de máquina.
- Zero defeito.
- Zero reclamação de cliente.
- Zero resíduos.

2.3.1. A origem do WCM

O WCM se baseia nos modelos de atividades criados pela indústria manufatureira depois da segunda guerra mundial e nos resultados obtidos pela abordagem japonesa para a organização da produção. Ele utiliza os conceitos e práticas desenvolvidos pelos japoneses nos setores automobilístico e eletrônico para alcançar importantes vantagens competitivas. O WCM foi apresentado pela primeira vez como uma abordagem orgânica por Schonberger, 1986, que mostra uma série de empresas americanas que adotaram e implementaram a abordagem japonesa para a produção, adaptando ao contexto ocidental. O autor mostra que essa adaptação não ocorreu por pura imitação, mas que a adoção do modo japonês de produzir no ocidente ajudou a divulgar uma abordagem muito diferente.

A primeira diferença entre o WCM e os modelos de produção antes descritos é sobre o campo de aplicação. O WCM foi concebido para aplicar os melhores métodos existentes em todos os processos da organização, de maneira a aumentar os desempenhos das empresas manufatureiras ao nível das melhores performances mundiais.

2.3.2 Premissas

O WCM tende ao melhoramento contínuo e rápido das performances da organização, como a melhoria da qualidade, dos custos, do tempo de produção e do serviço ao cliente. Mas, acredita-se que o alcance desses objetivos pode acontecer na harmonia entre eles, nunca como oposição. Se há uma melhoria da qualidade, naturalmente, vão ocorrer ganhos simultâneos, para os custos, o atendimento e a produtividade. A finalidade do WCM é garantir que todos os níveis da organização melhorem aos padrões de classe mundial.

O melhoramento no WCM segue um percurso muito bem definido que se baseia na remoção de todos os obstáculos à produção, para alcançar a sua máxima simplificação. As premissas do WCM são: ter poucos fornecedores, focar sua atenção nos equipamentos; ter entregas mais frequentes; ter equipamentos menores; diminuir as distâncias; diminuir as atividades de controle; e diminuir os estoques intermediários.

2.3.3 Gerenciamento da produção

Para o WCM, a década de 1980 foi o ano da mudança. Algumas das grandes empresas da América do Norte e da Europa, começaram a rever seus sistemas de produção, pois, não levavam à bons resultados. O que se alcançava estava muito mais relacionado ao suor e transpiração das pessoas, do que ao uso correto dos métodos e ferramentas conhecidos. Para o programa WCM é possível alcançar ótimos resultados a partir da aplicação rigorosa dos métodos e ferramentas de trabalho. Os dois marcos iniciais de aplicação WCM foram o aumento da qualidade e a aplicação do JIT na produção. A primeira empresa norte-americana a praticar a metodologia WCM foi a General Electric. Seguiram a Kawasaki no Nebraska, a Toyota Truck, na Califórnia, a Nashua Corporation e depois a IBM. Todos obtiveram excelentes resultados, conforme previstos pelo próprio programa. Atualmente, o WCM é o sistema de gerenciamento da produção em diversas empresas como a Fiat, a Volvo, a Pirelli, a Unilever, a OMR e muitas outras pelo mundo.

O seu objetivo principal é o combate sistemático às perdas e desperdícios. O conceito de perda foi amplamente desenvolvido pelo WCM. Entende-se por perda, a diferença entre o padrão e o realizado dos recursos necessários para a transformação da matéria prima em produto acabado. Normalmente, as empresas utilizam mais recursos que o necessário. Exemplo, se compra mais matéria prima e energia, pois, parte disto será descartado como refugo e não utilização. Estas formas de desperdícios, denominamos de perdas.

O WCM utiliza as grandes metodologias de combate às ineficiências produtivas (perdas) mencionadas no item 2.2: JIT, TQM e TPM. O primeiro conjunto de instrumentos e técnicas que é o fundamento da implementação de uma empresa WCM é o JIT que tem o objetivo reduzir o estoque, fornecendo materiais no tempo e na quantidade certa. O segundo conjunto de instrumentos e técnicas, o TQM, busca o melhoramento contínuo, através do princípio do controle de qualidade. A ideia básica deste princípio é produzir produtos prontamente de alta qualidade. O terceiro conjunto de instrumentos e técnicas, o TPM, se baseia no conceito de manutenção produtiva, ou seja, atuar preventivamente na manutenção dos equipamentos.

2.3.4 Princípios da produção

1º princípio: Fazer certo o tempo todo

O princípio do fazer certo o tempo todo, está virando uma prescrição para qualquer tipo de trabalho. As distâncias entre os processos são grandes demais para pensar em poder coordená-los efetivamente. Os fluxos também são longos demais para poder reconstruir a sequência das causas e dos efeitos, quando as coisas não vão bem. A resposta para esse problema é buscar uma melhor organização de pessoas e gerenciamento de toda a cadeia da empresa.

Atualmente, é difícil encontrar gerentes que não saibam que uma de suas tarefas fundamentais é aquela de desenvolver a participação de seus funcionários e colaboradores. Obviamente, para o bom trabalho, o envolvimento das pessoas nos círculos da qualidade é bastante relevante, mas para uma empresa que quer ser referência de classe mundial, a simples participação e a comunicação não são suficientes. As pessoas têm que estar monitorando e atuando continuamente nos processos. Resolvendo problemas! Na reorganização de trabalho WCM uma série de atividades de suporte devem ser executadas diariamente, como manutenção preventiva, controles, resolução problemas e perdas, avaliação indicadores, etc.

Antes de melhorar, necessita entender a situação dos processos. A coleta dos dados é a primeira coisa a ser feita. O melhoramento dos desempenhos depende da coleta certa e no momento certo. O WCM prevê que os operadores também colem os dados a cada problema detectado. A análise dos dados deve acontecer todos os dias e deve se basear não somente na análise quantitativa do número e dos tipos de erros/problemas encontrados, mas, também nas causas. O sucesso da resolução dos problemas está diretamente ligado à compreensão da causa raiz. Para qualquer atividade do WCM, o entendimento causal é a parte central da análise. A solução deve eliminar a causa do problema.

2º princípio: Tornar os dados públicos e visíveis

As empresas são melhoradas na medida que tornam públicos os dados sobre os trabalhos realizados e os coloca à disposição de todos. Os benefícios desta estratégia, além de ser um controle visual, permite que as informações não fiquem retida na cabeça de alguns. As pessoas acabam participando diretamente do gerenciamento, seja conhecendo ou participando da resolução dos problemas. Os supervisores devem criar situações para que elas não somente vejam a informação, mas, participem efetivamente das atividades necessárias às melhorias. Os operadores são essenciais neste compartilhamento. Eles têm que ser treinados e envolvidos no processo de controle para detectar, analisar e resolver os problemas.

3º princípio: Parceria com os fornecedores

Se uma empresa deseja ser referência, os fornecedores não devem ser adversários, mas coprodutores. O desenvolvimento dos fornecedores significa a criação de uma estrutura de relação com eles, através de uma cadeia de ajuda. A consequência de qualquer parceria é que a qualidade melhore e os preços caia. Fica difícil atender muitos fornecedores pela limitação de pessoas e custos da empresa. Por esta razão, o desenvolvimento da rede de fornecedores para uma empresa WCM deve começar pela redução do número dos fornecedores.

4º princípio: Melhoria contínua

O programa WCM busca o melhoramento rápido e contínuo, mas para isto, as pessoas têm que ser capacitadas para enxergar e analisar os problemas em profundidade. Existem várias técnicas e instrumentos de formação disponíveis no programa WCM. Para cada problema há uma ferramenta associada. Ao total são mais de 349 métodos e ferramentas de trabalho divididos em 3 fases de conhecimento: básico, intermediário e avançado. Na medida que a empresa vai amadurecendo no programa WCM, necessário se faz desafiar para conhecimentos metodológicos mais avançados. A melhoria contínua é atingida quando se tem pessoas competentes e organizadas em torno de círculos de melhoramentos contínuos que se desafiam constantemente ao combate sistemático das perdas.

O programa WCM inicia suas atividades em áreas modelos e depois vai expandindo para outras áreas conforme a priorização do pilar custos, até alcançar toda a planta. O objetivo é que as atividades sejam experimentadas em uma área piloto e por um grupo de pessoas. Na medida que as pessoas vão aprendendo e as áreas melhorando, inicia-se a fase das expansões. A figura 1, exemplifica o caminho do WCM.



Figura 1 – Como o WCM expande suas atividades. Fonte: introdução ao WCM, Yamashina, 2012.

5º princípio: Envolvimento de todos

A aplicação do WCM necessita que cada pessoa colabore com alguma atividade do programa, com envolvimento rápido e contínuo. Não pode ser algo imposto, mas deve ser considerado como algo que deva fazer parte da vida profissional de qualquer um. O sucesso do programa está ligado diretamente ao envolvimento de todas as pessoas da organização. Isto deixa o programa mais leve e abrangente. Para alcançar este propósito, as pessoas de uma organização devem separar parte do seu tempo diário, à alguma atividade de melhoria. Reuniões diárias são realizadas com o intuito das pessoas terem oportunidades de participarem de forma contínua.

2.3.5 – Os 10 Pilares Gerenciais

O WCM propõe um melhoramento completo e sistematizado para toda a organização. Sua estrutura organizacional é constituída por 10 pilares gerenciais e 10 técnicos que representam as diversas áreas de uma empresa tradicional.

Os pilares gerenciais fornecerem recursos para que os pilares técnicos executem corretamente suas atividades. Os pilares gerenciais foram posteriormente detalhados na Associação WCM em número de 10, e se unem aos pilares técnicos, conforme a figura 2.

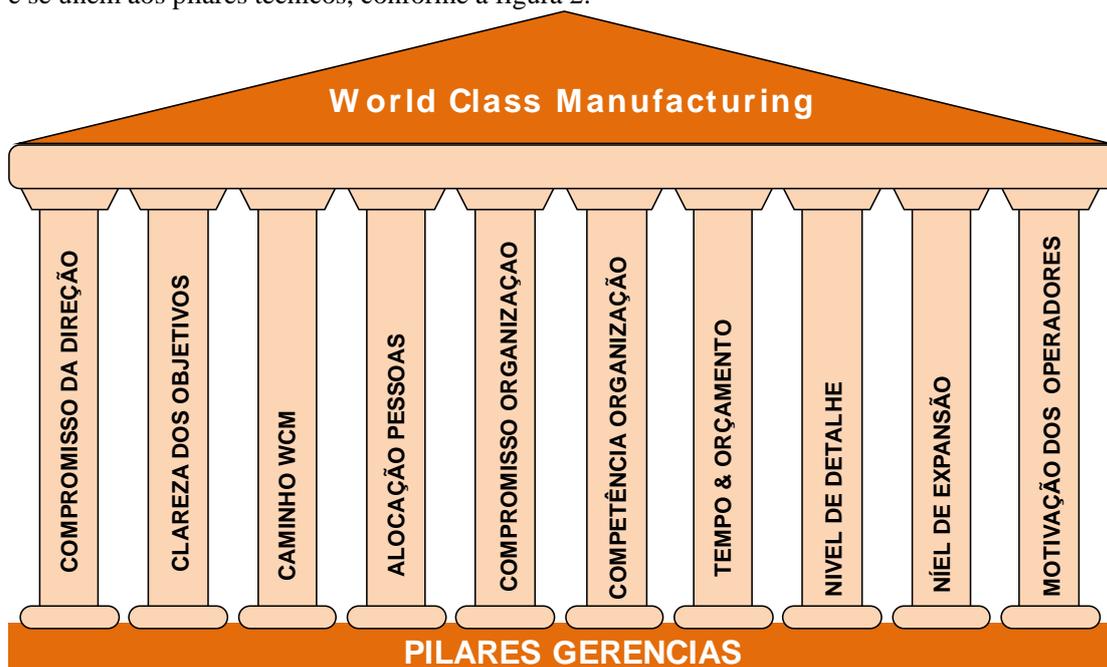


Figura 2 – A casa WCM dos Pilares gerenciais. Fonte: introdução ao WCM, Yamashina, 2012.

São estes, os pilares gerenciais: Compromisso da direção; Clareza dos objetivos; Mapa do caminho para o WCM; Alocação de pessoas mais qualificadas para as áreas ou máquinas modelo; Compromisso da organização; Competências da organização para o melhoramento; Tempo e orçamento; Nível de detalhe; Nível de expansão; e Motivação dos operadores.

Os pilares gerenciais são ligados à alta direção através de compromissos e empenho da organização com o programa, de modo a aplicar técnicas e métodos de gestão dos objetivos, planos e projetos, para gerenciar, por meio do acúmulo e difusão, o novo conhecimento criado por meio da solução dos problemas, para que a organização assuma os principais traços culturais do melhoramento contínuo com particular atenção ao detalhe.

2.3.6 – Os 10 pilares técnicos

Os pilares técnicos têm a finalidade reduzir as perdas e desperdícios existentes na empresa, cada qual com finalidade e objetivos específicos. A figura 3 mostra os 10 pilares técnicos:

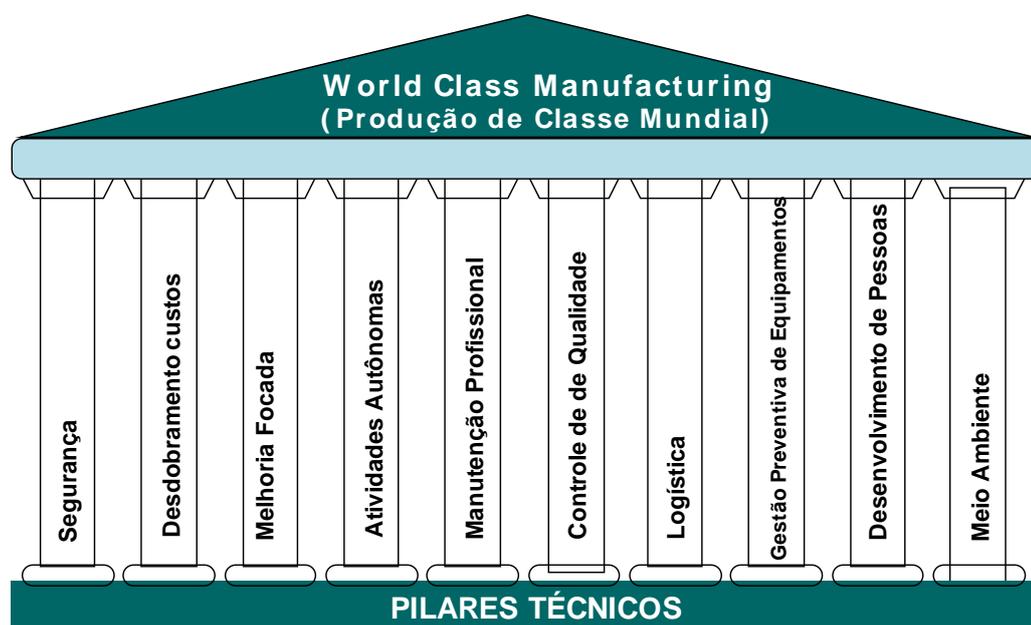


Figura 3 – A casa WCM dos pilares técnicos. *Fonte: introdução ao WCM, Yamashina, 2012.*

- 1) Pilar Segurança
- 2) Pilar Melhoria Focada
- 3) Pilar Desdobramento dos custos
- 4) O Pilar Atividades Autônomas subdivide em dois outros pilares: Organização do Posto de Trabalho e Manutenção Autônoma.
- 5) Pilar Manutenção Profissional
- 6) Pilar Controle de Qualidade
- 7) Pilar Logística
- 8) Pilar Gestão Preventiva dos Equipamentos
- 9) Pilar Desenvolvimento de Pessoas
- 10) Pilar Meio Ambiente

O pilar Segurança tem como objetivo garantir a integridade física das pessoas; o pilar Melhoria Focada tem a função de providenciar o método e as ferramentas de trabalho; o pilar Custos fornece a priorização financeira das perdas; o pilar de Atividades Autônomas tem a finalidade melhorar o ambiente de trabalho; o pilar Manutenção busca aumentar a disponibilidade das máquinas; Pilar Qualidade, produzir produtos sem defeitos; Pilar Logística, reduzir estoques e movimentações; O pilar Gestão Preventiva de Equipamentos garante que as novas aquisições de equipamentos ocorram dentro dos conceitos WCM; o pilar Desenvolvimento de Pessoas tem a finalidade treinar e desenvolver as competências das pessoas; o pilar de Meio Ambiente atua sobre os aspectos e impactos ambientais, promovendo a sustentabilidade ambiental.

O sistema de Auditoria

Outro importante aspecto desenvolvido pelo WCM é o sistema de auditoria, fundamental para sustentar a implementação. O sistema de auditoria se desenvolve em vários níveis: inclui as auditorias internas que são efetuadas pelos grupos de implementação e as auditorias externas de pontuação para validar o nível da empresa nas classes: bronze, prata e ouro.

Cada pilar pode ser avaliado de 0 a 5 pontos. 10 pilares técnicos e 10 pilares gerenciais resultam 100 pontos distribuídos (máximo). Os níveis são alcançados segundo uma pontuação determinada: 50 pontos é bronze; 60 pontos é prata; 70 pontos é ouro. Acima de 85 pontos atinge-se a categoria maior, isto é, a empresa é considerada uma planta de classe mundial.

2.3.7 – O Pilar Meio Ambiente - 10º pilar técnico

O trabalho de dissertação estudou é um desenvolvimento do 10º pilar técnico, Meio Ambiente, especificamente o passo 4 deste pilar, já que cada pilar técnico se desenvolve através de 7 passos. No passo 4, o foco é a redução dos vetores energéticos: energia elétrica; gás; ar comprimido. Normalmente é a energia elétrica o principal vetor energético das indústrias.

O pilar Ambiental refere-se ao sistema produtivo completo, através de um olhar orientado ao conhecimento e à gestão dos aspectos e impactos ambientais referentes às atividades desenvolvidas. Responde ao apelo por uma melhor proteção ao meio ambiente e, em coerência com os princípios do desenvolvimento sustentável e responsabilidade socioambiental. É um instrumento de gestão que permite conhecer, reduzir e controlar o impacto ambiental gerado pelas atividades produtivas. Prevê uma série de ações com a finalidade de atuar nos aspectos e impactos ambientais, a fim de garantir o respeito às normas em vigor e a diminuição dos desperdícios (perdas) geradas pelo consumo não eficiente dos recursos naturais.

Os objetivos do pilar de Meio Ambiente e Energia

Os objetivos deste pilar são a prevenção da poluição, o melhoramento contínuo dos impactos ambientais e de diminuição da necessidade de consumo de recursos naturais. As atividades principais são direcionadas para o consumo energético e hídrico, redução da quantidade de resíduos produzidos, melhoramento da coleta seletiva e o melhoramento da qualidade das emissões na atmosfera. Estas atividades provocam melhoria do nível da consciência ambiental, produzindo uma vantagem para a empresa em termos de redução do desperdício e, por consequência, a diminuição dos custos energéticos e ecológicos sobre o custo total de produção.

Cada estabelecimento, em conformidade com a Política Ambiental adotada para o atendimento aos requisitos da legislação ambiental local, divulga anualmente, seu plano de metas e custos ambientais estipulados. Para o atingimento destes objetivos, um extenso plano de atividades e projetos são definidos, cada qual, uma pessoa responsável, o tempo de realização, a alocação do orçamento necessário, os indicadores técnicos e o monitoramento de cada tarefa executada. São também divulgados planos a médio e a longo prazo, sempre nas mesmas modalidades, mas direcionados às alterações de normas por futuras publicações e aos projetos que requerem maiores investimentos e tempo de execução. A fim de garantir o melhoramento contínuo da gestão ambiental são também executadas auditorias.

O pilar Meio Ambiente está em conformidade com a norma de adesão voluntária Iso 14001, que regula os sistemas de gestão ambiental. Inicialmente, o pilar Ambiental visa garantir a conformidade legal às normas e aos regulamentos ambientais estabelecidos. É fundamental que seja estabelecido um fluxo que permita identificar, atualizar, documentar e efetuar a verificação da aplicabilidade dos diversos requisitos legais aos aspectos ambientais da fábrica.

A lógica do melhoramento contínuo segue o método do PDCA, que significa, em seu idioma de origem, Plan, Do, Check, Act, conhecido também como ciclo pdca ou ciclo de Deming. O método em questão fundamenta-se em conceitos da Teoria da administração científica, (Taylor, 1995) e da Teoria Clássica da Administração (Fayol, 1981), onde Taylor privilegiava as tarefas de produção das empresas e Fayol privilegiava a estrutura da organização. As duas teorias buscavam alcançar o mesmo objetivo: maior produtividade do trabalho e a busca da eficiência nas organizações, os quais devem ser implementados, (Deming, 1990), de forma sequencial, no caso por meio de módulos, iniciando-se pela estruturação do processo, tornando-o mensurável e repetitivo.

Todos os problemas, desvios ambientais, são tratados segundo este círculo de resolução. A conformidade legal está alocada na fase P - Plan (Planejamento), assim como a fase de conhecimento dos aspectos e impactos ambientais. Com base no mapeamento dos processos e atividades da fábrica, são desenvolvidos planos de melhoria para minimizar os aspectos e impactos ambientais, identificando e eliminando os desperdícios e as perdas encontradas. Uma vez identificado e analisado o problema, uma

contramedida correspondente e sugerida e implementada na fase D (Do - fazer) do PDCA. Posteriormente, aplica-se o C (Check - Checar), para verificar se a solução implementada foi suficiente para eliminar o problema. Não sendo, deve-se implementar na fase A (Act – Agir), uma outra solução até que o problema seja resolvido (TCE, 2015). Ao final, é importante que se faça a padronização da melhoria e o treinamento às pessoas envolvidas no processo.

Se a Iso 14001 permanece como base do sistema de referência para a gestão ambiental dos estabelecimentos, o WCM, como proposta de combate aos desperdícios (perdas) existentes, acende a uma forte pró-atividade do tema ambiental, promovendo uma maior eficiência dos meios produtivos. A espiral do melhoramento contínuo prevê um conjunto de atividades sistemáticas em 7 passos que caracterizam o percurso de implementação.

O percurso de implementação do pilar Ambiental

A lógica dos 7 passos consiste de uma abordagem sistêmica e gerencial para eliminar ou reduzir os impactos ambientais decorrentes das atividades realizadas pela empresa. Cada passo tem uma finalidade precípua e, como meio, apresenta um conjunto de atividades para o atingimento deste fim.

O passo 1 tem a finalidade o atendimento às legislações locais. A empresa deve se organizar e atuar de modo que todos os requisitos estejam em conformidade com suas especificações descritas nas legislações ambientais. É feito um mapeamento em todos os processos, a fim de identificar os aspectos e impactos ambientais gerados na empresa. Os aspectos e impactos são classificados segundo o risco ambiental, tolerável, moderado, significativo e muito significativo. Para todos os riscos, exceto o tolerável, um plano deve ser elaborado com ações que reduzam o nível para o tolerável.

O passo 2 é dedicado a eliminação das fontes de poluição da empresa. Todos os resíduos gerados pelas atividades industriais devem ser medidos e controlados dentro do especificado pela legislação. Os projetos principais são direcionais para os vetores água, energia, ar atmosférico, ruído e resíduos sólidos reciclados ou não. O objetivo é diminuir continuamente a geração e o impactos destas fontes de poluição na natureza.

O passo 3 estabelece a expansão horizontal das melhorias apresentadas no passo 2 para todas as áreas de atividades similares e a conscientização ambiental para os colaboradores da empresa. Um sistema de auditoria e treinamento é implementado para que todos participem das atividades ambientais.

O passo 4 tem como foco o controle sobre os produtos químicos, a economia dos recursos naturais e energéticos. Através da análise dos custos ambientais, projetos são criados para reduzir a necessidade de utilização dos recursos naturais. A abordagem aqui é focada e o método utilizado é o PDCA. É neste passo onde se trabalha a redução das perdas de energia elétrica, numa abordagem focada em resolver os problemas individuais, contudo, sem uma metodologia de gestão apropriada para os recursos energéticos. (O propósito do projeto de dissertação é desenvolver aqui uma gestão complementar e específica para a eficiência energética, que será demonstrada em detalhe no próximo tópico).

O passo 5 estabelece um sistema de gestão ambiental para todas as atividades dentro da empresa. Todos os aspectos, impactos, leis, atividades, riscos são monitorados permanentemente, de modo a garantir que não aja distúrbio ambiental. Um balanço energético é realizado para comparar as entradas (recursos naturais) e as saídas (resíduos, poluentes, produto) e assim encontrar a equação da contabilidade ambiental. Isto é: Para se produzir uma quantidade determinada de produto são necessários partes de recursos naturais e uma porção de resíduos retornam para a natureza. Neste passo, se conhece o quanto uma produção impacta no meio ambiente.

O passo 6 desafia novamente a redução do consumo dos recursos naturais nas atividades da empresa. Vários projetos são direcionados para reduzir e eliminar o uso de determinado material na produção. Como por exemplos, uso de embalagens retornáveis às não retornáveis (recicláveis), otimização das embalagens, uso de materiais biodegradáveis, etc.

O passo 7 é a consolidação do sistema de gerenciamento ambiental completo e até computadorizado. Tudo é monitorado continuamente e os indicadores garantem a empresa o selo verde de alto nível de sustentabilidade. Prevê ainda neste passo, o melhoramento contínuo através da comparação com as melhores empresas do ponto de vista ambiental. Na figura 4, temos a estrutura dos 7 passos do pilar de meio ambiente.

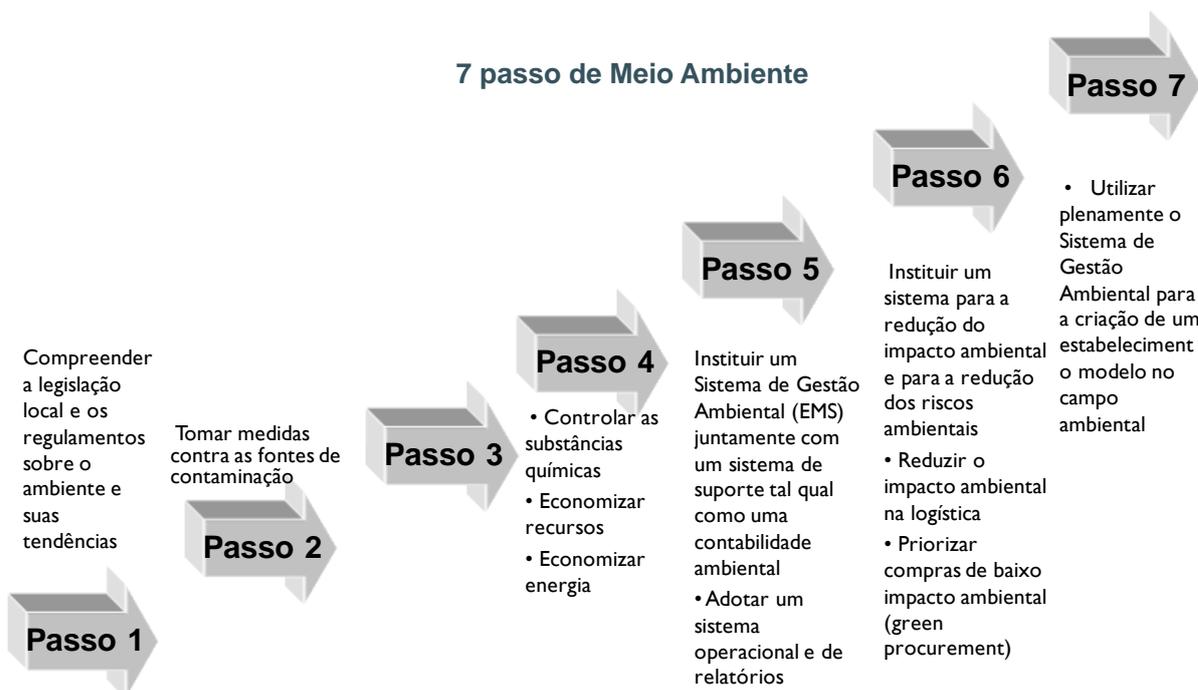


Figura 4 - Os 7 passos do pilar meio ambiente. Fonte: Environment pillar, Yamashina, 2012.

A ideia que motivou esta dissertação foi a necessidade de se desenvolver uma metodologia própria para a redução do consumo de energia, visto que se trata do principal vetor energético da empresa e, também, pelo apelo ambiental tão necessário para a nossa sociedade. No passo 4 do pilar meio ambiente, a energia é tratada numa abordagem apenas focada, sem a compreensão justa de se estar diante de uma perda intangível para o meio ambiente. Não existe um método de priorização e um modelo de gerenciamento apropriado para analisar as perdas energéticas e os seus impactos em toda a cadeia produtiva. As contramedidas necessárias são tímidas e o monitoramento dos resultados e indicadores deixa a desejar, pois, não há bons sistemas de medição. Normalmente, se tem o valor total de consumo, mas, não se sabe qual equipamento ou processo se consome mais energia. E daquele consumo, quanto, de fato, representa o valor da perda. É por estas questões pouco resolvidas, que se faz necessário desenvolver um modelo de gestão energética capaz de gerenciar sistemicamente o consumo de energia elétrica e promover a implementação de projetos a garantir a melhoria da eficiência energética nas indústrias. Este é o conteúdo que será trabalhado no próximo capítulo da proposta metodológica.

3. PROPOSTA METODOLÓGICA

Uma gestão tradicional que se pretende apenas analisar o consumo total sem um completo estudo causal dos por quês das ineficiências e onde elas estão, não pode fornecer nenhuma garantia de que os resultados serão melhores. As ineficiências são apenas sintomas de que uma empresa não vai bem e que se está gastando mais que o necessário. É preciso uma gestão metodológica capaz de identificar, analisar e reduzir os problemas das ineficiências energéticas na indústria na medida igual importância e relevância que o termo ambiental requer ao princípio ético da responsabilidade sócio ambiental e ao crescimento sustentável.

O modelo de gestão metodológico proposto visou complementar o programa WCM, seguindo a mesma a lógica adotada pelas abordagens sistematizadas dos pilares técnicos. O novo pilar energia foi sugerido para tratar as questões energéticas com a relevância que o tema representa nos dias atuais. Este projeto faz parte de um esforço contínuo que as várias empresas têm se dedicado ao tema. Portanto, o mérito da criação desta gestão metodológica se deve a cada esforço em particular das inúmeras empresas que adotaram o WCM como seu modelo de gestão produtiva.

A proposta segue a criação de mais um pilar na estrutura WCM, seguindo os 7 passos que caracterizam o percurso de implementação das abordagens do programa. Então, o modelo metodológico para a melhoria da eficiência energética tem um pilar específico denominado como “os 7 passos de energia”. A lógica de implementação é uma espiral de melhoramento, cujo instrumento de gestão permite conhecer, reduzir e até eliminar perdas produzidas dentro dos processos produtivos. Prevê uma série de ações com a finalidade de reduzir as perdas energéticas decorrentes dos processos industriais, seja para garantir o respeito às normas em vigor, como a redução da necessidade de utilização dos recursos naturais, através da redução das perdas durante o consumo energético.

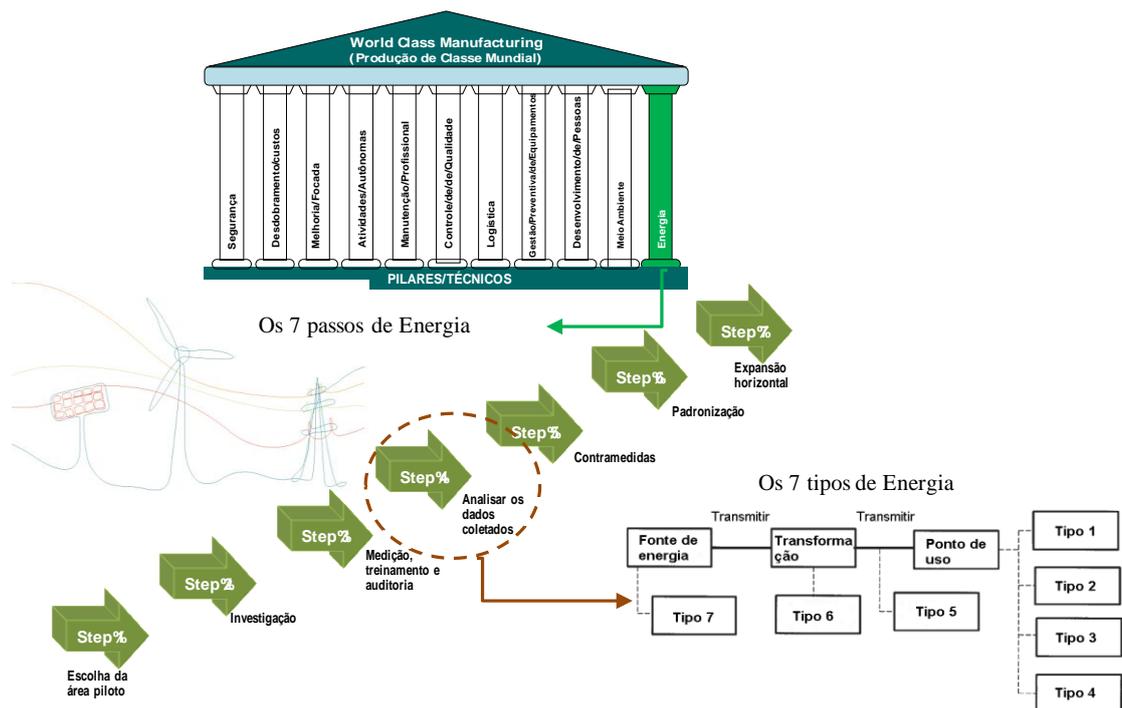


Figura 5: os 7 passos de Energia.

3.1. Os 7 passos de energia

A lógica do método permite então focar as intervenções de melhoramento nas perdas mais significativas do ponto de vista de consumo energético e, respectivamente, seus impactos financeiros nos custos da empresa. Os consumos de energia são estratificados por meio da análise de 7 tipos de perdas valorizadas e priorizadas para que os projetos de solução sejam direcionados aos problemas mais significativos para a empresa. Então, temos 7 passos de implementação do pilar Energia, que segue as etapas de escolha da área a ser estudada; investigação da situação atual; mensuração; estratificação da energia em 7 tipos de energia; as contramedidas para cada tipo de consumo encontrado; padronização. No

passo 4 de Energia é reservado à estratificação do consumo em 7 tipos de perdas. A seguir, a finalidade de cada passo dos 7 passos de Energia.

O passo 1 – Escolha da área modelo. Devemos iniciar as atividades pela área de maior consumo de energia. É a área piloto em que se desenvolverá os 6 passos restantes.

O passo 2 – Investigação. Consiste investigar as características dos equipamentos contidos na área modelo. Devemos entender qual a natureza de consumo; a quantidade de equipamentos elétricos; potência; fluxo energético, etc.

O passo 3 – Medição. Consiste medir a energia pontual, entrada e saída, em cada equipamento. O objetivo é avaliar o consumo real de cada componente de consumo ou geração de energia.

O passo 4 – Análise. Consiste na estratificação do consumo baseado nos 7 tipos de perda de energia. Cada tipo de perda é calculado e valorizado monetariamente em reais (R\$).

O passo 5 – Contramedidas. Para cada perda identificada, uma solução deve ser aberta no sentido de reduzi-la ou eliminá-la.

O Passo 6 – Padronização. Consiste garantir o registro, compartilhamento, divulgação e treinamento de todos os envolvidos nas soluções implementadas. A finalidade é a manutenção das melhorias ao longo do tempo.

O passo 7 – Expansão horizontal. Todas as soluções de sucesso devem ser expandidas para processos ou equipamentos similares. O objetivo é aumentar a velocidade de expansão e os resultados correspondentes.

A figura 5 descreve o percurso para a redução de energia, os 7 passos de energia.

3.2. Os 7 passos de energia: Passo 1: Escolha da área modelo

O objetivo deste passo é escolher uma área modelo para que os 7 passos sejam aplicados. Esta área segue uma ordem de priorização baseado no valor de maior consumo de energia da empresa. O consumo é desdobrado até ao nível de processos. Uma área modelo pode ser um processo ou vários processos associados, como uma unidade fabril (bloco). Exemplo: uma linha montagem pode conter os processos de pré-montagem, montagem e montagem final. A área modelo escolhida para a aplicação dos 7 passos pode ser definida como a linha de montagem, ou algum dos processos (de maior consumo) que a compõe, como também a unidade produtiva que se está inserida.

O tamanho da área modelo pode ser definido em relação aos resultados que se espera ganhar em relação à quantidade de recursos disponíveis para o projeto (pessoas, tempo e investimento) e alguma diretriz particular da alta direção. Áreas modelos menores são mais indicadas para o percurso inicial de formação metodológica. Após esta fase, o ideal é trabalhar com áreas maiores para que o resultado seja mais expressivo. No passo 1, as principais atividades a desempenhar são:

- Identificar as questões energéticas (gás, eletricidade, etc.), a empresa deve lidar com as questões e classificar / priorizá-las.
- Nomear uma pessoa responsável e equipe para as questões de energia, incluindo os recursos necessários, como, treinamentos, salas, computadores, materiais de suporte. A direção deve proporcionar adequado apoios financeiros, técnicos e administrativos para a equipe.
- Auditar os processos nas operações do ponto de vista de consumo de energia.
- Usar o resultado dessa auditoria para priorizar as questões de energia de acordo com o potencial de redução de consumo de energia..
- Classificar as áreas, os processos e equipamentos com base no consumo energético.
- Selecionar o processo quanto ao maior consumo de energia.
- Escolher os processos que tem grande possibilidade de expansão horizontal do conhecimento e das melhorias criadas na área piloto.

3.3. Os 7 passos de energia: Passo 2: Investigação atual

Entender as características dos processos ajuda a identificar que tipo de energia estamos estudando. A finalidade deste passo é analisar as características dos equipamentos e das operações da área modelo:

2.1. Investigação linha / equipamento.

- Investigação de perfil do processo.
- Investigação do sistema do equipamento.
- Investigação da capacidade dos equipamentos.

2.2. Investigação da situação de operação.

- Investigação da condição atual da operação.
- Investigação da situação de produção e de operação.

Atividades do passo 2.

- Detalhar o mapa de consumo.
- Definir o mapa de consumo com as seguintes informações:
 - Qual é o tipo de equipamento? Motor elétrico, caldeira, lâmpada, etc.
 - Onde está localizado?
 - Como é o uso de consumo de energia? Durante a produção, final de semana, etc.
 - Qual processo utiliza essa energia e por que é usado?
 - Quanta energia é consumida?

3.4. Os 7 passos de energia: Passo 3: Medição, auditorias e treinamentos

O passo 2 é dedicado ao conhecimento do perfil dos equipamentos, agora, no passo 3, o objetivo é instalar medidores a fim de avaliar o consumo real desses equipamentos, o comportamento do consumo ao longo do período temporal e envolver as pessoas para a conscientização ambiental (redução do consumo energia). As principais atividades deste passo são:

- Escolher os pontos de medição e métodos de medição efetiva para a área modelo.
- Entender a parte fixa e a parte variável do consumo de energia.
- Investigar da taxa de consumo teórico e taxa real e sua análise comparativa.
- Compreender a situação do consumo de energia ao longo do tempo.
- Estabelecer um sistema de auditoria
- Sensibilizar os empregados para a consciência ambiental.
- Educar e treinar as pessoas para participarem das campanhas.

Exemplos de atividades de formação e sensibilização:

- Dia da Energia.
- Especialista em redução do consumo de energia.
- Envolvimento de todas as pessoas da planta.
- Panfletos, folhetos e comunicação.

Para a medição do consumo é utilizado softwares específicos que monitoram os equipamentos em períodos de 24 horas ao dia. Esses softwares são facilmente encontrados no mercado especializado.

Após o monitoramento, relatórios são emitidos para avaliar o comportamento do consumo em relação à produção, bem como, os custos fixos e variáveis. Os gráficos da figura 6, mostram um exemplo de monitoramento diário e a divisão dos custos de energia em custos variáveis e fixos. Variável é o consumo de energia durante a produção, e fixo é quando há consumo, mas não há produção, isto é, mesmo sem produzir, a empresa tem um consumo permanente de energia.

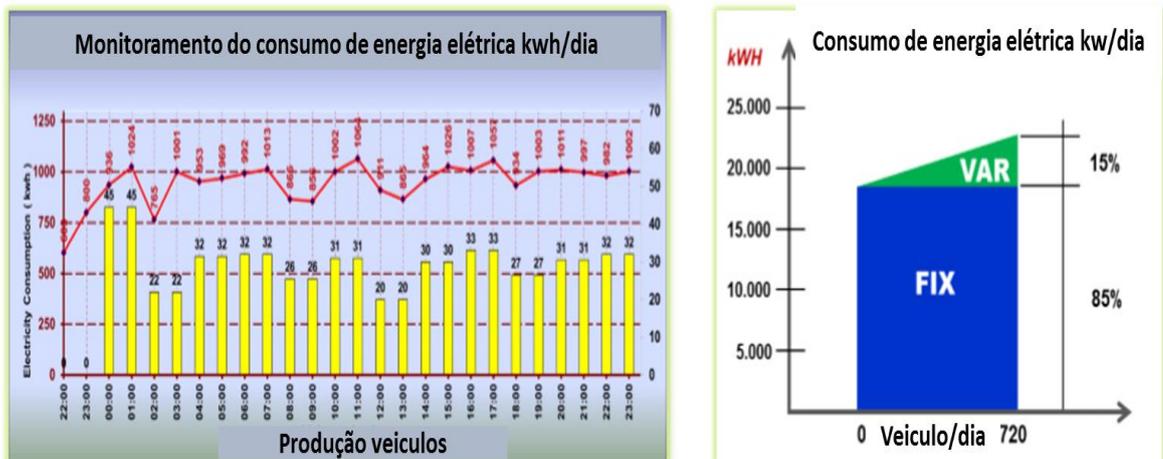


Figura 6 – Exemplo de consumo de energia elétrica e componentes de custo fixo e variável.

3.5. Os 7 passos de energia: Passo 4: Análise dos dados coletados

O passo 4 é dedicado à análise dos dados coletados no passo anterior e, do consumo medido, uma parte refere-se a energia que realmente os equipamentos precisam para a produção real. A outra parte deste consumo, refere-se aos desperdícios. Estes desperdícios, classificados como perdas, são ocasionados pelo não aproveitamento correto da energia, seja pelo consumo desnecessário, excessivo, não otimização e manutenção dos equipamentos, não recuperação da energia, problema na transmissão, transformação e uso de fontes de energias não sustentáveis. Do total do consumo, subtrai a parcela de consumo realmente necessária à produção. A diferença representa o montante das perdas divididas em 7 tipos de perdas de energia.

Os 7 tipos de perda de energia consistem em estratificar e agrupar o consumo de energia classificado como perda, em diferentes etapas relacionadas à produção e ao uso desta energia. Este método permite separar as perdas de consumo nas seguintes fases: perdas tipo 1 ao 4, referentes ao consumo nos pontos de uso, isto é, nos equipamentos que utilizam a energia para produzir peças; perda tipo 5, relacionadas à distribuição e transmissão; perda tipo 6, relacionada ao processo de transformação de energia elétrica em outras formas de energia; perda tipo 7, referente ao processo de geração da própria energia elétrica. O esquema a seguir, mostra o tipo de perda correspondente à função, figura 7.

3.5.1 OS 7 tipos de perdas de energia

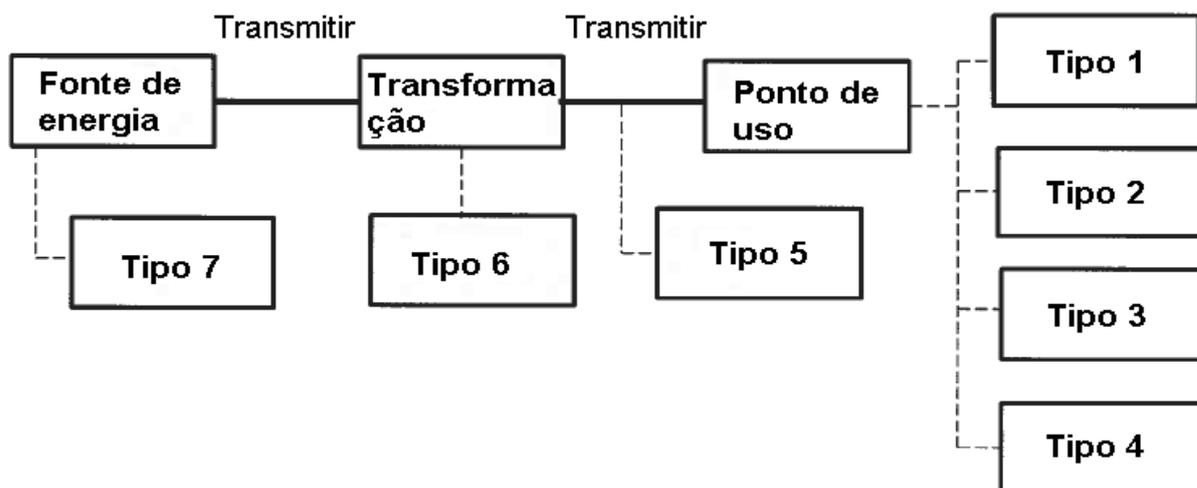


Figura 7 – Diagrama da distribuição dos 7 tipos de perdas de energia

Perda tipo 1 - Devido ao consumo desnecessário em ambiente sem produção

- Consumo de energia em horário não produtivo. Ex: almoços, final de semana, paradas de produção.
- Processos não produzindo naquele momento, mas com algum tipo de consumo, devido a alguns equipamentos estarem utilizando energia ou estarem energizados.
- Uso não necessário da energia. Ex. Iluminação quando não há pessoas.

Como reduzir a perda tipo 1:

- Desligando o equipamento quando não estiver em uso.
- Desligando o computador quando não estiver em uso por mais de 10 min.
- Desligando a iluminação quando não há pessoas (banheiros, salas, etc).

A figura 8 mostra o diagrama da perda 1.

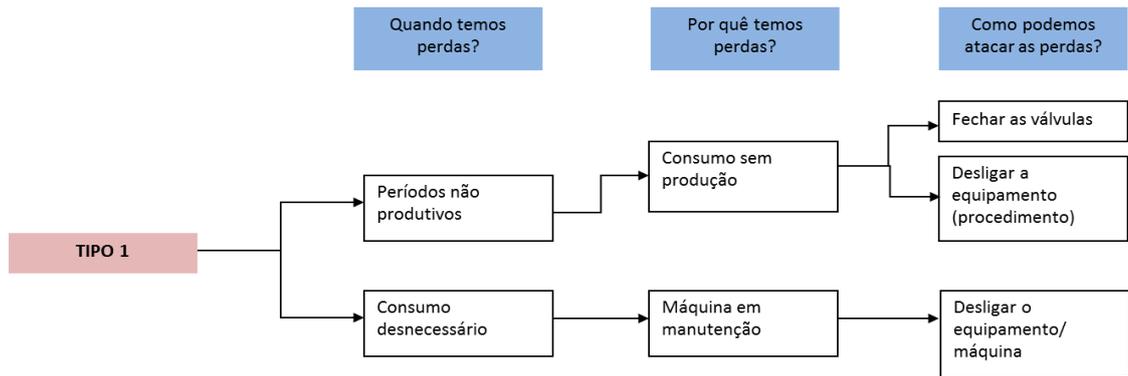


Figura 8 – Diagrama para reduzir a perda tipo 1.

Perda tipo 2 - Devido ao consumo excessivo durante a produção normal

- Equipamentos operando sempre com capacidade máxima:
 - Temperatura mais baixa do que o necessário.
 - Temperatura (lavadoras, fornos, etc.) acima do especificado.
 - Pressão de ar comprimido acima do necessário.
- Baixa Saturação de Produção:
 - Equipamentos operando ociosamente.
 - Consumo não proporcional à produção.
 - Início ou desligamento não otimizados.
- Superdimensionamento dos equipamentos:
 - Motores Elétricos trabalhando com rotação acima do necessário.
 - Sistema de Iluminação superdimensionado.

A figura 9 mostra o diagrama da perda 2.

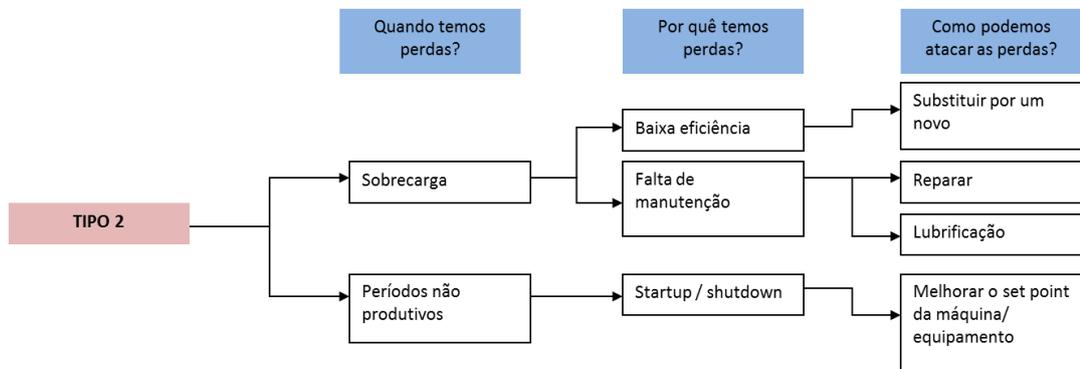


Figura 9 – Diagrama para reduzir a perda tipo 2.

Perda tipo 3 - Devido à não otimização dos equipamentos.

- Equipamento não opera em condições de projeto:
 - Falta de manutenção.
- Falta de manutenção preventiva:
 - Equipamentos degradados e operando abaixo da capacidade nominal.
- Equipamentos obsoletos:
 - Projetos de equipamentos antigos.
 - Não utilizar motores de alto rendimento.
 - Equipamentos operando em faixa fixas de trabalho.
 - Ausência de controles para desligar as máquinas, quando sem produção.

A figura 10 mostra o diagrama da perda 3.

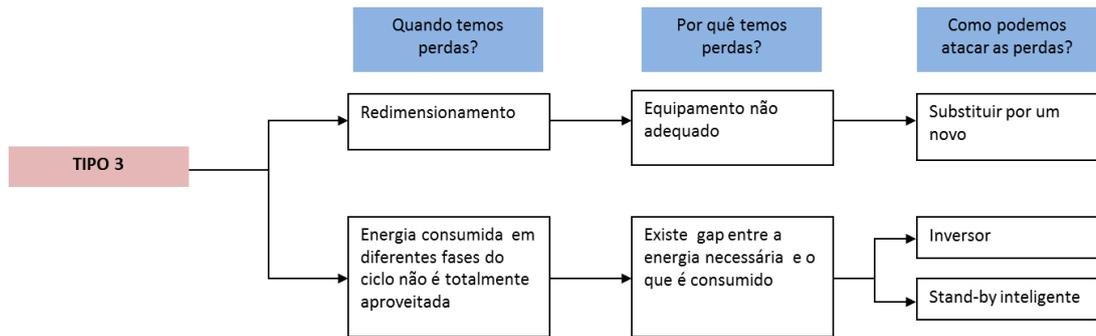


Figura 10 – Diagrama para reduzir a perda tipo 3.

Perda tipo 4 - Devido a não recuperação de parte da energia consumida.

a) Energia térmica residual:

- Não recuperar calor de exaustores, compressores, caldeiras, etc. Poderia reaproveitar a energia térmica residual para fornecer energia a algum outro sistema. Ex.: aquecer água e movimentar partes.

b) Energia cinética:

- Não recuperar a energia residual de mecanismos em movimento. Poderia recuperar a energia dos movimentos dos equipamentos para executar algumas outras funções, sem adicional de energia elétrica.

A figura 11 mostra o diagrama da perda 4.

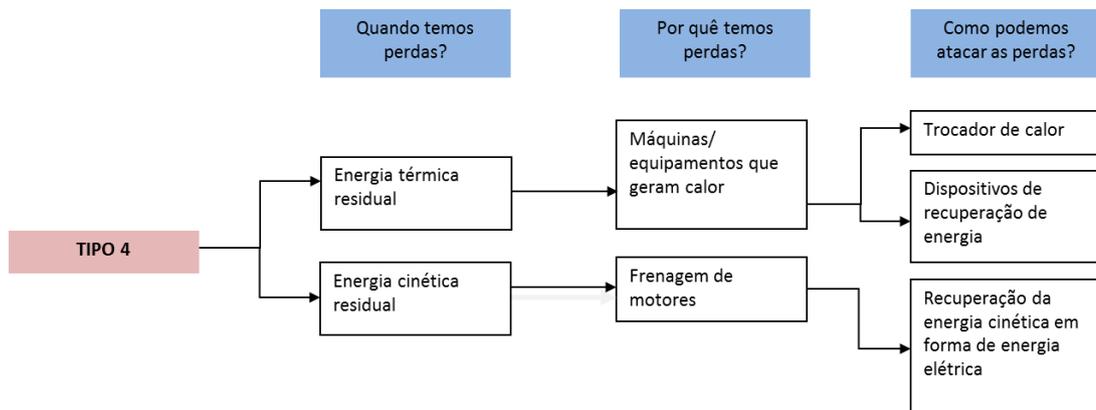


Figura 11 – Diagrama para reduzir a perda tipo 4.

Perda tipo 5 – Devido perdas na distribuição e transmissão de energia:

- Vazamentos de ar comprimido.
- Perda de carga de ar comprimido.
- Falta de Isolamento térmico em tubulações.
- Fuga de Energia em condutores.
- Baixa condutibilidade de condutores.

A figura 12 mostra o diagrama da perda 5.

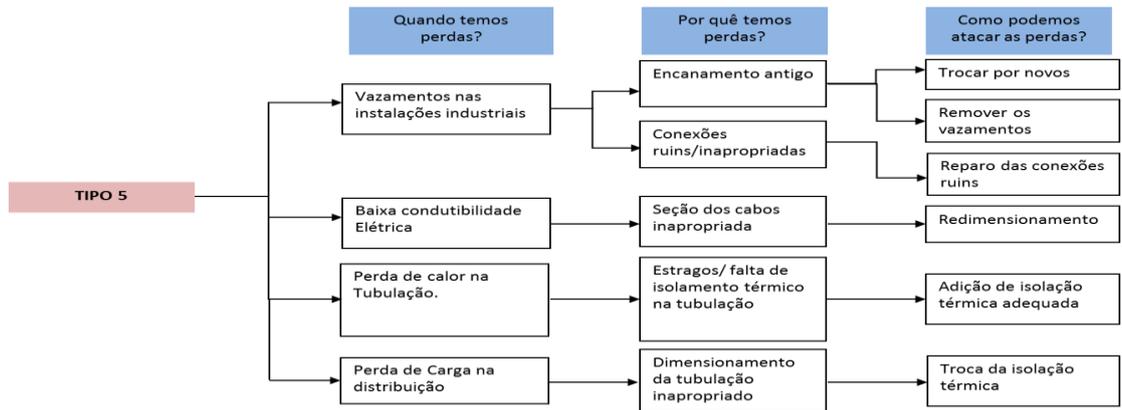


Figura 12 – Diagrama para reduzir a perda tipo 5.

Perda tipo 6 – Perdas durante fase de transformação da energia elétrica em outra forma de energia

- a) Baixa eficiência durante o processo de transformação de Energia. Exemplos de baixa eficiência:
- Convertendo energia elétrica em iluminação, mas com baixo rendimento devido à tecnologia das lâmpadas tradicionais.
 - Compressores com baixo rendimento durante a transformação de energia elétrica em energia pneumática e mecânica.
 - Equipamentos com baixo rendimento durante a transformação de energia elétrica em calor (aquecedores) ou frio (refrigeradores).

As figuras 13 e 14 mostra os diagramas que representam a perda tipo 6.

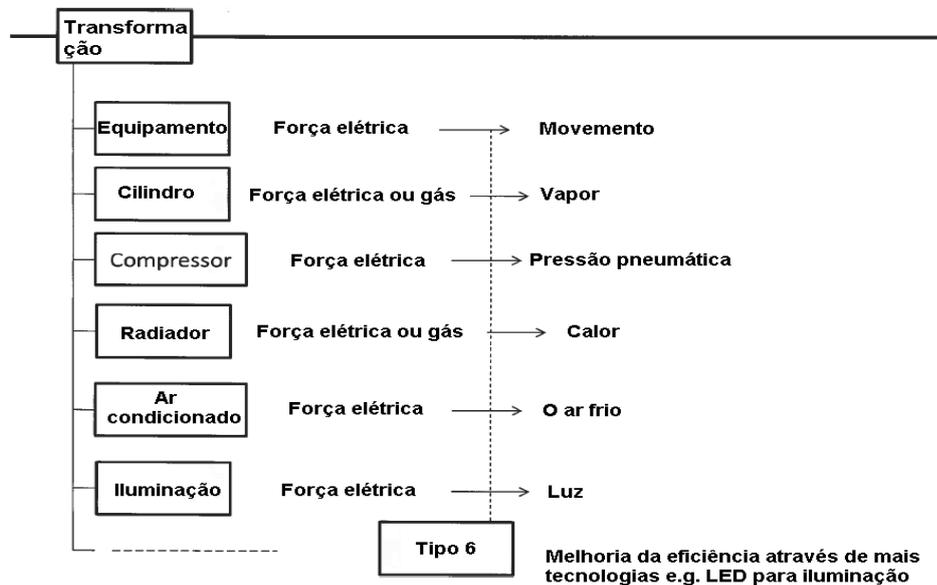


Figura 13 – Diagrama da perda tipo 6, (transformação).

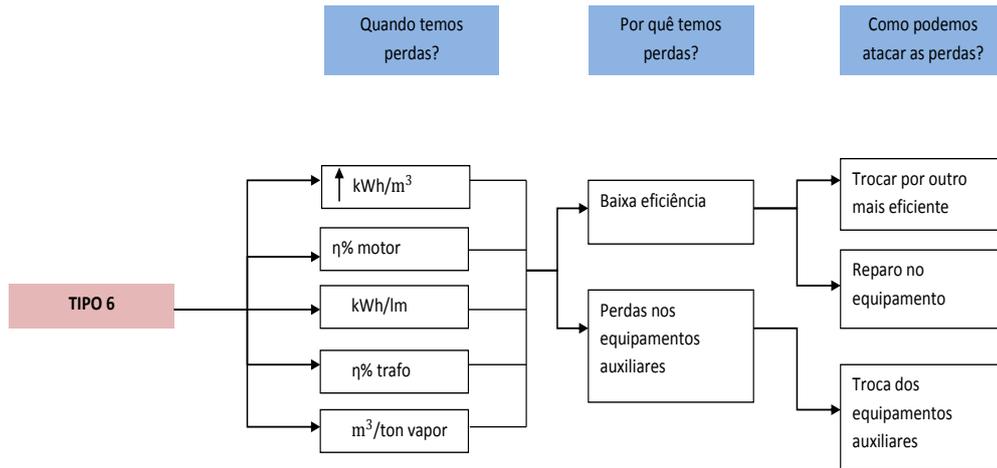


Figura 14 – Diagrama para reduzir a perda tipo 6.

Perda tipo 7 – Perdas na fonte de energia por não utilizar fontes alternativas como as renováveis, as abundantes, ambas de menor impacto ambiental.

- Usar energia eólica à energia de hidroelétrica.
- Uso de energia fotovoltaica.
- Uso de lentes convergentes para refletir a luz solar dentro dos ambientes fechados, sem uso de iluminação artificial.
- Células de combustível ao uso de combustíveis não renováveis.

A figura 15 mostra o diagrama da perda 7.

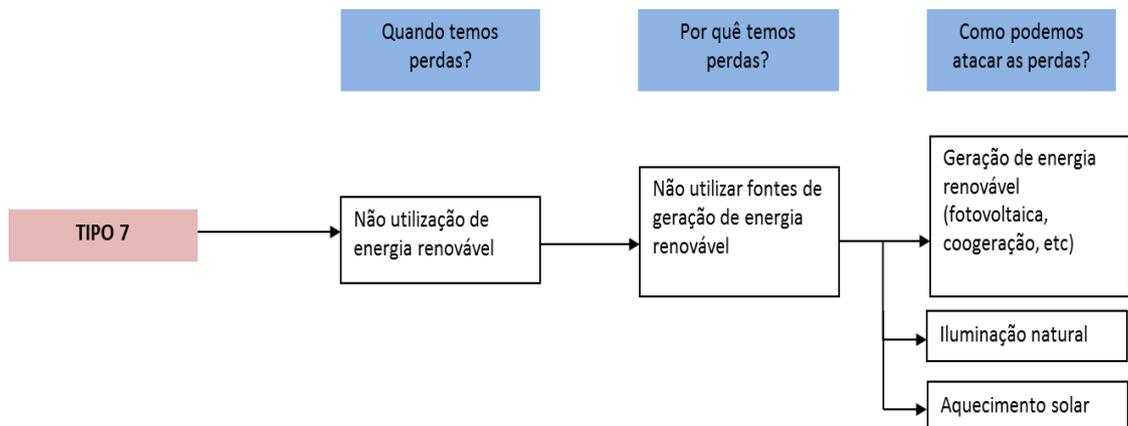


Figura 15 – Diagrama para reduzir a perda tipo 7.

Como visto, as perdas identificadas são analisadas segundo a estratificação dos 7 tipos de energia, contudo, não há referência ao método de valorização das perdas. Isto é, como entender bem a relação causal e resultantes entre as perdas. Perda causal é aquela que tem origem em si mesma. Exemplo, um equipamento não desligado durante final de semana, gera perda de consumo desnecessário (tipo 1), no período. Perda resultantes são aquelas geradas por outra perda na cadeia. Exemplo, perdas nos compressores (tipo 6, transformação) quando provocadas por um outro equipamento ineficiente no ponto de uso. O compressor trabalhar mais (perda resultante), pois, os equipamentos consomem acima do especificado (perda causal).

Então, cada tipo de perda pode impactar num outro tipo de perda. As perdas tipo ponto de uso (consumo), perdas 1, 2,3 e 4 podem provocar uma ineficiência no sistema, aumentando outras perdas tipo 6 (transformação) e tipo 7 (perdas na fonte). Como exemplo: a perda tipo 3 (perdas devido a não otimização), provoca nas unidades de transformação uma maior geração de energia e, conseqüentemente, maior perda, no caso perda tipo 6 (transformação).

O mesmo vale para a perda tipo 1 (consumo desnecessário). Se o equipamento consome energia em horários não produtivos gera consumo desnecessário nas unidades de transformação, perda tipo 2 e tipo

6. As perdas tipo 2 (consumo excessivo) e tipo 4 (não recuperação de energia) tem os mesmos impactos noutras perdas.

Isto analisando a relação perdas causais em relações às outras perdas. A mesma lógica se aplica para as relações entre os processos. Um processo A podem impactar num maior consumo, portanto, maior perda, em outros processos conectados no processamento. Exemplo: Se temos um forno que atende a vários processos, se um processo para, deveria reduzir a produção e o consumo do forno. Contudo, na prática isto não ocorre, o forno continua consumindo a mesma quantidade de energia.

Agora, no próprio programa do WCM temos uma bela metodologia de estratificação e desdobramento dos custos que poderia neste passo 4, superar a dificuldade de valorizar corretamente os custos das perdas, analisando-as sob os aspectos causal x resultantes. Este método é utilizado para avaliar outras perdas de manufatura, como, quebras, setups e paradas que tem relação forte causal-resultantes. Uma máquina quebrada impacta numa série de outras perdas resultantes ao longo do processo.

A ideia é utilizar esta mesma metodologia para complementar a análise das perdas por tipologia feita no passo 4, dos 7 passos de energia. Esta metodologia é baseada num conjunto de matrizes, cada qual, uma função em particular, que abaixo é apresentada como um adicional aos 7 passos de energia.

3.5.2 Método de desdobramento dos custos.

Uma vez que as perdas são separadas e tratadas individualmente, um método é utilizado para prioriza-las e ataca-las. Este método é conhecido como Desdobramento dos custos das perdas. Consiste num conjunto de planilhas em excel (matriz A a F), estratificar os 7 tipos de perdas pelos processos consumidores, bem como, a valorização qualitativa e quantitativa, a ordem, lista de projetos de contramedidas e o monitoramento dos mesmos dentro do planejamento anual. São 7 planilhas (matriz), cada qual com uma função específica.

Matriz A (significância).

A matriz "A", figura 16, representa uma análise qualitativa dos 7 tipos de perdas segundo uma significância A (alta), M (média) e B (baixa) relacionadas aos custos financeiros da perda para a empresa. Sua função básica é selecionar os tipos de perdas mais significativos. As perdas de alta (vermelho) e M (amarelo) significância serão priorizadas em relação as de baixa significância (verde).

Vetores: Áreas e Perdas		Usinagem	CTR	Estatores	Montagem	Componentes	Customização	
Matriz A	PROCESSO	PERDA 1	M	A	B	B	B	
		PERDA 2	B	M	B	B	A	B
		PERDA 3	B	M	B	B	M	B
		PERDA 4	B	M	B	B	M	B
		PERDA 5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 6	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 7	M	M	B	B	M	A
	COMPRESSOR DE BAIXA PRESSÃO	PERDA 1	A	B	M	M	B	B
		PERDA 2	B	B	B	B	B	B
		PERDA 3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 5	B	B	A	A	B	B
		PERDA 6	B	B	A	A	B	B
		PERDA 7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	COMPRESSOR DE ALTA PRESSÃO	PERDA 1	M	B	NA	A	B	NA
		PERDA 2	M	B	NA	M	B	NA
		PERDA 3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 5	B	B	NA	B	B	NA
		PERDA 6	M	B	NA	A	B	NA
		PERDA 7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	REFRIGERAÇÃO	PERDA 1	NA	NA	A	A	NA	NA
		PERDA 2	NA	NA	M	A	NA	NA
		PERDA 3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		PERDA 5	NA	NA	B	B	NA	NA
		PERDA 6	NA	NA	M	M	NA	NA
		PERDA 7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ILUMINAÇÃO	PERDA 1	B	B	B	B	B	B	
	PERDA 2	B	B	B	B	B	B	
	PERDA 3	B	B	B	B	B	B	
	PERDA 4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	PERDA 5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	PERDA 6	A	M	B	B	A	M	
	PERDA 7	B	B	B	B	B	B	

Figura 16 – Matriz A.

Matriz B

A matriz B, figura 17, correlaciona os 7 tipos de perdas numa relação causal/resultante com os processos de onde ocorre o. A perda causal pode gerar perdas resultantes, logo, o custo da perda resultante é contabilizado na perda causal que lhe gerou. Exemplo: um consumo desnecessário de um equipamento em horário não produtivo, pode representar uma perda nas estações de fornecimento de energia. Como é o caso de compressores de ar pneumático que trabalham continuamente, mesmo quando os processos não estão produzindo. Logo, a perda nestes compressores será contabilizada na perda causal dos equipamentos que estão consumindo desnecessariamente.

		Matriz B Energia													
		Usinagem			CTR			Estatores			Montagem			Comp.	Custom.
		8	28	15	1	28	15	1	15	28	1	15	28	14	66
Usinagem	BLOCO08	x													
	BLOCO28		x												
	BLOCO15			x											
CTR	BLOCO01				x										
	BLOCO28					x									
	BLOCO15						x								
Estatores	BLOCO01						x								
	BLOCO15							x							
	BLOCO28								x						
Montagem	BLOCO01									x					
	BLOCO15										x				
	BLOCO28											x			
Componentes	BLOCO14												x		
Customização	BLOCO66														x
Usinagem	BLOCO08	x													
	BLOCO28		x												
	BLOCO15			x											
CTR	BLOCO01				x										
	BLOCO28					x									
	BLOCO15						x								
Estatores	BLOCO01						x								
	BLOCO15							x							
	BLOCO28								x						
Montagem	BLOCO01									x					
	BLOCO15										x				
	BLOCO28											x			
Componentes	BLOCO14												x		
Customização	BLOCO66														x

Figura 17 – Matriz B.

A matriz B correlaciona os 7 tipos de perdas numa relação causal/resultante com os processos de onde se originam. A perda causal pode gerar perdas resultantes, logo, o custo da perda resultante é contabilizado na perda causal que lhe gerou. Exemplo: um consumo desnecessário de um equipamento em horário não produtivo, pode representar uma perda nas estações de fornecimento de energia. Como é o caso de compressores de ar pneumático que trabalham continuamente, mesmo quando os processos não estão produzindo. Logo, a perda nestes compressores será contabilizada na perda causal dos equipamentos que estão consumindo desnecessariamente.

Matriz C

Na sequência, elabora-se a matriz C, figura 18, que é a valorização financeira das perdas. Para cada valor de perda, em kwh é calculado o correspondente em reais (R\$), através da taxa média do kwh fornecida pela empresa de fornecimento de energia elétrica. A base de cálculo é sempre anual, isto é, o quanto representa (reais) uma perda ao longo de um ano. Desta matriz, sai o valor financeiro de cada perda a nível de equipamentos e processos. Sua função básica é priorizar as perdas em ordem da maior perda em reais para a de menor valor.

			Matriz C - R\$/ano								
Setores			Consumo Anual R\$	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Total R\$
Baixa pressão	Usinagem midis	8	R\$ 375.602,23	R\$ 40.448,88	R\$ 20.662,89	R\$ -	R\$ -	R\$ 60.384,99	R\$ 91.169,25	R\$ -	R\$ 212.666,01
Baixa pressão	Usinagem Minis	28	R\$ 214.629,85	R\$ 23.113,64	R\$ 16.815,09	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.454,43	R\$ 49.170,40	R\$ -	R\$ 126.553,57
Baixa pressão	Usinagem Minis	15	R\$ 268.287,31	R\$ 28.892,05	R\$ 19.202,97	R\$ -	R\$ -	R\$ 40.939,86	R\$ 64.292,82	R\$ -	R\$ 153.327,70
Baixa pressão	CTR Midis	1	R\$ 134.143,65	R\$ 14.446,03	R\$ 7.379,60	R\$ -	R\$ -	R\$ 47.235,42	R\$ 23.119,46	R\$ -	R\$ 92.180,51
Baixa pressão	CTR Minis	28	R\$ 178.858,20	R\$ 19.261,37	R\$ 14.012,58	R\$ -	R\$ -	R\$ 78.271,76	R\$ 23.667,13	R\$ -	R\$ 135.212,84
Baixa pressão	CTR Minis	15	R\$ 89.429,10	R\$ 9.630,68	R\$ 6.400,99	R\$ -	R\$ -	R\$ 28.483,19	R\$ 15.974,17	R\$ -	R\$ 60.489,03
Baixa pressão	Estatores Midis	1	R\$ 384.545,14	R\$ 41.411,95	R\$ 21.154,86	R\$ -	R\$ -	R\$ 66.758,17	R\$ 91.524,73	R\$ -	R\$ 220.849,72
Baixa pressão	Estator minis	15	R\$ 357.716,41	R\$ 38.522,74	R\$ 25.603,96	R\$ -	R\$ -	R\$ 22.595,13	R\$ 97.489,92	R\$ -	R\$ 184.211,76
Baixa pressão	Estator Minis	28	R\$ 384.545,14	R\$ 41.411,95	R\$ 30.127,04	R\$ -	R\$ -	R\$ 17.322,22	R\$ 106.406,99	R\$ -	R\$ 195.268,20
Baixa pressão	Montagem Midis	1	R\$ 429.259,69	R\$ 46.227,29	R\$ 23.614,73	R\$ -	R\$ -	R\$ 53.139,27	R\$ 110.031,08	R\$ -	R\$ 233.012,38
Baixa pressão	Montagem Minis	15	R\$ 438.202,60	R\$ 47.190,36	R\$ 31.364,86	R\$ -	R\$ -	R\$ 29.823,38	R\$ 118.636,48	R\$ -	R\$ 227.015,07
Baixa pressão	Montagem Minis	28	R\$ 465.031,33	R\$ 50.079,56	R\$ 36.432,70	R\$ -	R\$ -	R\$ 17.864,04	R\$ 129.812,41	R\$ -	R\$ 234.188,71
Baixa pressão	Componentes	14	R\$ 152.029,47	R\$ 16.372,16	R\$ 6.512,13	R\$ -	R\$ -	R\$ 44.576,65	R\$ 30.177,25	R\$ -	R\$ 97.638,19
Baixa pressão	Customização	66	R\$ 44.714,55	R\$ 4.815,34	R\$ 1.915,33	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.340,45	R\$ 12.469,11	R\$ -	R\$ 22.540,23
			R\$ 3.916.994,69	R\$ 421.824,00	R\$ 261.199,74	R\$ -	R\$ -	R\$ 548.188,96	R\$ 963.941,21	R\$ -	R\$ 2.195.153,91

Figura 18 – Matriz C.

Matriz D

A matriz D, figura 19, tem a função de priorizar as perdas segundo os critérios impacto, custo e execução. Uma perda de alta priorização representa alto impacto para a planta, baixo custo de implementação e execução fácil. Já uma perda não prioritária, representa baixo impacto para a planta, alto custo de implementação e difícil Execução. A matriz D indica em ordem, quais as perdas devem ser atacadas.

Perda	Setor	Vetor	Perda Identificada	Critério - ICE			
				Impacto no Consumo	Custo de Implantação	Facilidade de Implantação	Resultado
Perda 1	Usinagem Midis 08	Process	R\$ 450.000,00	5	4	4	80
Perda 1	Usinagem Minis 28	Process	R\$ 405.000,00	5	4	4	80
Perda 1	Usinagem Minis 15	Process	R\$ 364.500,00	5	4	4	80
Perda 1	CTR Midis 01	Process	R\$ 328.050,00	5	4	4	80
Perda 1	CTR Minis 28	Process	R\$ 295.245,00	5	4	4	80
Perda 1	CTR Minis 15	Process	R\$ 265.720,50	5	4	4	80
Perda 1	Estatores Midis 01	Process	R\$ 239.148,45	5	4	4	80
Perda 1	Estator Minis 15	Process	R\$ 215.233,61	5	4	4	80
Perda 1	Estator Minis 28	Process	R\$ 193.710,24	4	4	4	64
Perda 1	Montagem Midis 01	Process	R\$ 174.339,22	4	4	4	64
Perda 1	Montagem Minis 15	Process	R\$ 156.905,30	4	4	4	64
Perda 1	Montagem Minis 28	Process	R\$ 141.214,77	3	4	4	48
Perda 1	Componentes 14	Process	R\$ 127.093,29	3	4	4	48
Perda 1	Customização 66	Process	R\$ 114.383,96	3	4	4	48
Perda 2	Usinagem Midis 08	Process	R\$ 102.945,57	3	1	2	6
Perda 2	Usinagem Minis 28	Process	R\$ 92.651,01	2	1	2	4
Perda 2	Usinagem Minis 15	Process	R\$ 83.385,91	2	1	2	4
Perda 2	CTR Midis 01	Process	R\$ 75.047,32	2	1	2	4
Perda 2	CTR Minis 28	Process	R\$ 67.542,59	2	1	2	4
Perda 2	CTR Minis 15	Process	R\$ 60.788,33	2	1	2	4
Perda 2	Estatores Midis 01	Process	R\$ 54.709,49	2	3	2	12
Perda 2	Estator Minis 15	Process	R\$ 49.238,55	1	3	2	6
Perda 2	Estator Minis 28	Process	R\$ 44.314,69	1	3	2	6
Perda 2	Montagem Midis 01	Process	R\$ 39.883,22	1	3	2	6

Figura 19 – Matriz D.

Matriz E

A matriz E, figura 20, lista os projetos que serão implementados em relação as perdas analisadas na matriz D. Nela cada perda será associada a um projeto, bem como, um responsável e equipe para o desenvolvimento do projeto. Como é limitado os recursos de pessoas, é indicado que cada responsável

ataque pelo menos 4 projetos ao ano, isto é, 1 projeto a cada 3 meses. O somatório dos ganhos do projeto representa o ganho potencial anual. Então, pode-se precisar em envolver mais pessoas ou não, conforme os ganhos que a empresa pretende alcançar.

			Perda Identificada	Custo Previsto do Projeto	Tempo Previsto do Projeto - Meses	Análise B/C	Responsável
Perda 1	Usinagem Midis 08	Processo	R\$ 450.000,00	R\$ 50.000,00	1,5	9	Ricardo
Perda 1	Usinagem Minis 28	Processo	R\$ 405.000,00	R\$ 54.000,00	1,5	7,5	Pedro
Perda 1	Usinagem Minis 15	Processo	R\$ 364.500,00	R\$ 59.754,10	1,5	6,1	Carlos
Perda 1	CTR Midis 01	Processo	R\$ 328.050,00	R\$ 44.331,08	1,5	7,4	José Luiz
Perda 1	CTR Minis 28	Processo	R\$ 295.245,00	R\$ 44.066,42	1,5	6,7	Fernando
Perda 1	CTR Minis 15	Processo	R\$ 265.720,50	R\$ 45.037,37	1,5	5,9	Ricardo
Perda 1	Estatores Midis 01	Processo	R\$ 239.148,45	R\$ 45.122,35	1,5	5,3	Ricardo
Perda 1	Estator Minis 15	Processo	R\$ 215.233,61	R\$ 46.789,91	1,5	4,6	Carlos
Perda 1	Estator Minis 28	Processo	R\$ 193.710,24	R\$ 27.672,89	1,5	7	Janaina
Perda 1	Montagem Midis 01	Processo	R\$ 174.339,22	R\$ 21.792,40	1,5	8	Isabel
Perda 1	Montagem Minis 15	Processo	R\$ 156.905,30	R\$ 24.139,28	1,5	6,5	Marcia
Perda 1	Montagem Minis 28	Processo	R\$ 141.214,77	R\$ 27.689,17	1,5	5,1	Carlos
Perda 1	Componentes 14	Processo	R\$ 127.093,29	R\$ 13.814,49	1,5	9,2	Ricardo
Perda 1	Customização 66	Processo	R\$ 114.383,96	R\$ 87.987,66	1,5	1,3	Isabel
Perda 2	Montagem Midis 01	Processo	R\$ 102.945,57	R\$ 36.766,27	1,5	2,8	Ariomar
Perda 6	Customização 66	Processo	R\$ 92.651,01	R\$ 26.471,72	1,5	3,5	Michel

Figura 20 – Matriz E.

Matriz F

A matriz F, figura 21, é o acompanhamento real dos projetos listados na matriz E. Monitora as informações dos projetos em desenvolvimento quanto as datas de execução, ganhos obtidos e custo de implementação. Os ganhos da matriz F são comparados com os esperados na matriz E.

		Perda Identificada	Custo Previsto do Projeto	Tempo Previsto do Projeto - Meses	Análise B/C	Responsável	Status	Data início	Data final
Perda 1	Usinagem Midis 08	R\$ 450.000,00	R\$ 50.000,00	1,5	9	Ricardo	Fechado	15/mar	29/abr
Perda 1	Usinagem Minis 28	R\$ 405.000,00	R\$ 54.000,00	1,5	7,5	Pedro	Fechado	27/mar	11/mai
Perda 1	Usinagem Minis 15	R\$ 364.500,00	R\$ 59.754,10	1,5	6,1	Carlos	Fechado	15/abr	30/mai
Perda 1	CTR Midis 01	R\$ 328.050,00	R\$ 44.331,08	1,5	7,4	José Luiz	Fechado	12/abr	27/mai
Perda 1	CTR Minis 28	R\$ 295.245,00	R\$ 44.066,42	1,5	6,7	Fernando	Aberto	15/mar	29/abr
Perda 1	CTR Minis 15	R\$ 265.720,50	R\$ 45.037,37	1,5	5,9	Ricardo	Fechado	09/jun	24/jul
Perda 1	Estatores Midis 01	R\$ 239.148,45	R\$ 45.122,35	1,5	5,3	Ricardo	Fechado	17/mai	01/jul
Perda 1	Estator Minis 15	R\$ 215.233,61	R\$ 46.789,91	1,5	4,6	Carlos	Fechado	28/mar	12/mai
Perda 1	Estator Minis 28	R\$ 193.710,24	R\$ 27.672,89	1,5	7	Janaina	Aberto	09/abr	24/mai
Perda 1	Montagem Midis 01	R\$ 174.339,22	R\$ 21.792,40	1,5	8	Isabel	Fechado	28/abr	12/jun
Perda 1	Montagem Minis 15	R\$ 156.905,30	R\$ 24.139,28	1,5	6,5	Marcia	Fechado	25/abr	09/jun
Perda 1	Montagem Minis 28	R\$ 141.214,77	R\$ 27.689,17	1,5	5,1	Carlos	Fechado	28/mar	12/mai
Perda 1	Componentes 14	R\$ 127.093,29	R\$ 13.814,49	1,5	9,2	Ricardo	Fechado	22/jun	06/ago
Perda 1	Customização 66	R\$ 114.383,96	R\$ 87.987,66	1,5	1,3	Isabel	Fechado	30/mai	14/jul
Perda 2	Montagem Midis 01	R\$ 102.945,57	R\$ 36.766,27	1,5	2,8	Ariomar	Fechado	22/abr	06/jun
Perda 6	Customização 66	R\$ 92.651,01	R\$ 26.471,72	1,5	3,5	Michel	Fechado	13/jan	27/fev

Figura 21 – Matriz F

Este conjunto de matrizes tem como finalidade fazer o gerenciamento dos custos e resultados, afim de garantir as melhorias nos indicadores e reduções do consumo de energia, através do combate às perdas identificadas. Ao final, tem-se o gráfico que mostra a combinação das matrizes e os resultados anuais da empresa, conforme o exemplo abaixo. A matriz E representa o potencial dos projetos listados e a F os ganhos reais. O gráfico da figura 22, mostra o desdobramento das perdas (em reais).

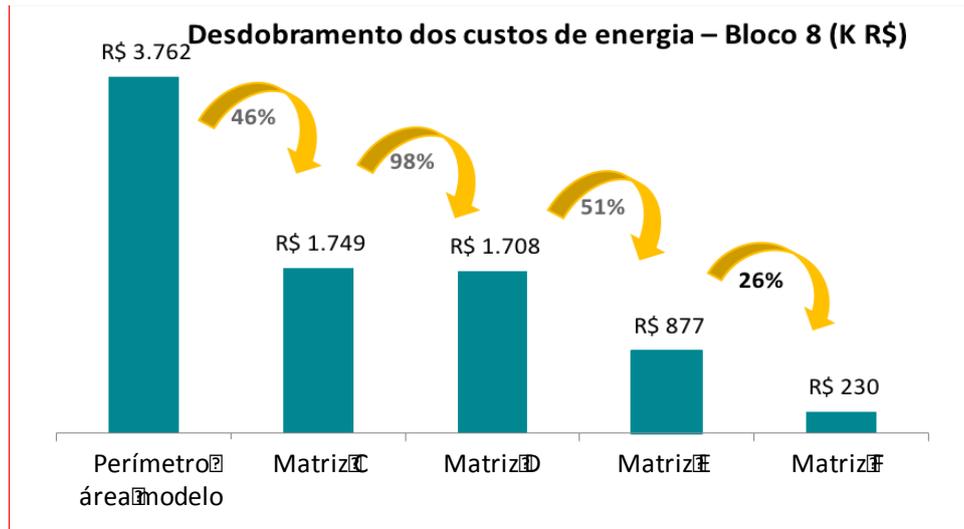


Figura 22 – Desdobramento dos custos de energia em perdas.

3.6. Os 7 passos de energia: Passo 5: Contramedidas.

As perdas identificadas no passo 4, são agora tratadas dentro da proposta de resolução do problema. O objetivo é reduzir as perdas através da implementação de ações (contramedidas). Ainda, para cada ação implementada é avaliado:

- A avaliação cuidadosa do ganho e custo é necessária quando se trata de investimento de melhores tecnologias.
- Desenvolvimento do sistema de parada do equipamento em caso de não produção, (tipo 1).
- Contramedidas para reduzir o consumo de energia da parte fixa, (tipo 2).
- Redução da parte fixa.
- Otimização do consumo de energia, (tipo 3).
- Exercício de recuperação de energia, (tipo 4).
- Contramedidas contra vários tipos de vazamentos, (tipo 5).
- Melhoria da eficiência por melhores tecnologias, (tipo 6).
- Redução do consumo de energia utilizando outros meios, (tipo 7).

Atividades do passo 5:

- Priorização das perdas.
- Perdas com base nos 7 tipos.
- Definir um plano de ação a curto, médio e longo prazo.
- Implementar projetos específicos para reduzir o consumo fixo.

3.7. Os 7 passos de energia: Passo 6: Análise dos resultados e padronização

As ações implementadas no passo 5 são agora avaliadas se de fato eliminaram as perdas atacadas. O objetivo principal é avaliar o impacto de cada ação no consumo de energia elétrica nas áreas de atuação do projeto e padroniza-las. Se espera uma redução da ordem de 10% do consumo energético por ano. Os pontos observados neste passo são:

- Padronizar todas as melhorias realizadas no passo 5.
- Criação de lições aprendidas sobre a economia de energia.
- Criação de manuais para introduzir um programa de economia de energia.
- Compartilhe as melhores práticas do projeto com as áreas similares.

3.8. Os 7 passos de energia: Passo 7: Expansão horizontal e abrangência.

Todas as ações implementadas no passo 5 e verificadas no passo 6 são replicadas para os equipamentos similares aos do projeto. O objetivo é ganhar velocidade ao implementar as mesmas melhorias da área modelo para outras áreas similares. As principais atividades são:

- Expandir as melhorias da área modelo para áreas similares.
- Compartilhar as lições aprendidas com demais áreas.

4. RESULTADOS DO PROJETO APLICADO

4.1 Breve histórico da Empresa

A Embraco compressores é especializada em soluções para refrigeração líder mundial no mercado de compressores herméticos. A criação desta empresa, inicialmente, pretendia suprir a indústria brasileira de refrigeradores, na época dependente da importação de compressores. Mas, na década seguinte, já alcançando a autonomia tecnológica, e o diferencial em inovação passou a comercializar seus produtos nos cinco continentes.

A empresa é líder em registros de patentes no Brasil. São soluções simples, mas que proporcionam aumento de performance dos seus produtos e, com grande redução no consumo de energia e água. A empresa tem o compromisso anual de investir cerca de 3% da receita líquida no custeio de pesquisa e desenvolvimento. A seguir, na figura 23, a vista de planta da Embraco.



Figura 23: Foto do sítio da Embraco compressores, destacado pelo fundo claro.

4.2 Estudo de Caso

A aplicação prática se deu nas dependências da empresa. No ano de 2013, a empresa tomou a decisão de substituir o seu sistema de gerenciamento da produção pelo WCM. Ao elaborar o desdobramento dos custos da empresa, percebeu-se que os custos energéticos da planta eram de alta significância em relação aos custos de transformação, em torno de 12%, sendo que 72% refere-se ao consumo energia elétrica. Destes dados, nasceu a necessidade de anteciparmos a implementação do pilar Meio Ambiente, mais especificamente, o pilar de Energia a fim de alocar esforços humanos nas áreas de maior impacto ambiental-energético.

A seguir, é apresentado o percurso de implementação dos 7 passos de energia, na área Bloco 8 (BL8), responsável pela fabricação de compressores da família EG1, que inclui processos de montagem e usinagem. A justificativa de escolha desse processo foi devida aos desdobramentos dos custos energéticos pelas áreas de maior consumo e oportunidade de expansão das melhorias para outras áreas similares.

O percurso dos 7 passos de energia segue um fluxo lógico de tratativa e resolução de problemas relacionados aos consumos energéticos. No passo 1, o objetivo é escolher a área modelo, área de maior consumo energético, em kwh, mas convertido em moeda local (Real), e o time de trabalho que irá desenvolver o projeto. O passo 2, se dedica a investigar os problemas nos processos da área modelo à nível de equipamento. No passo 3, instala-se medidores a fim de verificar os reais consumos. No passo 4, a finalidade é analisar estes dados, bem como, a estratificação estes consumos através dos 7 tipos de energia. No passo 5, são levantadas contramedidas para cada problema de mal consumo encontrado. Nos passos 6 e 7, respectivamente, são dedicados à padronização das melhorias implementadas e a expansão para as áreas similares às estudadas.

Passo 1: Escolha do processo modelo

O objetivo deste passo é escolher a área ou equipamento de maior consumo de energia, na abordagem dos 7 passos de Energia. A Figura 24, mostra a rede de fornecimento externo de energia elétrica e a distribuição para os processos fabris no interior da empresa, delimitado pela área clara na Figura.

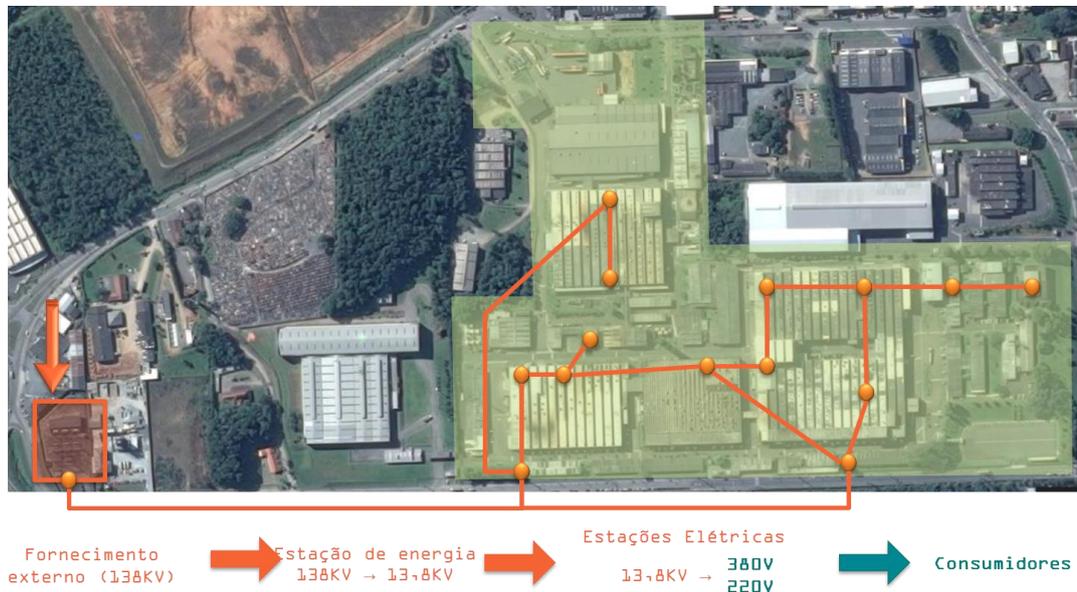


Figura 24 – A distribuição da energia elétrica nas dependências

A primeira atividade do passo 1 é levantar os consumos energéticos por área a fim de escolher aquela de maior consumo e, portanto, a nossa área modelo em que foi desenvolvido a metodologia dos 7 passos. No gráfico da figura 25 temos que o maior consumo de energia está na produção, respondendo por 92% do consumo total da planta. O projeto foi desenvolvido na área da produção.

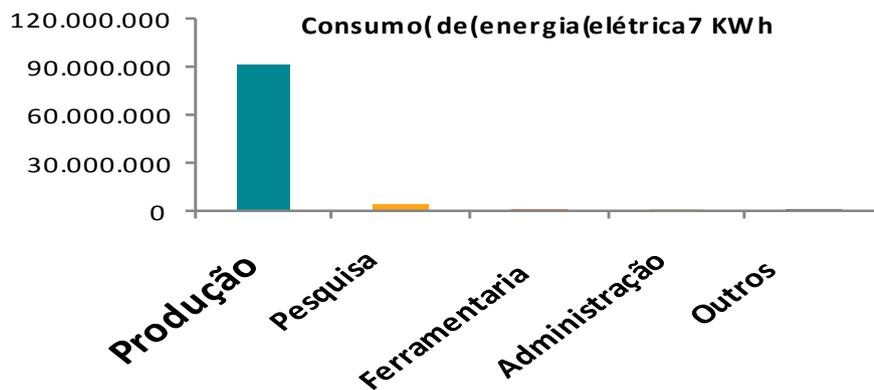


Figura 25 – Perímetro estudado no projeto: área da produção.

Seria impraticável desenvolver o projeto em toda a produção da empresa, uma vez, que se trata de áreas enormes subdividida em 6 blocos produtivos. Isto requer um grande número de pessoas envolvidas e o tempo muito longo para a implementação. Grandes seriam as chances de insucesso. Por estas razões, devemos estratificar os consumos à níveis de processos menores plausíveis de se aplicar a metodologia no tempo e com a quantidade de pessoas no projeto sustentáveis.

A escolha da área modelo (piloto) se dá metodologicamente pela combinação de 2 fatores: o alto consumo e a expansão. O fator alto consumo nos orienta que a área modelo tem que ser priorizada por aquelas que representam o maior consumo anual de energia. O fator expansão pondera a priorização para aquelas áreas que mais facilitam, posteriormente, a expansão e abrangência do projeto para áreas similares de aplicação. A figura 26 representa como escolhemos a área modelo, 1 –alto consumo e 2 – Expansão.



Figura 26 – Layout

Escolha da área modelo:

1 – Alto consumo.

Para este projeto, o consumo levantado refere-se ao período anual anterior que compreende janeiro a dezembro de 2015. Para efeito de conversão de kwh em R\$, utilizou-se o valor médio de 1 kwh = 0,0218 R\$ para energia elétrica e 1 kwh = 0,0317 R\$ para gás natural.

Os gráficos das figuras 27 e 28 mostram o consumo por vetor energético, em Giga joule e em Reais R\$. Os valores foram obtidos pelo sistema integrado SAP de monitoramento da energia. O vetor energia elétrica é o principal consumo energético da empresa, 72% maior que o uso de gás natural na planta. Logo, o escopo do projeto foi direcionado para a energia elétrica.

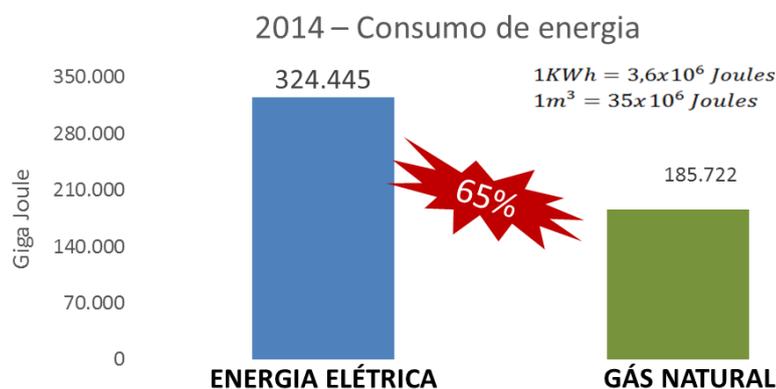


Figura 27 – Consumo de energia em giga joule.

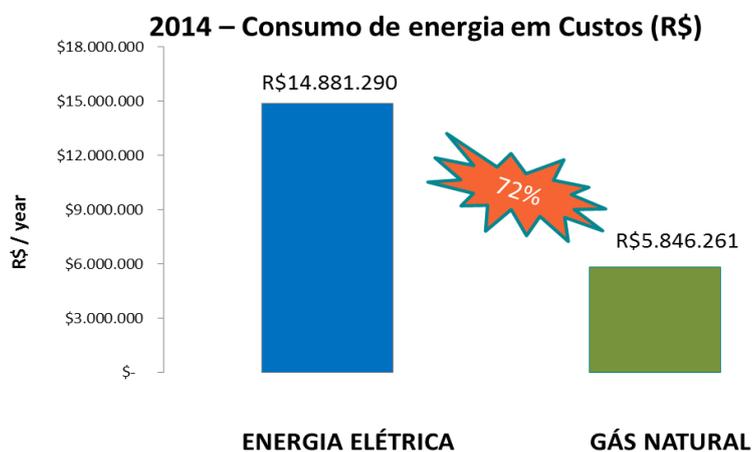


Figura 28 – Consumo de energia em R\$/ano.

O método de estratificação permite escolher que vetor é mais significativo trabalhar. A partir da escolha do principal custo energético da planta, o objetivo agora é fazer estratificações a fim de alcançarmos o processo que mais contribui nos custos.

Na figura 29 temos a representação percentual do consumo de energia por processo de fabricação. A área de usinagem representa 32% dos consumos de energia da produção e, portanto, a área modelo deverá sair deste processo. Foi adotado um critério para representar a significância destes valores, em que “xxx” representa alto consumo; “xx” médio consumo; “x”, baixo consumo e “0” representa nenhum consumo.

Neste critério, o processo de usinagem é o escolhido, conforme Figura abaixo (FIG.30).

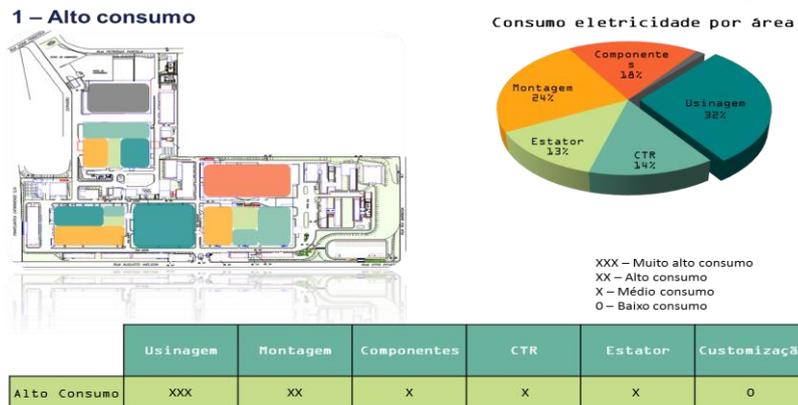


Figura 29 – Critério do consumo.

2 – Expansão.

No critério expansão, objetiva-se representar a quantidade de áreas que poderia ser replicado o projeto. Os processos Usinagem, montagem de Estator receberam a mesma pontuação pois, cada um, tem 3 áreas para replicar o projeto. A figura abaixo 30 compara a capacidade de expansão do projeto para outras áreas com o critério do alto consumo.

2 – Expansão

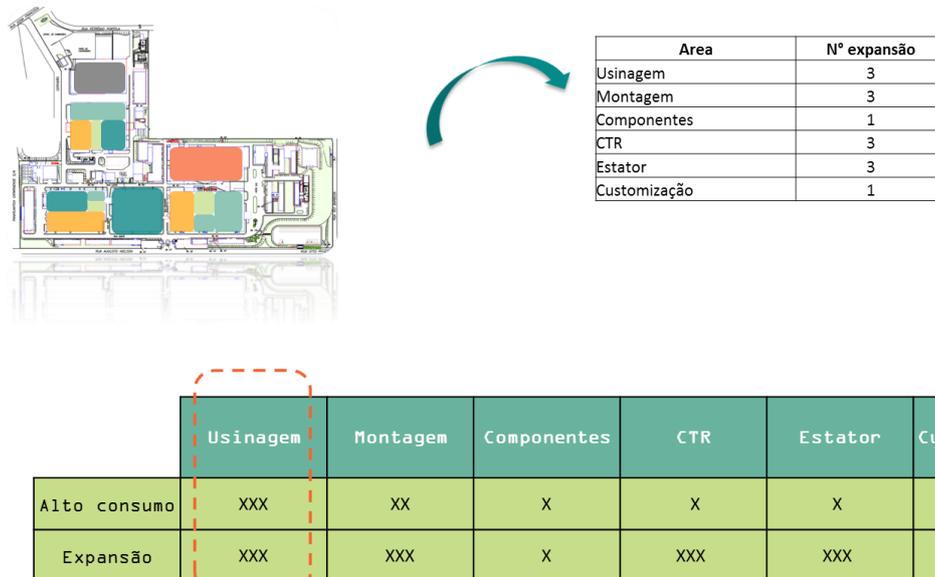


Figura 30 – Critério da expansão

Na combinação de ambos os critérios, o processo de usinagem é o mais indicado para a escolha da área modelo.

A família de usinados é distribuída em 3 grandes blocos (áreas): 08; 28 e 15. Cada qual, distante fisicamente e pertencentes a unidades fabris distintas. Para a escolha da área modelo deve-se focar numa área física definida como o projeto piloto de estudo. Então, deve-se escolher uma dessas áreas, naturalmente, por aquela que apresenta o maior consumo.

Estratificando o consumo da usinagem, temos o bloco 8 como a área de maior consumo, consome mais de 12 milhões de kwh/ano (45% do total da usinagem), conforme se pode ver no gráfico da figura 31.

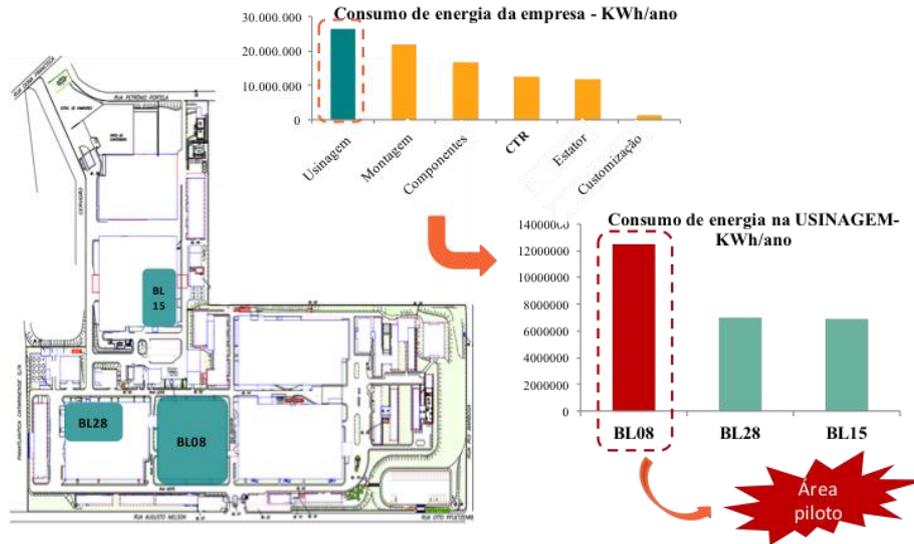


Figura 31 – Consumo de energia por bloco, em kwh/ano.

A área modelo é o bloco 8. Podemos aprofundar nossa estratificação em níveis cada vez menores de grupo, subgrupo de equipamentos para especificar a área piloto, no sentido de facilitar a implementação do projeto. Contudo, talvez a área escolhida por ser menor, pode não evidenciar o uso dos 7 tipos de perdas de energia. Como o propósito é explorar ao máximo os recursos que esta metodologia possibilita, o projeto foi desenvolvido numa área piloto dentro bloco (área) 8. Este bloco contém vários processos de usinagem, conforme se pode ver no gráfico da figura 32, referente ao consumo de energia elétrica por processo de fabricação.

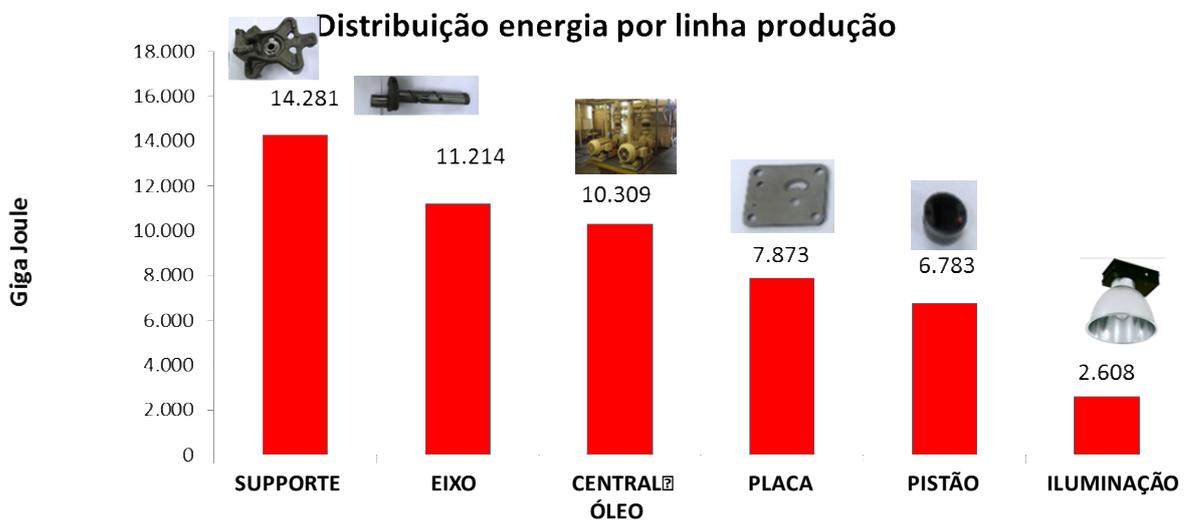


Figura 32 – Consumo de energia do bloco 8 por processo em giga joule.

Passo 2: Investigação do consumo

Este passo tem como propósito entender o consumo da energia elétrica no bloco 8, tentando dar respostas às seguintes perguntas:

- Que tipo de equipamento, motor elétrico, caldeira, lâmpada?
- Quando é usado? Sempre, durante a produção ou em período não produtivo.
- Por que é utilizado?
- Quanta energia é consumida?

Abaixo, segue o mapa de consumo de energia elétrica devido aos pontos de consumo de energia referentes aos equipamentos instalados, iluminação e aos de ar comprimido. Devemos considerar o mapa de ar comprimido pois representam a mesma origem de geração energética: motores elétricos produzem o ar comprimido nas instalações da empresa, conforme a figura 33.

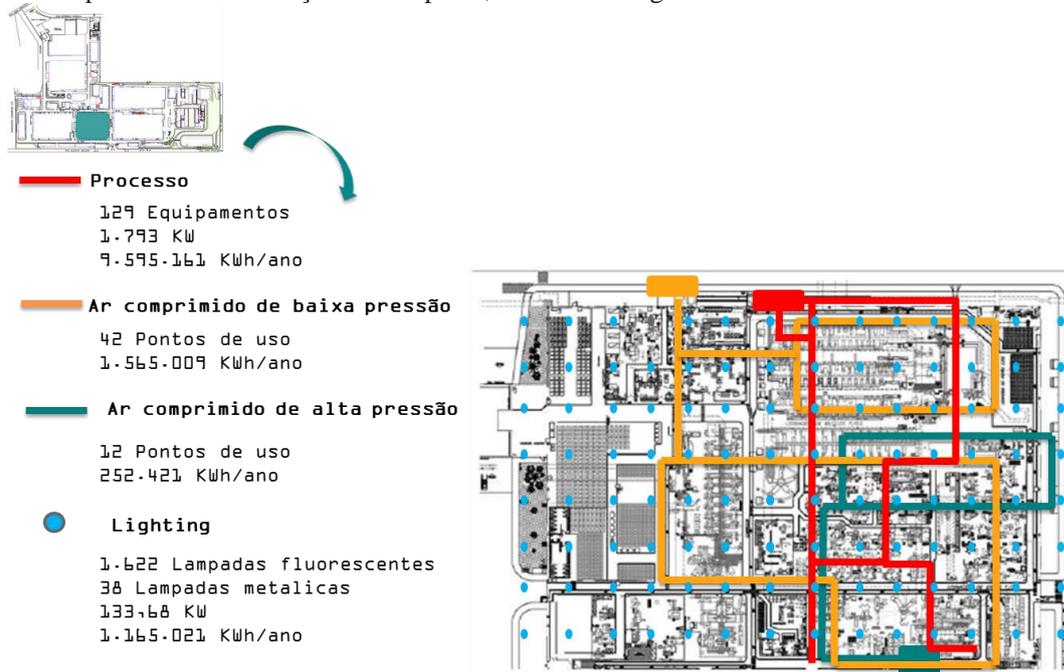


Figura 33 - Mapa de consumo de energia elétrica do bloco 8.

É preciso identificar todos os pontos de consumo de energia elétrica, pois, a partir deste mapeamento, devemos individualizar e analisar os consumos reais de cada um. Sempre a lógica desta metodologia é individualizar o problema e atacá-lo, sempre, dos processos com maior perda para o de menor.

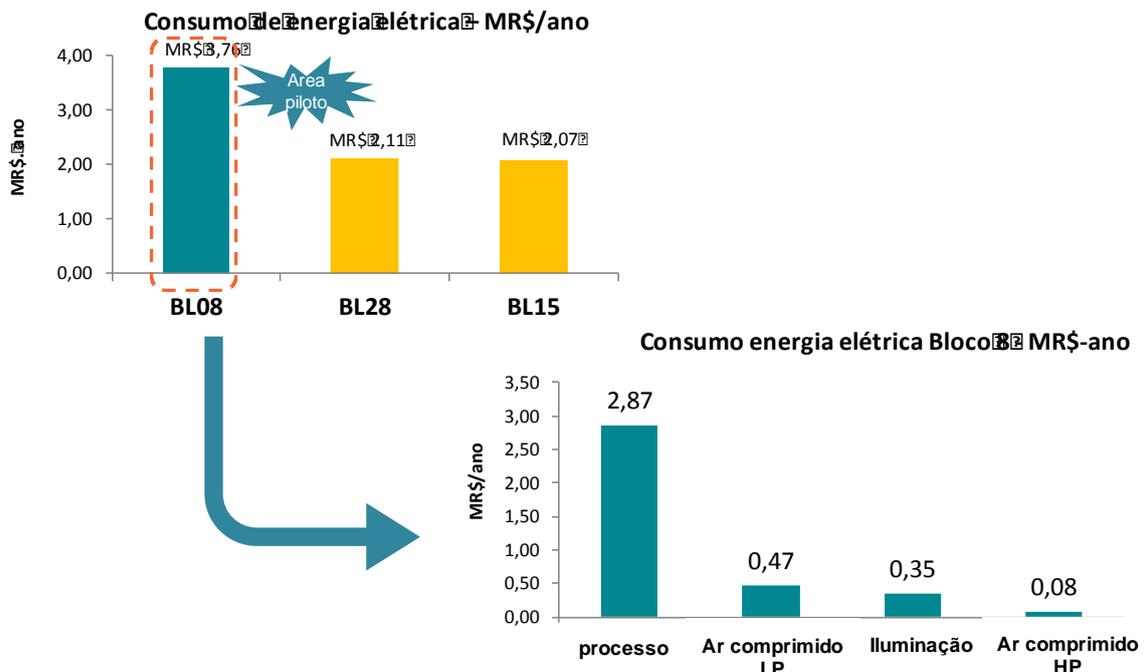


Figura 34 – Estratificação do consumo de energia por função.

Nos gráficos da figura 34, tem-se os maiores consumos estão localizados nos processos de fabricação. São feitas inúmeras de estratificação por agrupamento de equipamentos para melhor

compreendermos a natureza de cada consumo. Na figura 35, mostra os equipamentos que consomem energia elétrica do processo de usinagem GB739. São mais de 40 componentes de força, em grande parte, representados pelos motores elétricos.

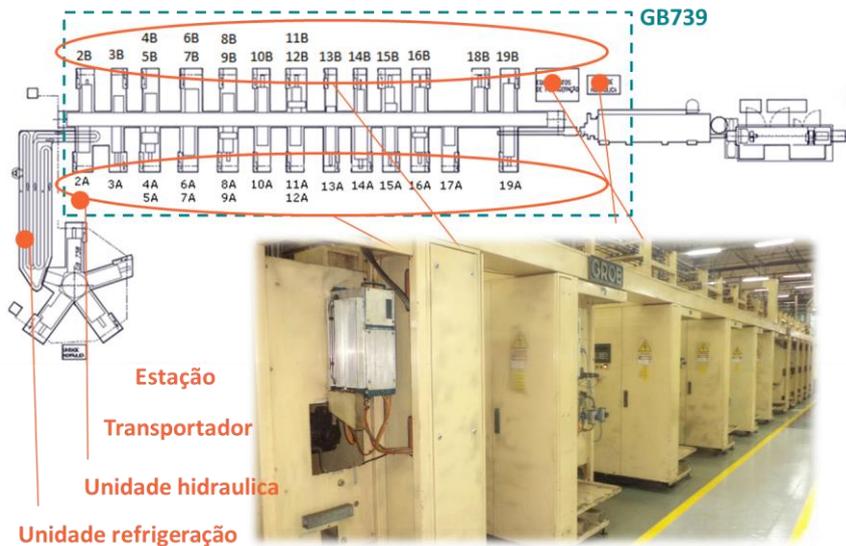


Figura 35 – Mapa de um dos processos estudados do bloco 8.

A Figura acima, (fig. 33), mostra o mapeamento dos equipamentos de consumo. No processo GB739, são mais de 40 componentes de força, em grande parte, representados pelos motores elétricos. A unidade de refrigeração e hidráulica representam 35% do consumo de energia elétrica.

Outro propósito deste passo é avaliar a performance energética no tempo. Ao monitorar os dados pelo sistema SAP, percebe-se que mesmo durante as paradas (completo desligamento dos equipamentos) havia um consumo residual em torno de 27 kW. Se comparado com os 65 kW que é o consumo durante a produção normal, isto representa 42%. Uma perda muito significativa, pois não há razões de consumo para situações em que os equipamentos estão inoperantes. A gravidade é ainda maior se observado que os equipamentos normalmente trabalham apenas 60% do tempo disponível ao longo do dia. 40% são paradas, e eles estão consumindo energia. O gráfico da figura 36 mostra a tendência diária do consumo de um processo e as paradas produtivas. Os dados foram extraídos com base em um dia produtivo.

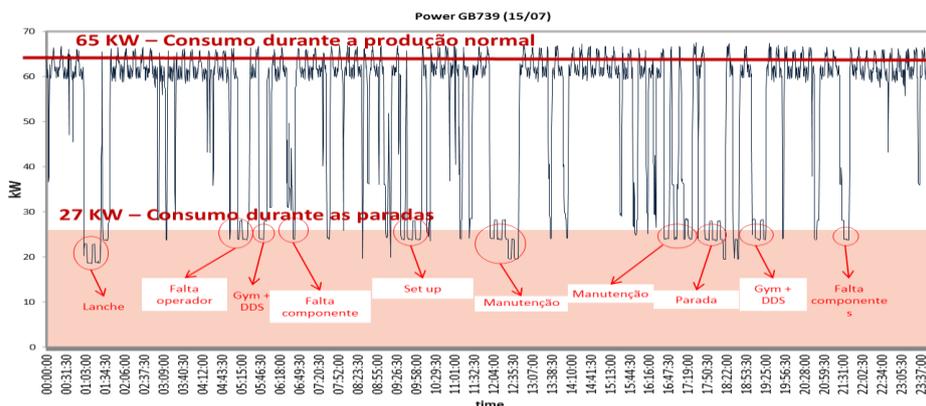


Figura 36 – Consumo de energia elétrica (GB739) ao longo de um dia de produção.

Temos que, no caso do processo GB739, as estações são desligadas durante o período não produtivo. Já as unidades hidráulicas e refrigeração não são desligadas.

Passo 3: Medição

As atividades desenvolvidas neste passo consistem na medição pontual em cada ponto de consumo estudado no passo 2. Acompanham também as atividades de treinamento e conscientização dos operadores, bem como, auditorias regulares (diárias) para a garantia de padronização de operação/utilização dos equipamentos pelos operadores.

A fim de garantir a padronização das atividades, vários treinamentos são realizados para que os envolvidos se conscientizem da operação mais responsável. Sempre que observado um desvio de conduta por parte dos operadores, uma notificação é aberta com o intuito de reparar o erro.

Diariamente, um relatório em forma gráfica é emitido e se analisa o comportamento deste consumo. Conforme se pode ver na figura 38.

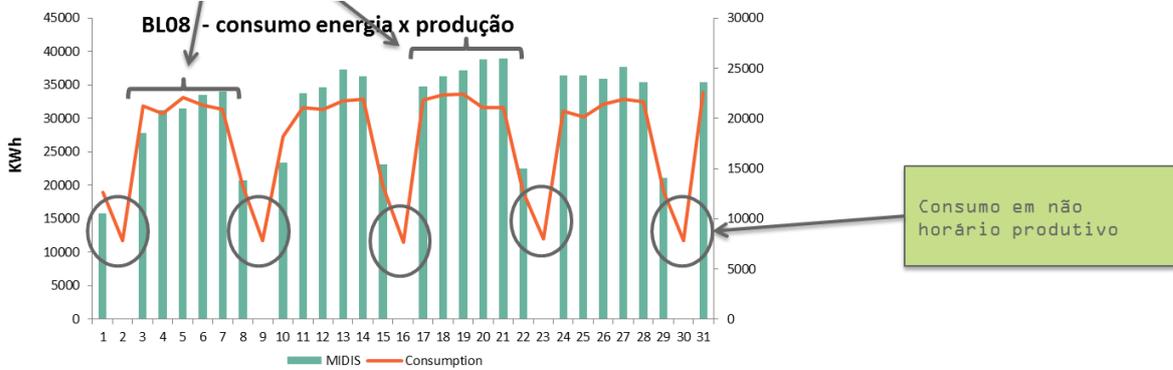


Figura 38 – Consumo de energia x produção no bloco 8, em kwh.

Aqui também se propõe avaliar os componentes de consumo: fixo e variável. O fixo representa o consumo de energia sem nenhuma relação com a produção. É o consumo da empresa com os processos fabris desligados. O custo variável é o componente dependente da produção. Quanto maior a produção, maior o consumo. A finalidade da metodologia é transformar o consumo fixo em variável, de modo que, na ausência da produção, também não aja consumo

O bloco 8, o custo fixo representa 57%, muito alto e comprometedor para a empresa. Se analisarmos por processo de consumo, o sistema de refrigeração que representa 12% do consumo total, apresenta a maior taxa de custo fixo, 85%, como demonstrado na figura 39.

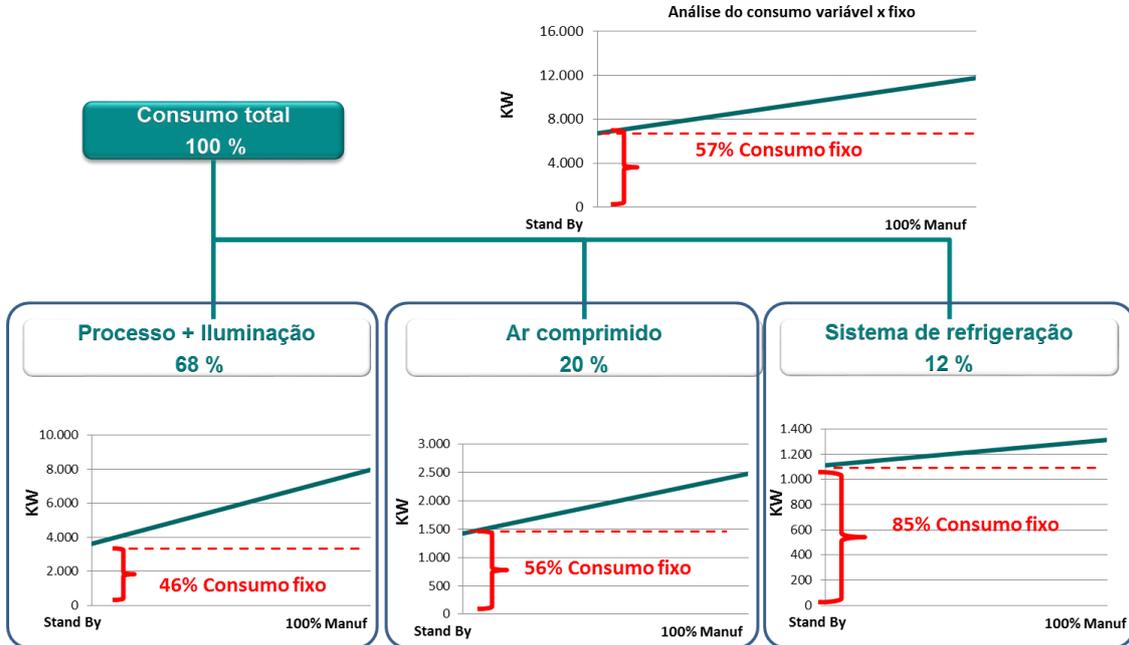


Figura 39 – Perfil do consumo do bloco 8 por processo.

Passo 4: Análise dos dados da medição.

O propósito deste passo é analisar o consumo de energia pelos 7 tipos de perda de energia. O objetivo é estratificar e agrupar a parte do consumo identificada como perda, em diferentes etapas relacionadas à produção e ao uso desta energia. Este método permite separar as perdas de consumo nas seguintes fases: perdas tipo 1 ao 4, referentes ao consumo nos pontos de uso, isto é, nos equipamentos que utilizam a energia para produzir peças; perda tipo 5, relacionadas à distribuição e transmissão; perda tipo 6,

relacionada ao processo de transformação de energia elétrica em outras formas de energia; perda tipo 7, referente ao processo de geração da própria energia elétrica. O esquema abaixo, mostra o tipo de perda correspondente à função, figura 40:

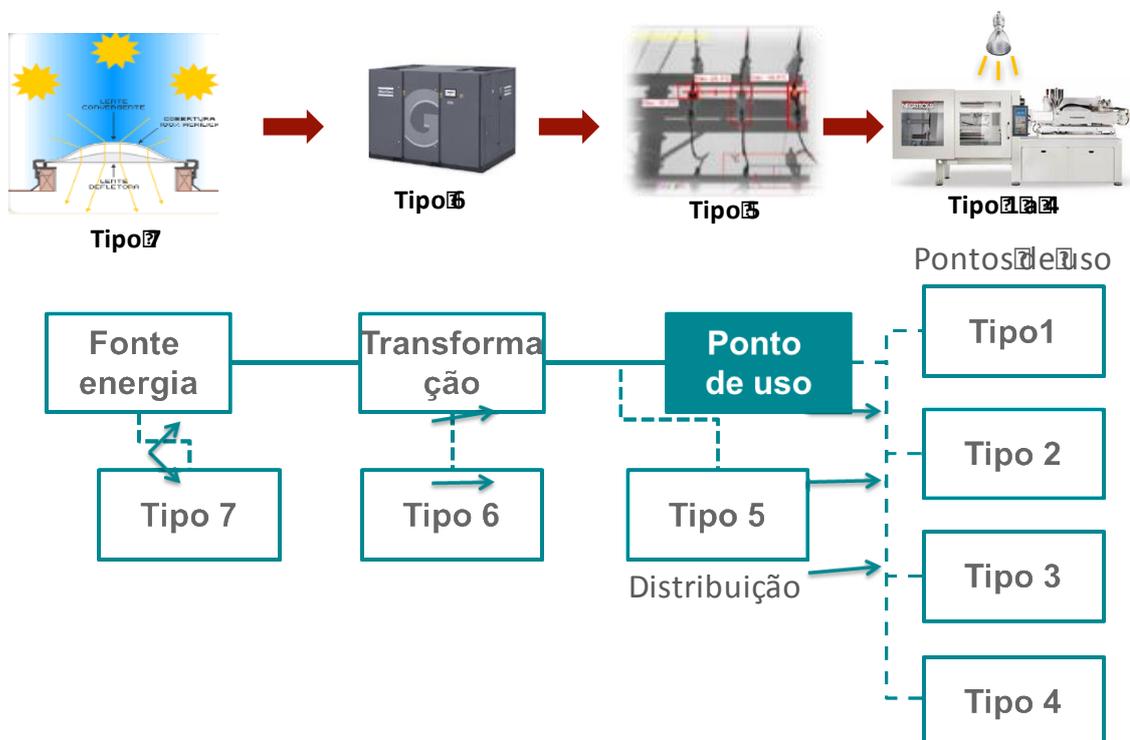


Figura 40 – Diagrama com os 7 tipos de perdas de energia.

Para cada tipo de perda é calculado o consumo e a perda correspondentes. Toda a mensuração é feita na base de 12 meses (anual). A perda tipo 1: Consumo desnecessário durante horário não produtivo refere-se ao consumo de energia quando os processos não estão produzindo, horário almoço, final semana, paradas, etc.

A Figura 41 mostra exemplo da perda tipo 1.

Tipo 1 – CONSUMO DESNECESSÁRIO:

a) Consumo de energia em horário não produtivo



Figura 41 – Alguns exemplos de perda tipo 1.

O cálculo do valor da perda tipo 1, consumo desnecessário de energia, é feito com base na análise do consumo nos horários produtivos, em que os equipamentos estariam ligados, e nos não produtivos em que deveriam estar desligados, contudo, na maior parte do tempo não produtivo, os equipamentos permaneciam desligados. Isto gera o consumo desnecessário, a perda do tipo 1.

No período semanal analisado, foi possível levantar o consumo ideal para os horários não produtivos, baseando em atividades de desligamentos dos equipamentos. O consumo diário normal encontrado foi de 490 kwh, pois haviam alguns equipamentos ligados mesmo nos horários não produtivos. Se desligassem alguns, pois não é possível desligar todos, o consumo representaria um consumo de 241 kW. A diferença nos dá a perda do tipo I, consumo desnecessário de energia, igual à 249 kW. Como temos que calcular sempre a perda no período anual, basta multiplicar os 249 kW pelo tempo não produtivo semanal (137,8h conforme programação) e pelo número de semanas no ano (52). O valor encontrado foi de 1.784.143 kwh, que corresponde ao custo de R\$ 535.243,00 ao ano, considerando R\$/kwh = 0,30. Os gráficos da figura 42 mostram como é o cálculo da perda tipo I.

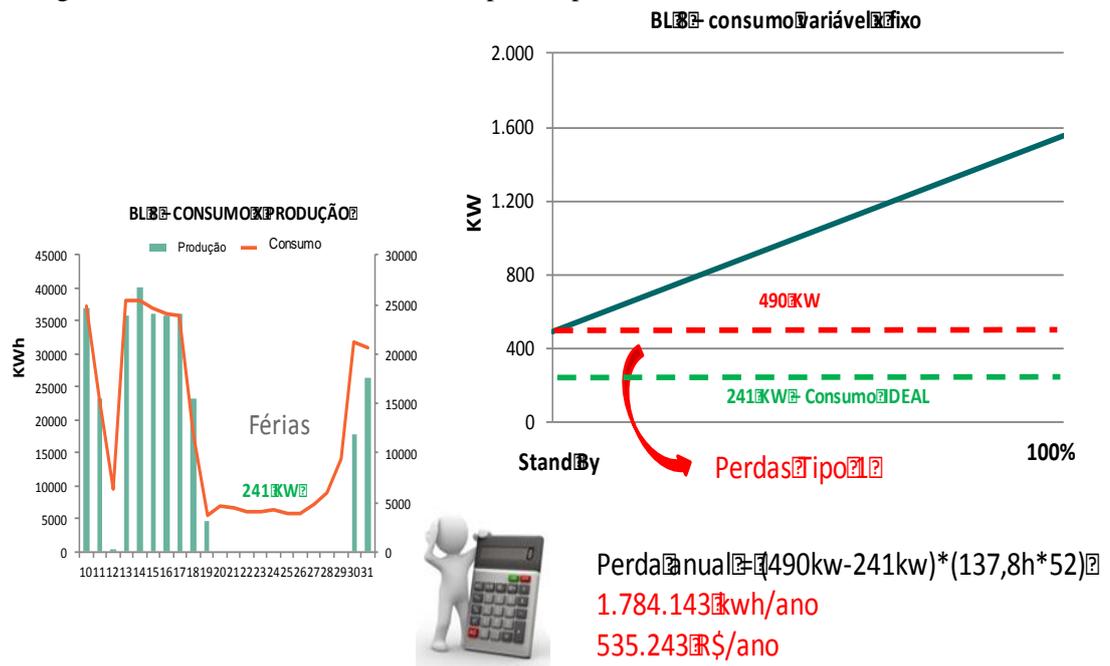
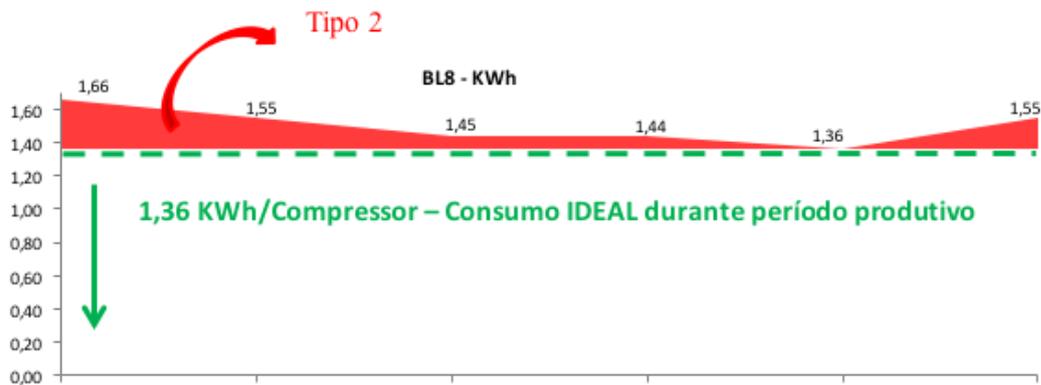


Figura 42 – Perda de energia tipo 1 e o valor correspondente em R\$.

A perda tipo 2 foi calculada baseando no consumo teórico x real para cada equipamento instalado nos processos da área modelo e convertido em unidade de compressor produzido. Na média os equipamentos consumiam em média 1,5 kwh por compressor produzido contra 1,36 kwh analisando o consumo teórico conforme os fornecedores dos equipamentos. A diferença refere-se à perda tipo 2, consumo excessivo. Multiplicando se pela produção anual de 2.895.571 compressores, temos a perda tipo 2 com o valor de 405.380 kwh/ano, que representa um custo de R\$ 121.614,00 ao ano (1 kwh = R\$ 0,30). O gráfico da figura 43 mostra o cálculo da perda tipo 2.



Perdas anuais = $(1,5-1,36) \cdot (\text{volume}) = 0,14 \cdot 2.895.571$ (compressores)
405.380 KWh/ano
121.614 R\$/ano

Figura 43 – Perda de energia tipo 2 e o valor correspondente em R\$.

A perda tipo 3 devido a não otimização dos processos, também foi calculado baseado o consumo real x teórico de cada equipamento. Os valores diferem para cada tipo de equipamento, consoante o grau de degradação e deterioração das condições básicas encontradas. O valor médio de degradação dos equipamentos foi de 20%. Como o consumo de energia total destes equipamentos era de 6.851.800 kwh, foi aplicado a este valor uma perda de 20% correspondente a perda de otimização. Então, temos a perda tipo 3, no valor de 1.370.360 kwh/ano, e em R\$ 411.108,00, (R\$/kwh = 0,30). A figura 44 mostra o cálculo da perda tipo 3.

TAG (SAP)	Bloco	Tipo de Máquina	Descrição do Equipamento SAP	Potência [KW]	Tem possibilidade de instalar Inversor?
3505	8	Central de Óleo	SISTEMA DE FILTRAGEM DE CORTE-SF0021 - 3505	129,68	Inversor
3491	8	Central de Óleo	SISTEMA DE FILTRAGEM DE RETIFICA-SF0006 - 3491	106,24	Inversor
3489	8	Central de Óleo	SISTEMA DE FILTRAGEM DE CORTE-SF0004 - 3489	75,98	Inversor
3486	8	Central de Óleo	SISTEMA DE FILTRAGEM DE CORTE-SF0001 - 3486	70,98	Inversor
3980	8	Retífica	RETIFICA PLANA BLANCHARD - 3980	69,10	Não existe
3981	8	Retífica	RETIFICA PLANA BLANCHARD - 3981	69,08	Não existe
3327	8	Lavadora	MÁQUINA DE DESENGRAXE DA PLACA VÁLVULA - 3327	51,75	Inversor
3328	8	Lavadora	Máquina de Desengraxe do Bloco FF - 3328	41,90	Não existe
9377	8	Lavadora	Máquina de Lavar BLOCO EM/EG - 9377	40,53	Inversor
3331	8	Lavadora	MÁQUINA DE DESENGRAXE DO BLOCO EG - 3331	36,34	Não existe
4056	8	Retífica	RETIFICA PLANA DISKUS - 4056	23,64	Não existe
4111	8	Torno	TORNO PITTLER 750-24-324 - 4111	23,36	Não existe
3326	8	Lavadora	Máquina de Desengraxe e Fosfatização - 3326	18,26	Não existe
3487	8	Central de Óleo	SISTEMA DE FILTRAGEM DE RETIFICA-SF0002 - 3487	15,66	Não existe
4021	8	Retífica	RETIFICA CENTERLESS MULTIMAT/NAGEL - 4021	11,66	Inversor
3488	8	Central de Óleo	SISTEMA DE FILTRAGEM BRUNIMENTO-SF0003 - 3488	10,88	Não existe
3992	8	Retífica	RETIFICA CENTERLESS MULTIMAT - 3992	10,62	Não existe
4023	8	Retífica	RETIFICA CENTERLESS MULTIMAT/NAGEL - 4023	9,43	Não existe
9375	8	Retífica	RETIFICA CILINDRICA SCHAUDT/MKROSA - 9375	9,40	Não existe

32#maquinas#com#possibilidade
 5.561.803#KWh/ano



Perdas'anuais='6.851.800*0,2
1.370.360' KWh/ano
411.108'R\$/ano

20%
 Perda'tipo'3

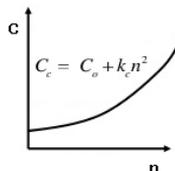


Figura 44 – Perda de energia tipo 3.

A perda tipo 4, não recuperação da energia térmica ou cinética, foi calculada baseado na oportunidade encontrada de alguns processos em reaproveitar parte da energia que está em forma de calor, a fim de pré-aquecer a água de entrada no sistema. Não é fácil trabalhar com perda do tipo 4. O grupo identificou apenas uma oportunidade de aplicar os conceitos. Não que não aja outros, mas, é uma energia

que necessita de mais tempo e tempo para trata-la. O foco do grupo concentrou no sistema de aquecimento e resfriamento, em que a uso de água quente e fria. O cálculo baseou-se em quanto economizaria do consumo de energia para aquecer a água, sendo haveria oportunidade de usar água das caldeiras já na temperatura acima de 40°C. Neste sistema, os cálculos indicaram uma economia de 186.666 kwh/ano, que corresponde a R\$ 56.000,00/ano, (R\$/kwh=0,30). A figura 45 representa o esquema da perda tipo 4.

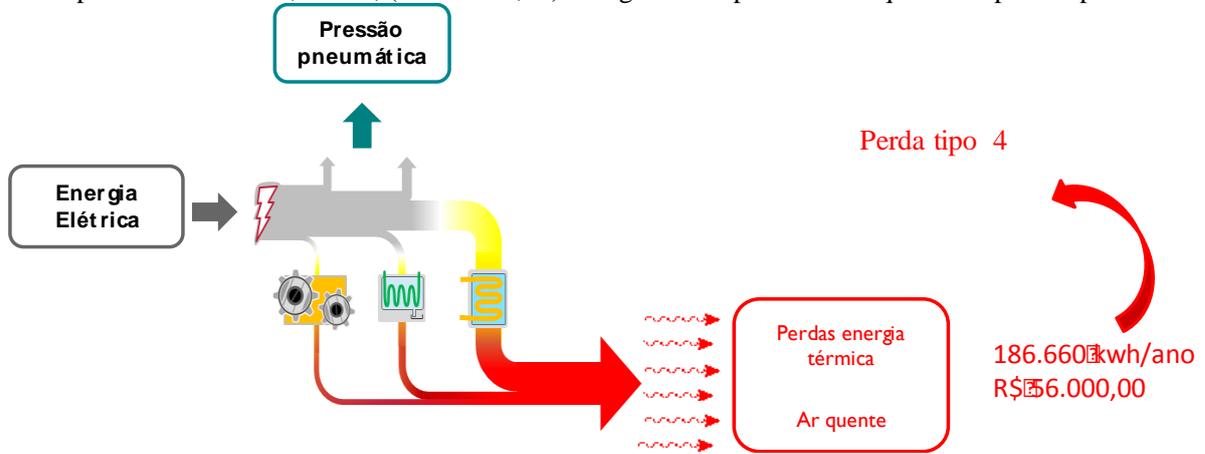


Figura 45 – Perda de energia tipo 4.

A perda tipo 5, devido a perda de carga durante a transmissão da energia. Foi avaliado apenas as formas de energia pneumática e térmica como significativas. A perda devido à condutividade elétrica não apresentou significância. Para a perda de transmissão da energia pneumática, foi contratado uma empresa externa especializada no assunto. A avaliação mostrou uma perda de carga pneumática da ordem de 0,6 bar, devido ao mapeamento de 110 pontos de vazamentos encontrados. Isto, representa uma perda de 212.503 kwh/ano e R\$ 63.750 kwh/ano, conforme a figura 46.

TIPO 5 – PERDAS DE TRANSMISSÃO

- a) Vazamentos
- b) Dispersões



Avaliação externa

Atlas Oscope Tabela de vazamentos - Embraco

Foto	Valor Coletado (dB)	54	Valor em 1s	0,361	Valor em	R\$ 243,95
Setor BLOCO 28 LI RECUP. ST 275						
Local do vazamento VALV. REGULADORA MANÔMETROS DO PAINEL						
Foto: 360	Valor Coletado (dB)	48	Valor em 1s	0,321	Valor em	R\$ 216,92
Setor BLOCO 28 LI RECUP. ST 275						
Local do vazamento VALVULA DESPRESSURIZAÇÃO						

Figura 46 – Perda de energia tipo 5 (pneumática).

Já para a perda de transmissão térmica, foi identificado uma perda de temperatura de 3,5%, o que representa um consumo extra de energia de 39.101 kwh/ano e R\$ 11.730,30 kwh/ano (R\$/kwh = 0,30), conforme mostra a figura 47.

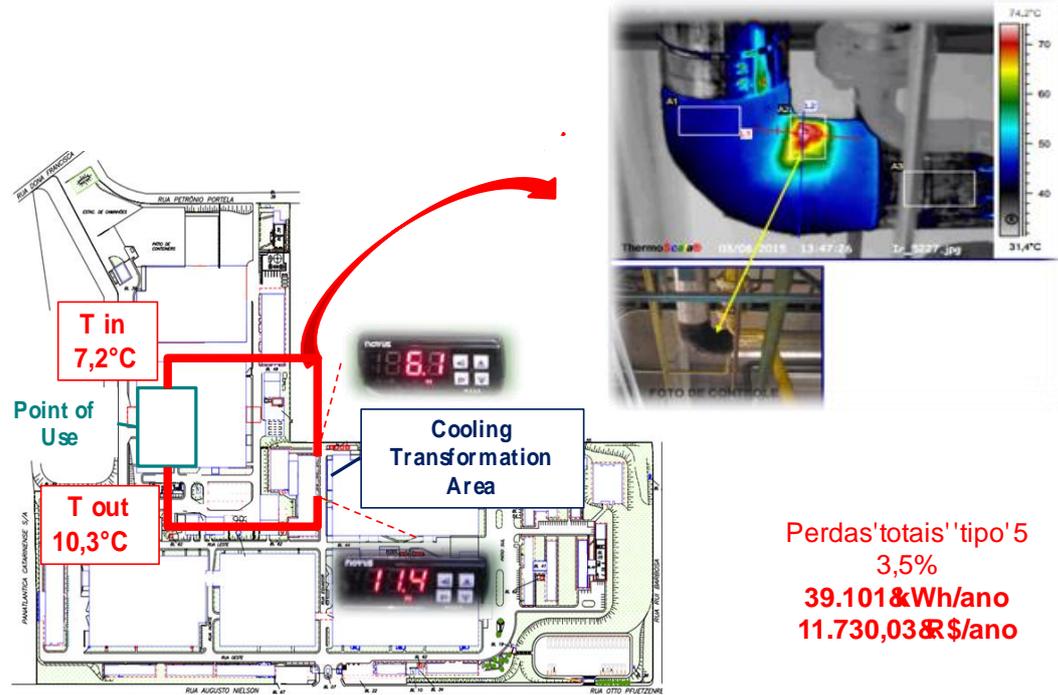


Figura 47 – Perda de energia tipo 5 (térmica).

A perda tipo 6, devido a baixa eficiência no processo de transformação de energia elétrica em outra forma de energia, foi calculado, primeiramente, as diferenças entre os diversos tipos de motores elétricos existentes na empresa. Há motores com tecnologias de 1960, como motores de 2010. E a diferença de performance deles variam de 87,6% (1960) a 96,5% (2010), o que representa uma diferença de 8,9% de rendimento. Aplicando-se ao consumo de energia 9.565.191 kwh/ano x 8,9%, temos a perda tipo 6, de 852.607 kwh/ano e R\$ 255.782,00/ano. (R\$/kwh = 0,30), conforme a figura 48.

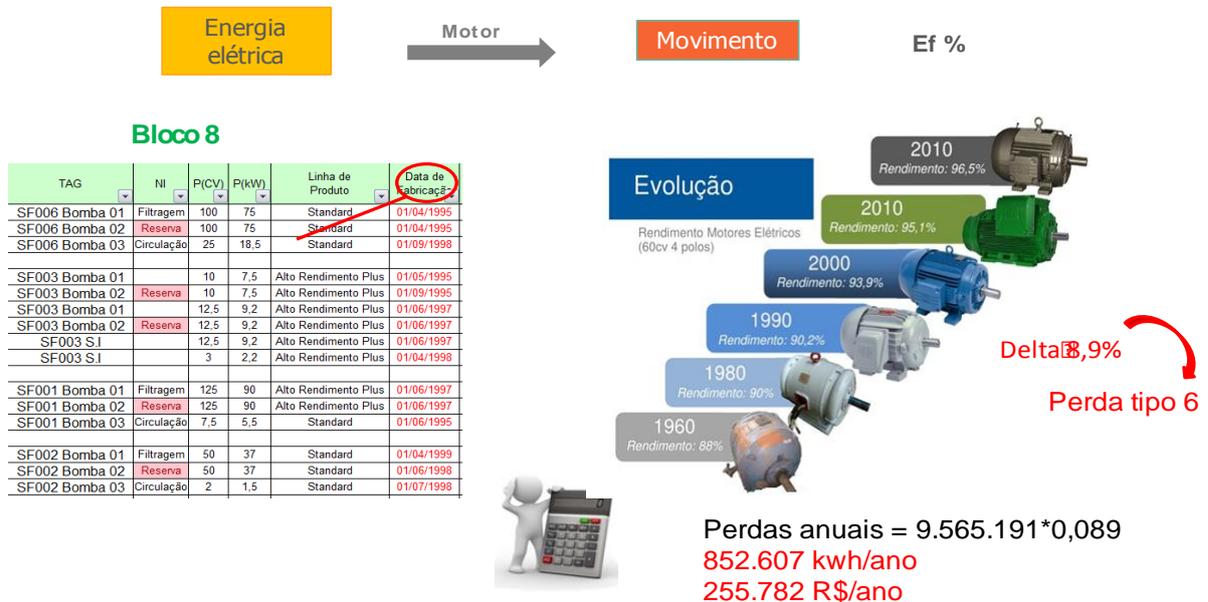


Figura 48 – Perda de energia tipo 6, energia elétrica em movimento.

Para o cálculo da perda tipo 6, transformação de energia elétrica em força pneumática, foi identificado um de 0,111 kW por m³ de ar produzido. Isto, porque a vazão do processo é manual e imprecisa. Se adquiri válvula de controle automático e velocidade variável, o consumo seria de 0,07 kW por m³, 36% mais eficiente. Logo, a perda foi calculada, considerando uma ineficiência de 36% na geração da força pneumática, representando 379.872 kwh/ano e R\$ 113.961,00/ano, (R\$/ano = 0,30), conforme a figura 49.

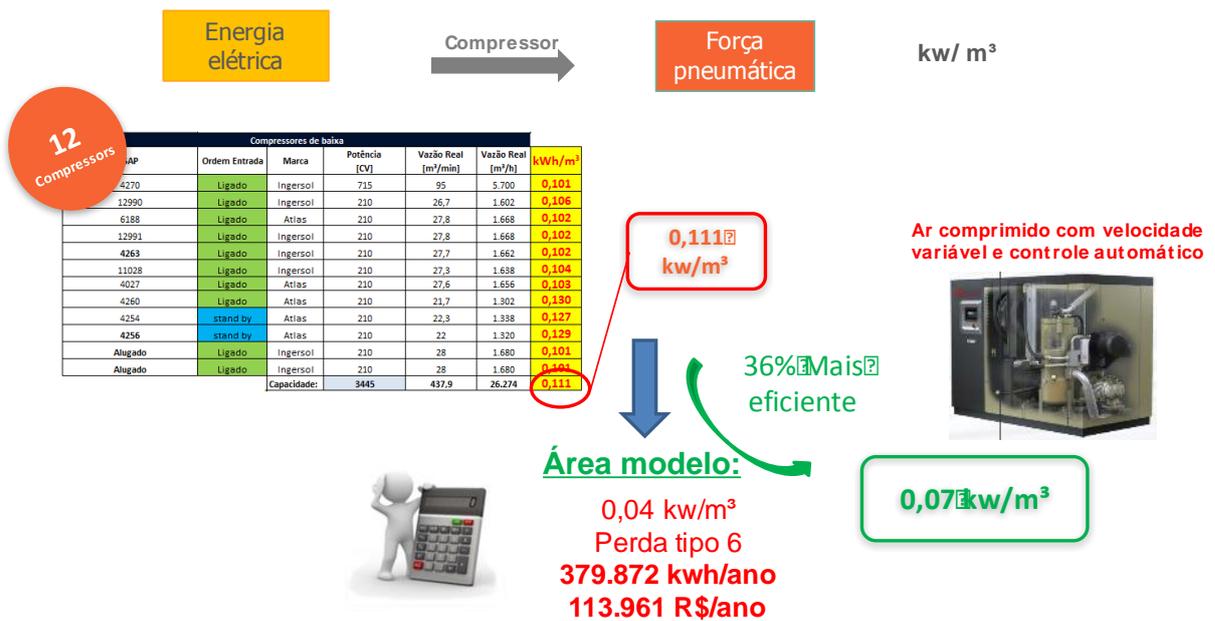


Figura 49 – Perda de energia tipo 6, energia elétrica em força pneumática.

Para o cálculo da perda tipo 6, transformação de energia elétrica em iluminação, foi considerado o uso de lâmpadas LEDs às convencionais, que possibilita ganho de 79% do consumo sobre a geração de luz. A perda calculada pela substituição das 180 lâmpadas convencionais por LEDs, foi de 474.733 kwh/ano e R\$ 142.420,00 ao ano, (R\$/kwh = 0,30), conforme a figura 50.

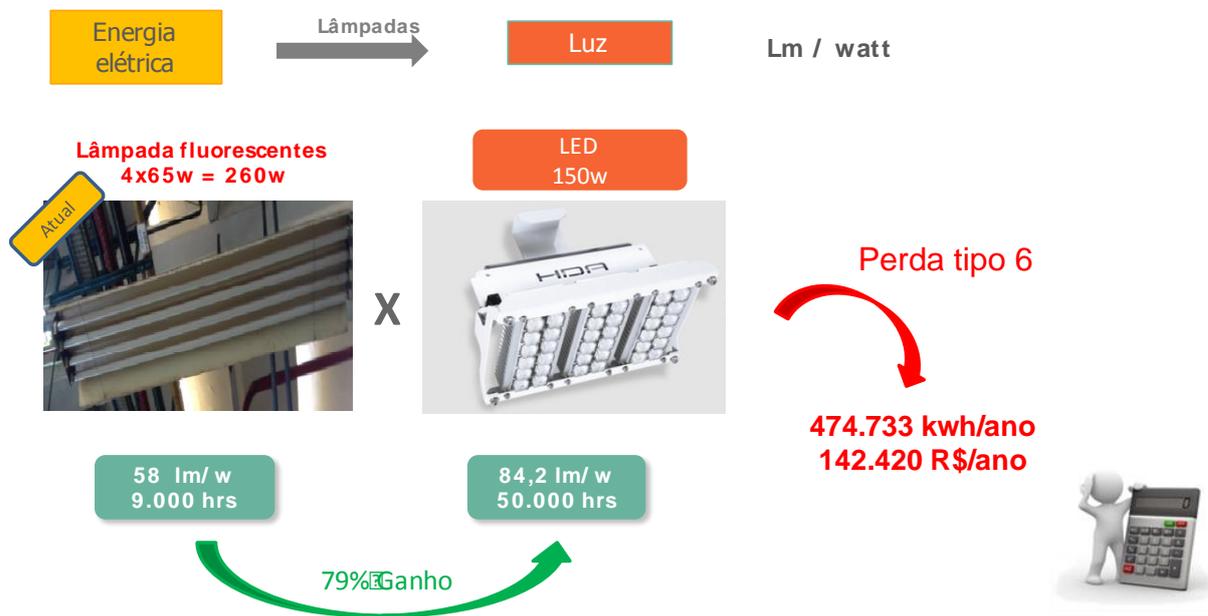


Figura 50 – Perda de energia tipo 6, energia elétrica em iluminação.

No total apurado, temos a perda do tipo 6, o valor de R\$ 513 mil ao ano.

A perda tipo 7, perda na fonte de energia elétrica, é a mais difícil de reduzir, pois toda a iniciativa de reduzi-la esbarra nos altos custos de implementação das melhorias. O retorno financeiro x custo não é obtido, senão, vários anos de consolidação. Contudo, no bloco 8, área piloto, foi identificado duas possibilidades de identificar a perda tipo 7. Primeiro, o uso de energia solar, através de possível instalação painéis fotovoltaicos, que proporcionaria uma redução de 103.566 kwh/ano e R\$ 31.070,00/ano. Segundo, com a proposta de introduzir lentes convergentes capazes de captar a energia solar e refletir para dentro do

galpão. Isto, possibilitaria uma economia de 23.100 kwh/ano e R\$ 6.930,00 ao ano. Então, a perda tipo 7, calculada para estas duas propostas foi de uma economia de 126.666 kwh/ano e R\$ 38.000,00/ano. (R\$/kwh = 0,30), conforme a figura 51.

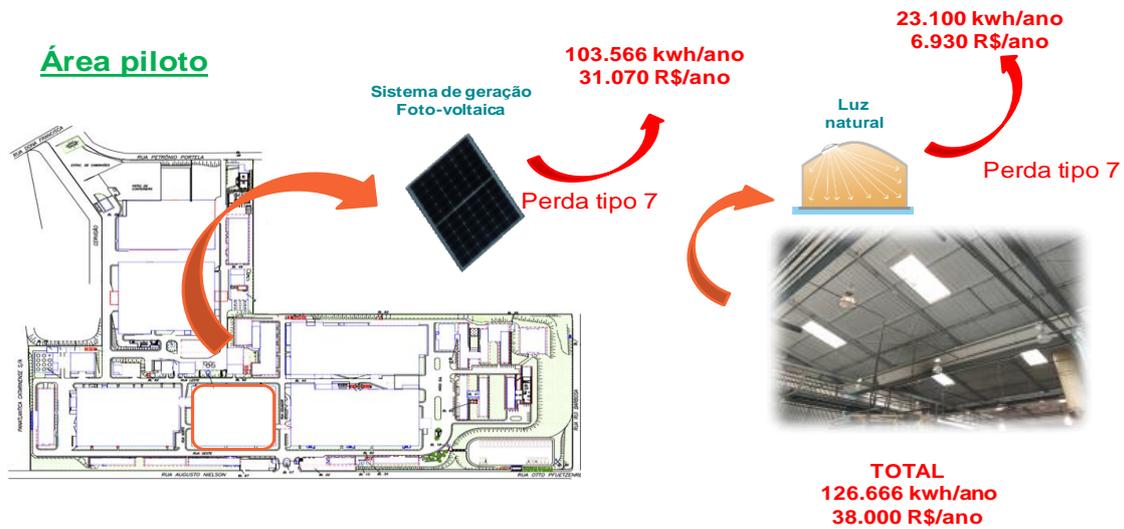


Figura 51 – Perda de energia tipo 7.

Como ressaltado no capítulo III, da metodologia aplicada, foi utilizado para valorização das perdas, o método do desdobramento dos custos, para a contabilização correta das perdas. Não estão na metodologia dos 7 passos de energia, contudo, é imprescindível avaliar os impactos dos tipos de perdas nelas mesmas e em outros processos. Isto, possibilitará conhecer os valores das perdas em proximidade à situação real de uma empresa, onde os processos, bem como, as unidades fornecedoras estão todos conectadas. Então, toda as perdas serão analisadas de forma causal, bem como, seus efeitos noutros processos e aumento de outras perdas.

Os valores são avaliados em unidade de consumo Kwh e, convertidos em R\$ (real). São utilizados um conjunto de matrizes, planilhas de excel (conforme apresentado no capítulo III, 3.6.2).

A figura 52 mostra o resultado das perdas identificadas, analisadas e atacadas consoante a elaboração das matrizes. São matriz enormes e impossível de qualquer detalhamento aqui, contudo, elas são descritas no capítulo III, sobre a metodologia utilizada.

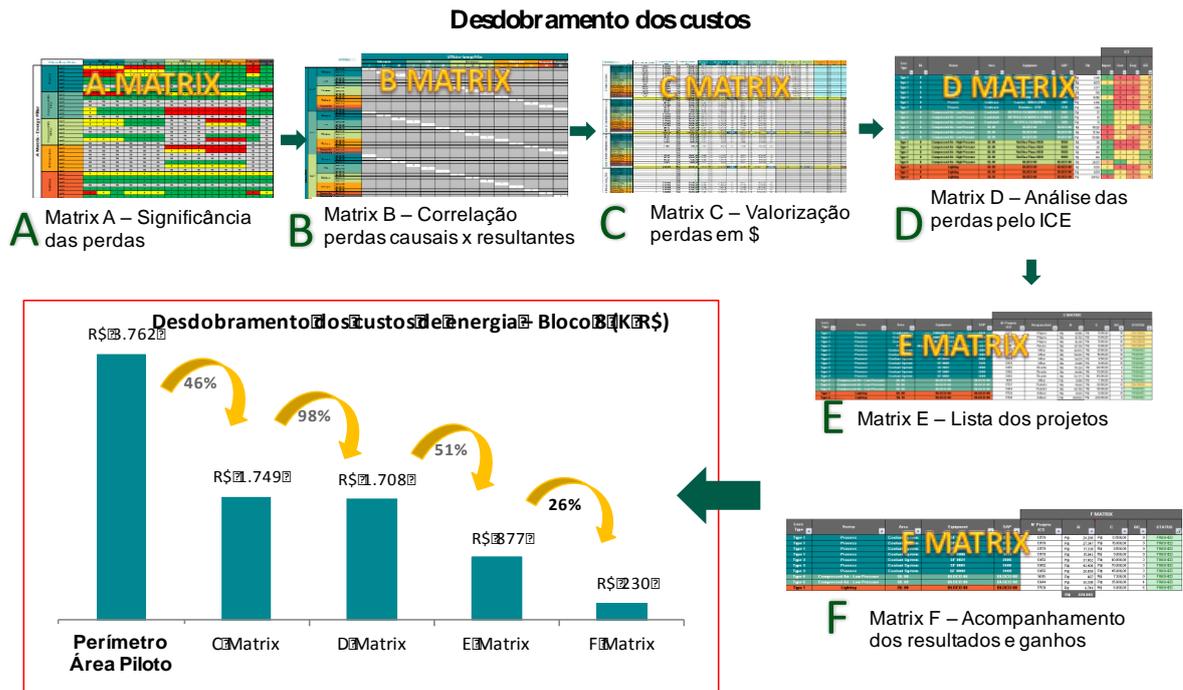


Figura 52 – Desdobramento dos custos, matriz.

O perímetro estudado, área bloco 8, de R\$ 3,76 milhões referente aos custos de energia, R\$ 1,749 milhões foram identificadas como perdas (matriz C). Destes, R\$ 1,70 milhões foram priorizados como perdas atacáveis (matriz D) e, R\$ 0,87 milhão teve projetos direcionados (matriz E), O ganho esperado é de R\$ 0,23 milhão (matriz F).

A contabilização final dos 7 tipos de perdas encontrados está no gráfico abaixo, sendo que as perdas tipo 1, 6 e 3 representam maiores valores que as demais. A priorização das ações a implementar no passo 5 segue a ordem do gráfico da figura 53.

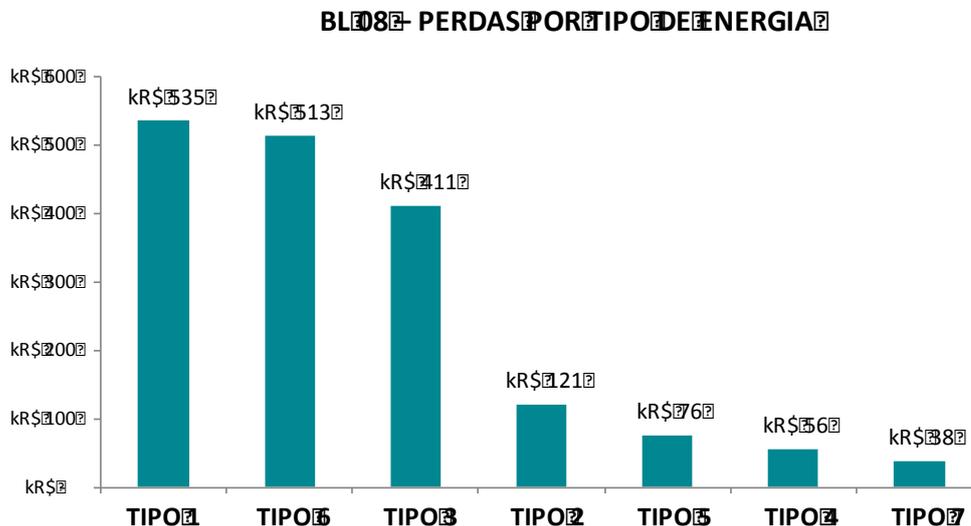


Figura 53 – Pareto dos 7 tipos de perda de energia.

Analisando o gráfico acima, da priorização das perdas pelo viés econômico, as perdas do tipo 1, 6 e 3 serão foco dos projetos no próximo passo, o das contramedidas. Contudo, a perda do tipo 7, perdas na fonte ou geração de energia, com baixa prioridade, tem apelo maior sobre o olhar ambiental. Neste foco, é significativo atuar na fonte energética, como, substituindo o consumo de energia elétrica por algum outro dia de energia alternativa, pois, traria maior ganho para o meio ambiente.

Um contrassenso é posto na metodologia dos 7 passos de energia: será ela apenas uma forma de reduzir o consumo energético (custos), com indireto apelo ambiental, ao propor reduzir as perdas e, portanto, menos uso de recursos naturais e seus respectivos impactos. Ou seria oportuno priorizar as perdas mais significativas do ponto de vista ambiental. Neste quesito, a perda tipo 7, de longe seria a mais significativa e primeira priorização.

A resposta está nas duas opções e, é possível congrega as duas partes. Priorizar a perda tipo 7 de modo intangível, que não se pode quantificar com apreço ao que realmente representa trabalhar com fontes de energia mais limpa, e para as demais, seguir com a priorização monetária proposta pela metodologia, tangibilidade daquilo que é mensurado.

Na prática, a dificuldade encontrada é que a perda tipo 7 exige responsabilidade pública, tecnologias, investimentos e tempo considerável. Substituir o fornecimento hidroelétrico por usina solar, eólica ou outra fonte renovável e mais limpa requer um esforço conjunto de órgãos públicos federais, estaduais e municipais com investimentos a longo prazo. Não estaria no escopo de atuação do pequeníssimo setor privado, representado por uma empresa. Não obstante, a empresa poderia demonstrar alguma iniciativa própria de geração de energia, ainda que pouco representativa, como o uso da energia solar para algumas atividades internas. Talvez isto explica o foco monetário da metodologia.

Então, o caminho é trabalhar seguindo a priorização oferecida pela metodologia dos 7 passos e desafiar continuamente para implementação de projetos focados na perda tipo 7, seguindo o movimento de atuação interna com pequenas iniciativas e ao passo que o setor público viabilize políticas concretas para a produção de energias alternativas.

Neste projeto, não será apresentado nenhuma contramedida para a perda do tipo 7, devido ao prazo estipulado do trabalho. Contudo, iniciativas a longo prazo já estão planejadas acontecer, mais precisamente para o ano de 2017.

Passo 5: Contramedidas

O objetivo deste passo é buscar contramedidas para reduzir o consumo de energia conforme a estratificação pelos 7 tipos de energia. Para cada tipo de perda medido, o grupo discutirá uma solução capaz de reduzi-la, senão, eliminá-la. O método prioriza as perdas mais significativas, de maior custos e reais, para focar recursos, normalmente limitados, a fim de obter os maiores retornos financeiros.

Os 7 tipos de perdas foram medidos e calculados no passo 4 a nível da menor unidade de processamento, que são os equipamentos, então, para cada tipo de perda, temos um desdobramento a nível de processo e de equipamento. O método consiste em trabalhar individualmente nos equipamentos, através de projetos focados. Os resultados financeiros são diretamente ligados às quantidades de projetos implementados e na significância (R\$) destas perdas. Nos gráficos da figura 54, temos um exemplo de desdobramento da perda do tipo 1, que é estratificada por processo até ao nível de equipamento. O SF0001 representa o equipamento de maior perda tipo 1 e, portanto, consiste na primeira prioridade de resolução. Depois, foi a vez dos equipamentos SF0021, SF0004, SF0006, etc., conforme figura abaixo. As contramedidas seguem exatamente esta ordem: da maior perda para a menor perda.

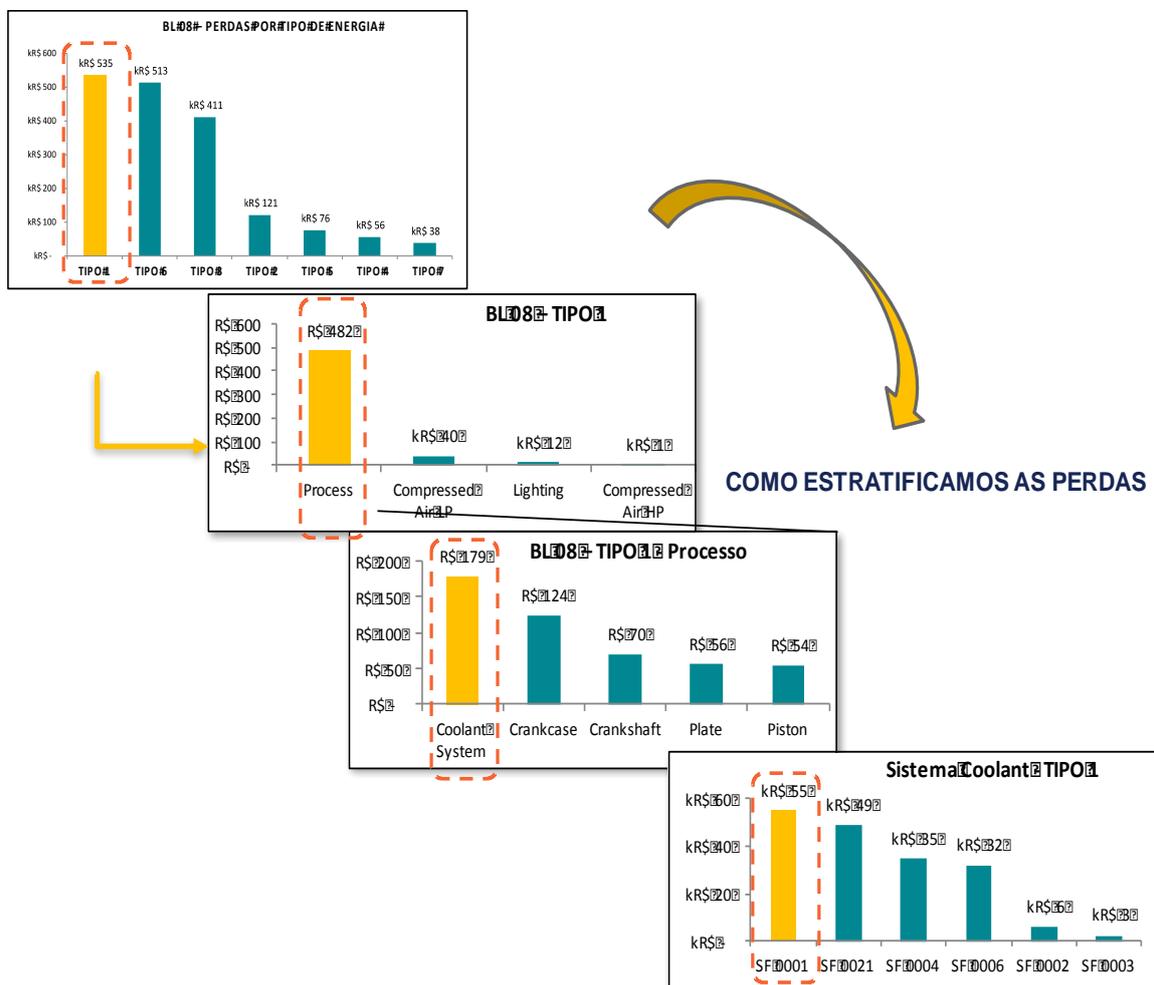


Figura 54 – Estratificação da perda tipo 1 até o nível de equipamento, em R\$/ano.

Perda tipo 1 – Consumo inútil (Período sem produção).

O problema encontrado relacionado a perda do tipo 1, se deve ao consumo de energia elétrica sem produção de compressores, isto é, nos horários não produtivos como paradas de almoço, manutenção e finais de semana, representada pela cor vermelha na figura 55. Para este equipamento, o custo da perda é de R\$ 54.756,00 ao ano.

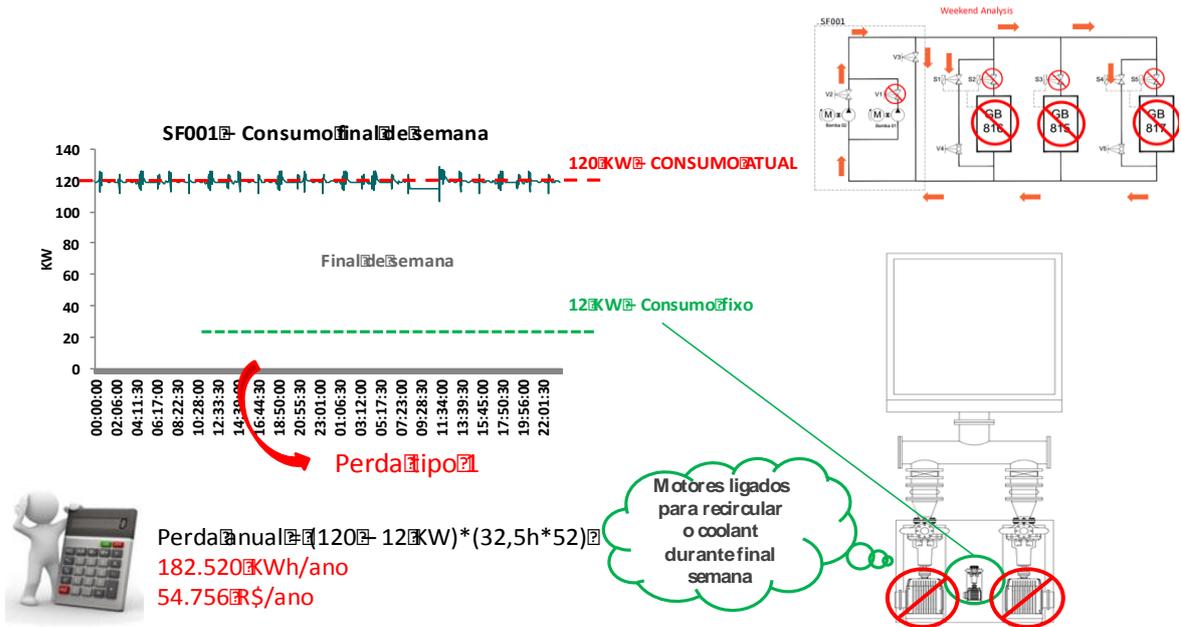


Figura 55 – Perda tipo 1, devido ao consumo em horários não produtivos.

Por que as unidades não são desligadas?

Causa raiz: erro operacional. Os operadores sistematicamente, esquecem de desligar os equipamentos quando vão almoçar ou alguma outra parada.

Foi aplicado o padrão de análise de causa raiz, figura 56, como instrumentos de análise da causa raiz quando o assunto é erro operacional. Estes padrões fazem parte do universo de ferramentas do programa WCM.

embraco TWTP - COMO TREINAR AS PESSOAS

Item	Descrição	Atividade
1	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
2	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
3	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
4	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
5	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
6	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
7	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
8	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
9	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
10	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
11	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
12	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
13	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
14	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
15	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
16	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
17	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
18	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
19	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.
20	Verificar se o operador está seguindo o padrão de trabalho.	Verificar o padrão de trabalho.

Figura 56 – Padrão de análise de causa raiz do erro operacional.

Causa raiz: treinamento insuficiente da equipe de manutenção.

Ações:

Criado nova OPL, Lição de Um Ponto (instrução de trabalho) para a equipe de manutenção, conforme se pode ver na figura 57.



Figura 57 – Treinamento feito com dos operadores através OPL.

Realizado treinamento para todos os integrantes, conforme a figura 57. E implementado gestão visual para alertar quando os equipamentos estão ligados e desligados, como se pode ver na figura 58.



Figura 58 – Instalação da gestão visual

Uma outra contramedida realizada foi avaliar a real necessidade de cada motor permanecer ligado durante o período não produtivo. No equipamento SF0001, há 3 motores: 2 principais e 1 auxiliar para manter o refrigerante em contínua mistura. Contudo, como era um circuito em série, os 3 motores permaneciam ligados continuamente. A proposta foi separa-los, e para os horários não produtivos, desligar os 2 motores principais deixando apenas o motor auxiliar ligado para não perder a qualidade do refrigerante, A figura 59 evidencia o desligamento dos motores principais sem a perda de qualidade do refrigerante, atestado e certificado pela equipe de metrologia.

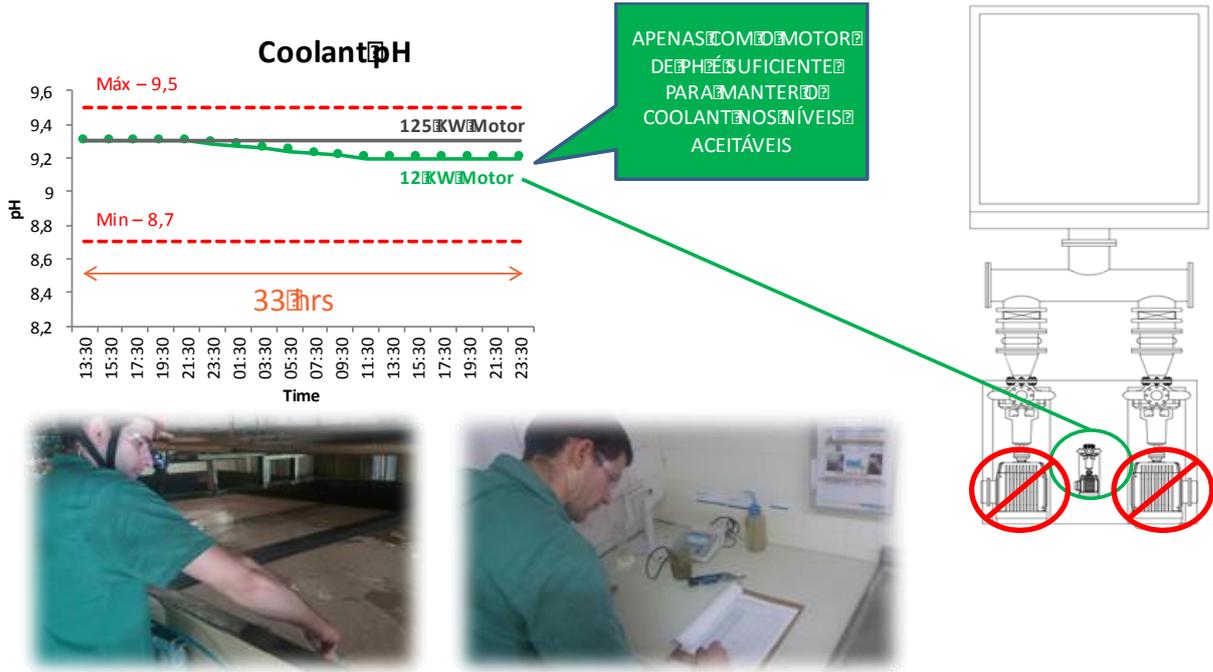


Figura 59 – Testes para avaliar a qualidade do refrigerante.

Os ganhos das duas ações contabilizaram uma redução de R\$ 55 mil reais ao ano. Após as melhorias implementadas, houve uma redução expressiva da perda tipo 1, conforme se pode ver na figura 60.

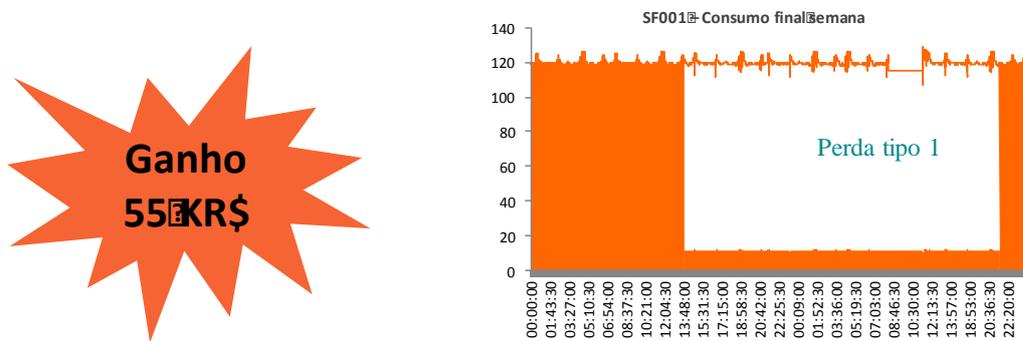


Figura 60 – Consumo de energia no final de semana, após as melhorias realizadas.

Perda tipo 1.2 – Consumo inútil (consumo desnecessário)

Os transportadores permanecem energizados mesmo durante as fases não produtivas. Isto provoca um consumo desnecessário de energia. Na figura 61, temos o time de manutenção analisando esta perda.



Figura 61 – Especialista da manutenção analisando a perda tipo 1.2.

O time concluiu que o motivo do consumo desnecessário estava relacionado com um erro no programa de manutenção, figura 62.



Figura 62 – Especialista da Manutenção fazendo alteração do software.

Ação: Alterado a lógica do programa para o desligamento dos equipamentos quando a linha não estiver produzindo. Com a melhoria, o consumo foi a zero e a perda não existe mais.

Com esta ação implementada o ganho foi de R\$ 115.000,00. No total foi reduzido R\$ 155.000,00 da perda do tipo 1, conforme o gráfico da figura 63.

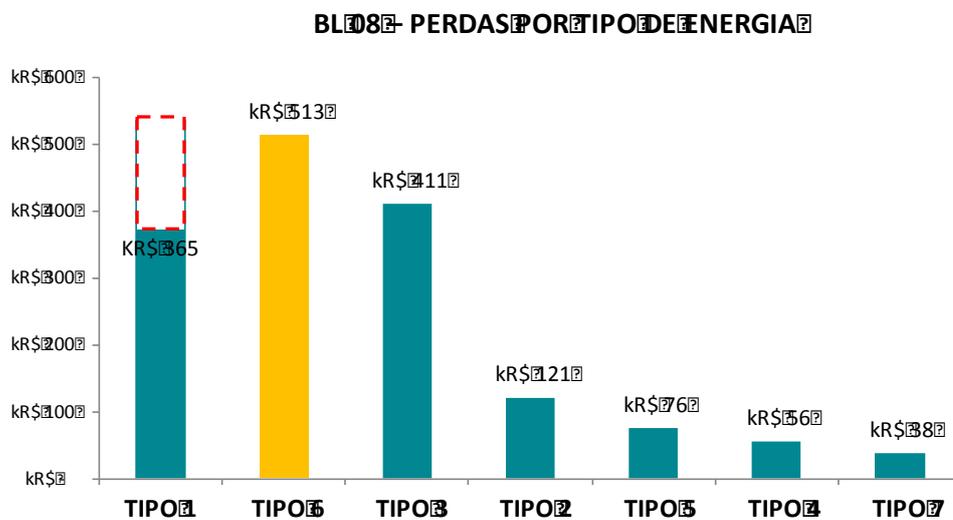


Figura 63 – Valor das perdas por tipo de energia após as melhorias perda tipo 1.

Atacando a perda tipo 1, o ganho foi de R\$ 155 mil reais.

O próximo passo é a perda tipo 6. Nos gráficos da figura 64, a perda tipo 6 é estratificada por processo em ordem de consumo. A perda tipo 6 tem como processos consumidores, ordem: iluminação; ar comprimido LP (baixa pressão); processo e ar comprimido HP (alta pressão). Normalmente, inicia-se nos processos com maiores perdas.

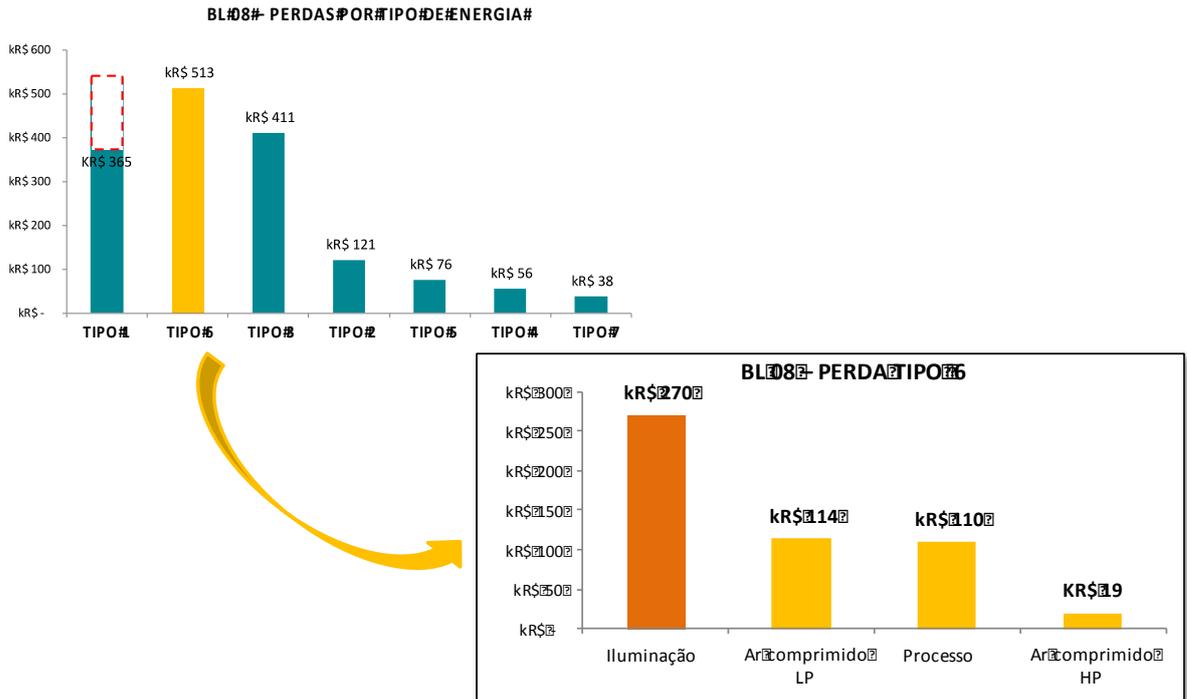


Figura 64 – Estratificação da perda tipo 6 por processo de consumo em R\$/ano.

A perda de iluminação calculada em R\$ 270 mil é devida ao uso de lâmpadas convencionais. Só no bloco 8 são contadas 453 lâmpadas convencionais. A ideia é substituí-las por lâmpadas LED que tem uma luminosidade de 84,2 (LED) contra 58 das lâmpadas comuns, tem uma vida útil 5 vezes mais e, portanto, um consumo de lâmpada menor: 180 LED contra 453 das convencionais. O ganho é de 474.733 Kwh/ano, o que corresponde a R\$ 142 mil reais/ano, conforme se pode ver na figura 65.

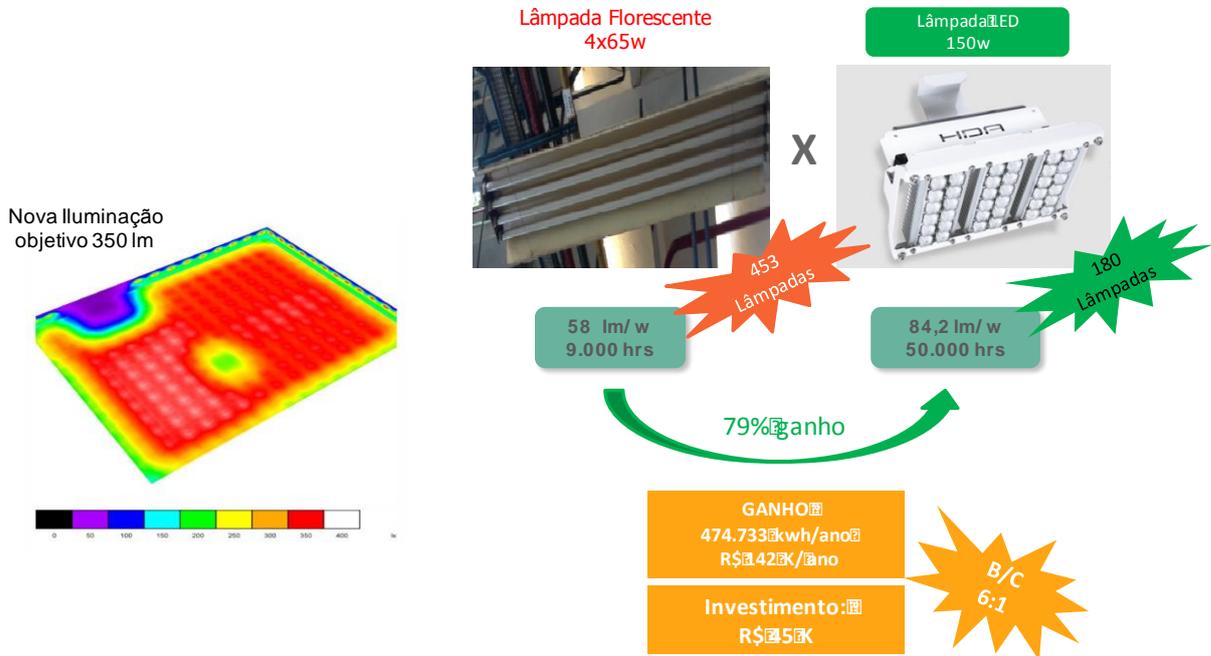


Figura 65 – Substituição das lâmpadas convencionais pela de tecnologia LED.

Com a troca das lâmpadas pelas de LED, a luminosidade do bloco 8, alcançou os 350 luxes (lm), muito acima dos 200 (lm) necessários para o trabalho seguro. A figura 66 mostra a distribuição da luminosidade no bloco 8.

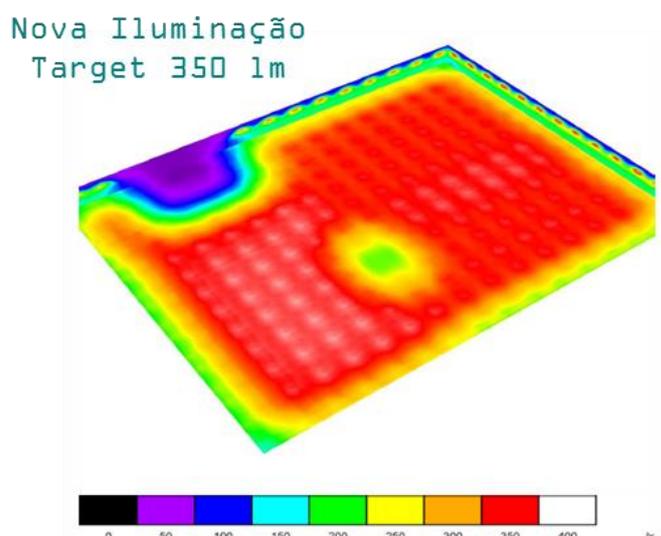


Figura 66 – Mapa de luminosidade do bloco 8.

Esta iniciativa zerou a perda tipo 6, iluminação, conforme o gráfico da figura 67.

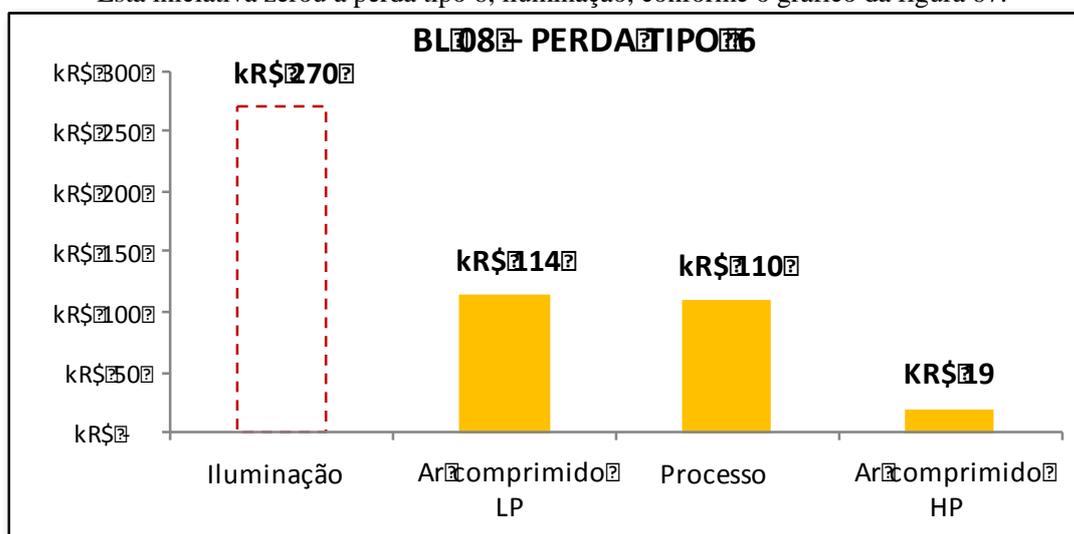


Figura 67 – Estratificação da perda tipo 6 por processo de consumo.

A seguir, buscou-se reduzir as perdas tipo 6, transmissão, devidas ao uso de energia para a produção de ar comprimido de baixa pressão. A situação atual utiliza transformadores antigos, pelo menos 30 anos de uso, e de controle manual, isto é, mesmo quando não há consumo nos pontos de uso da fábrica, os transformadores continuam operando e gerando energia sem necessidade, figura 68.

Tipo 6 – Ar comprimido de baixa pressão

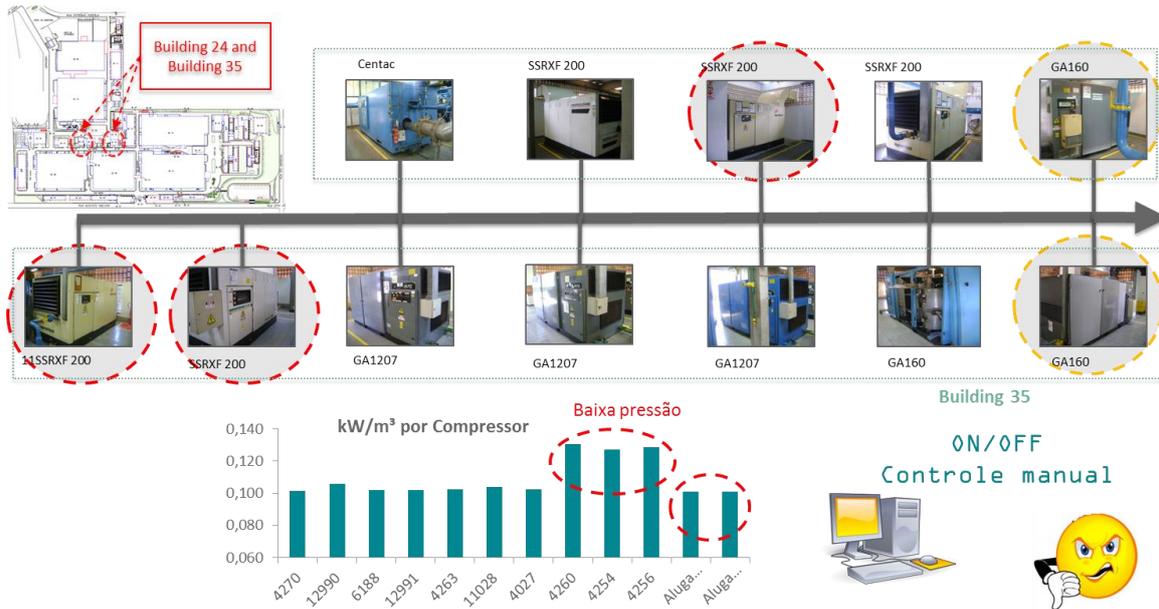


Figura 68 – Situação anterior com uso de transformadores manuais.

A ação adotada foi a substituição por transformadores novos e de controles automáticos. Sempre que o consumo nos pontos de uso cai, os transformadores reduzem sua produção de transformação de energia e, respectivamente, o consumo, conforme a figura 69.

Tipo 6 – Ar comprimido de baixa pressão

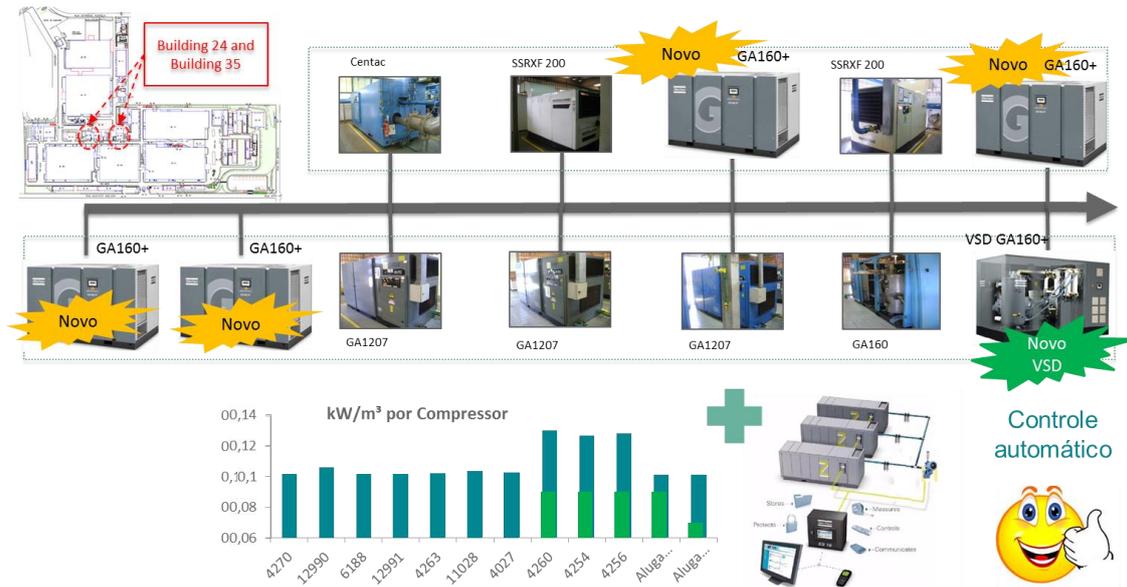


Figura 69 – Situação posterior com a substituição de novos transformadores automáticos.

A redução com esta ação fez com que o consumo de energia na transformação caísse em 9,6%, conforme se pode ver no gráfico da figura 70. O investimento foi de R\$ 700 mil e o retorno foi de R\$ 642 mil, a uma economia de mais de 2 milhões de Kwh/ano.

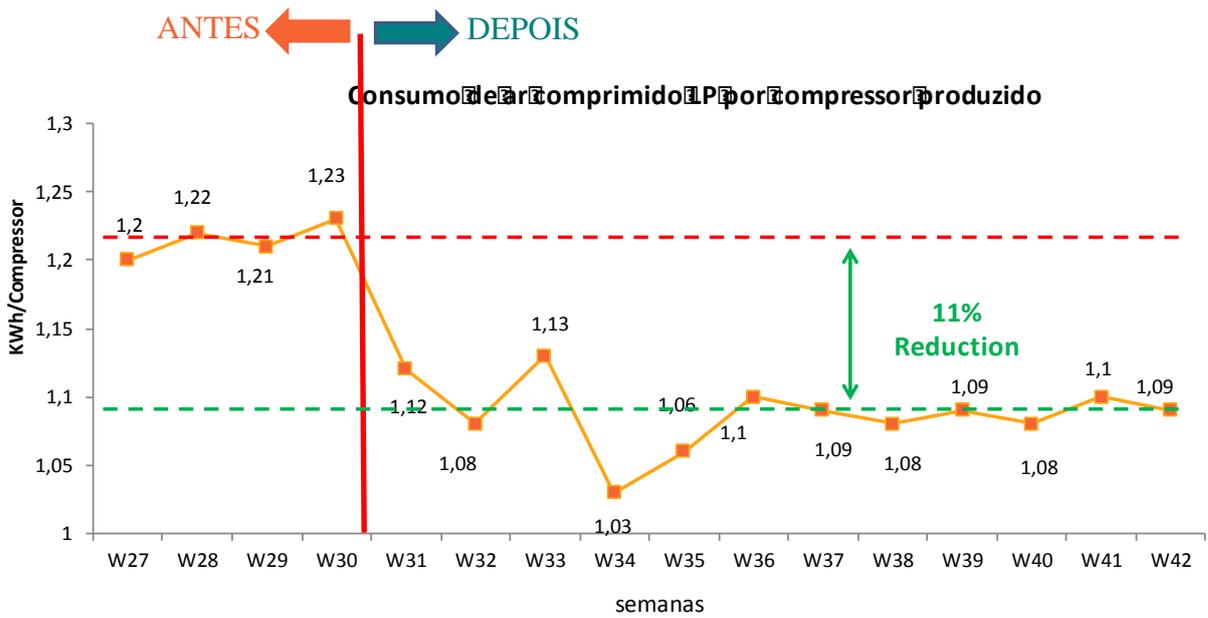


Figura 70 – Redução do consumo de energia após as melhorias, kwh/compressor.

Os ganhos com as perdas tipo 6 foi de R\$ 384 mil reais ao ano, conforme se pode ver no gráfico da figura 71.

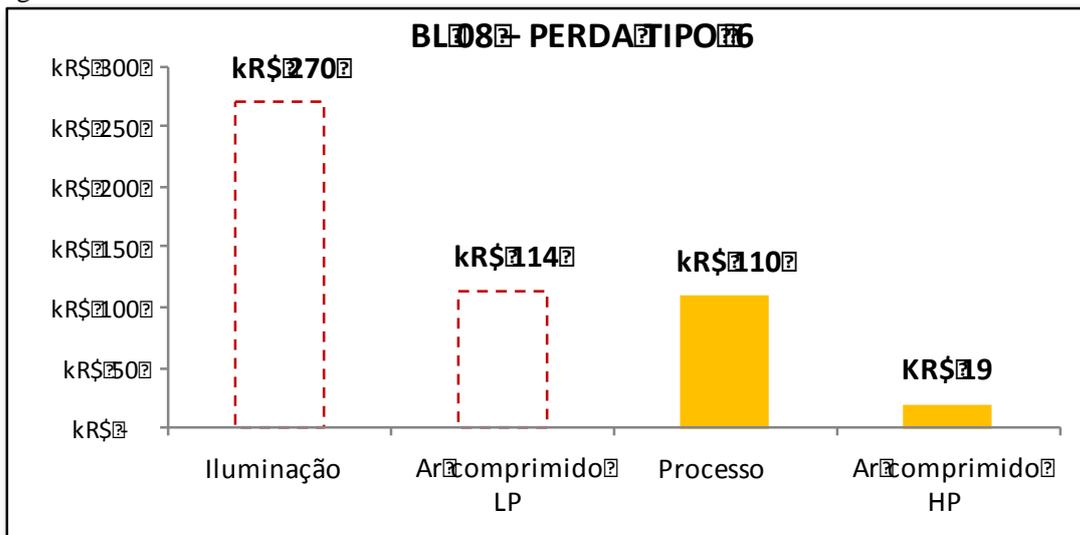


Figura 71 – Estratificação da perda tipo 6 por processo de consumo em R\$/ano.

A seguir, o time atuou sobre a perda tipo 3, devida a não otimização do processo. Pela estratificação, o equipamento SF021 apresenta um custo de perda da ordem de R\$ 67 mil reais, figura 72. As melhorias iniciam em ordem, por este equipamento. Posteriormente, as ações implementadas são expandidas para os equipamentos similares na planta.

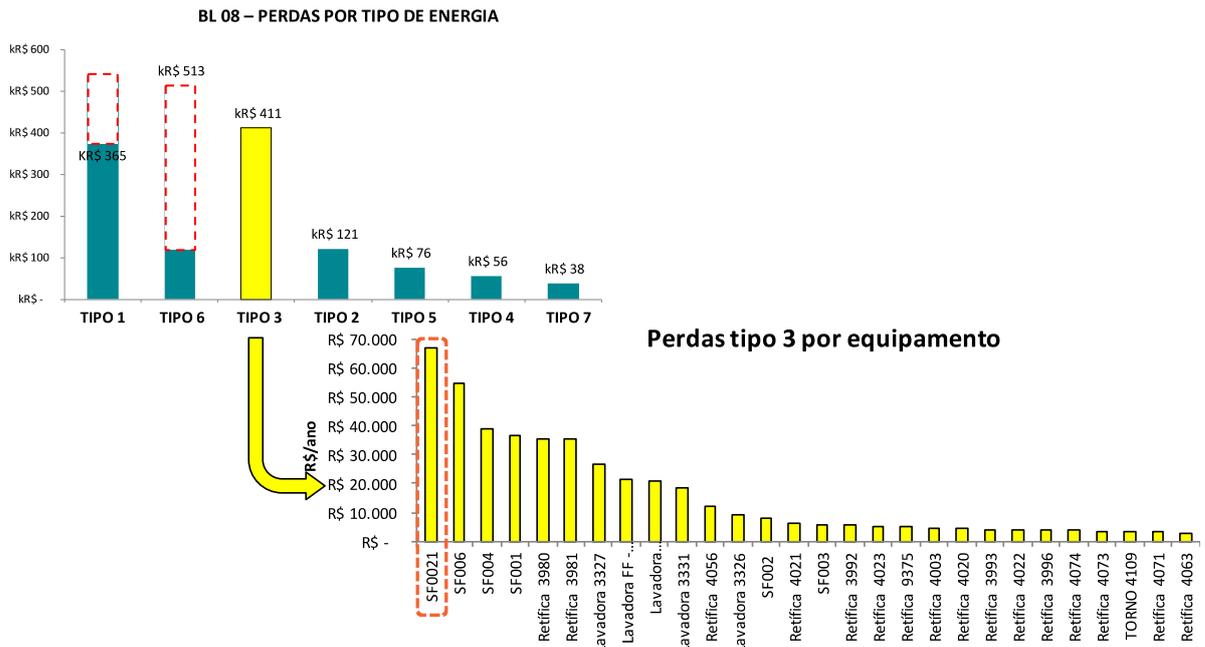


Figura 72 - Estratificação da perda tipo 3 por processo de consumo, em R\$/ano.

Ao analisar a perda tipo 3 do equipamento SF021, foi percebido uma instabilidade na pressão do circuito que era devida à baixa eficiência dos motores e à regulagem incorreta e não precisa das válvulas. Controle de válvula, quando manual, que é o caso, contribui para a baixa otimização do processo, uma vez, que exige mais dos equipamentos que transformam energia elétrica em mecânica (motores). Com menor pressão não há necessidade de manter os motores em alto giro. A figura 73 mostra que o consumo é fixo, mesmo, com a variação da demanda, representada pela variação da pressão.

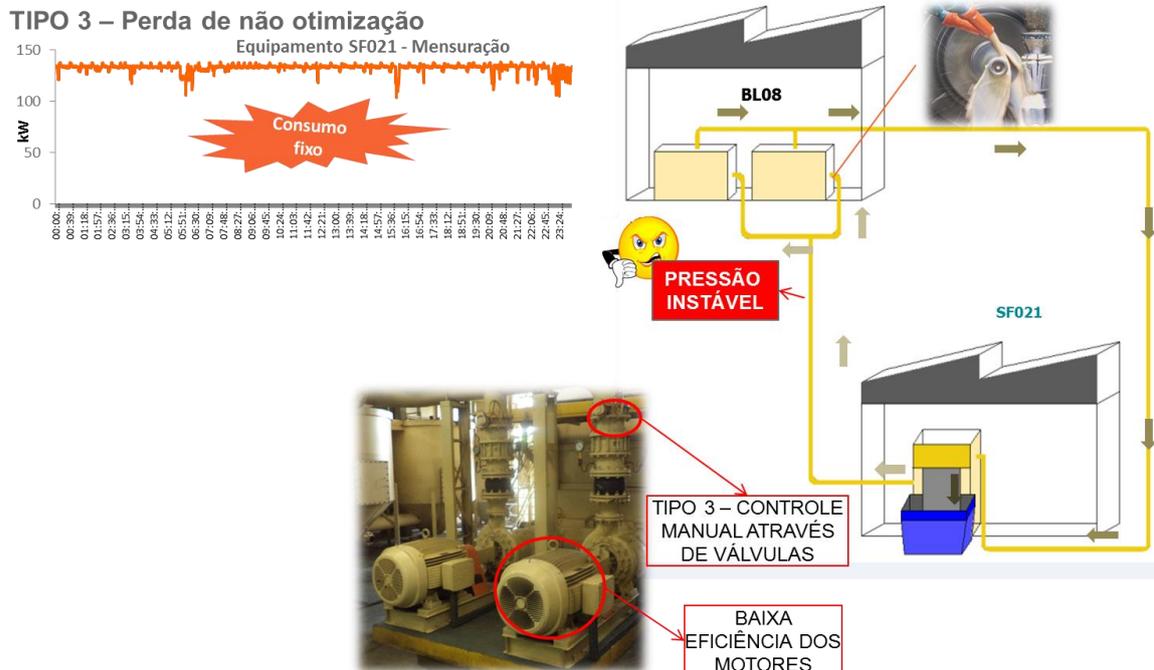


Figura 73 – Esquema que representa a perda do tipo 3 devido à instabilidade de pressão.

A ideia foi eliminar o controle manual das válvulas, instalando inversores que fazem a correção de giro do motor em função com a pressão exigida.

Outra atividade buscou efetuar um planejamento das atividades de restabelecer as condições básicas, com particular atenção aos motores elétricos, onde foram restabelecidos o re-bobinamento, troca de sensores quebradas ou fora de uso. Foram evidenciadas como elementos críticos, eixos desgastados e contadores danificados. Em todos estes componentes foram restabelecidas as condições de base.

O próximo passo foi regular a pressão de trabalho, através da instalação de inversores. Este aparelho permite ajustar o giro dos motores pelo consumo solicitado pela demanda. Se a produção cai, o giro dos motores também diminui. A Figura abaixo mostra o esquema de funcionamento de um inversor controlando a pressão de trabalho do circuito, figura 74.

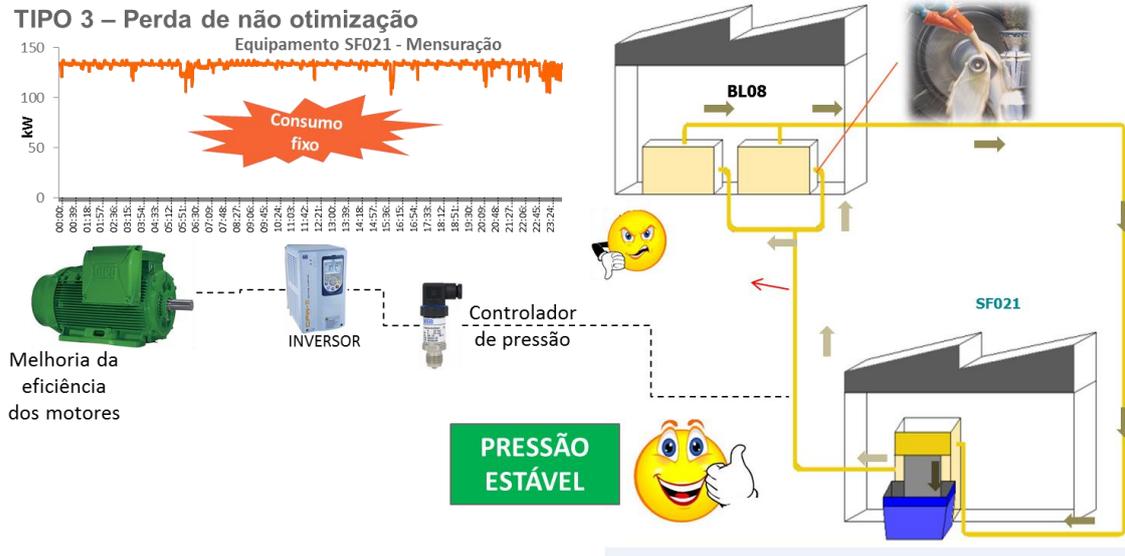


Figura 74 – Esquema que representa a instalação de inversores.

Todas as ações com possibilidade de expansão para os equipamentos similares foram feitas imediatamente, e os ganhos são bastante satisfatórios, conforme a Figura 75.

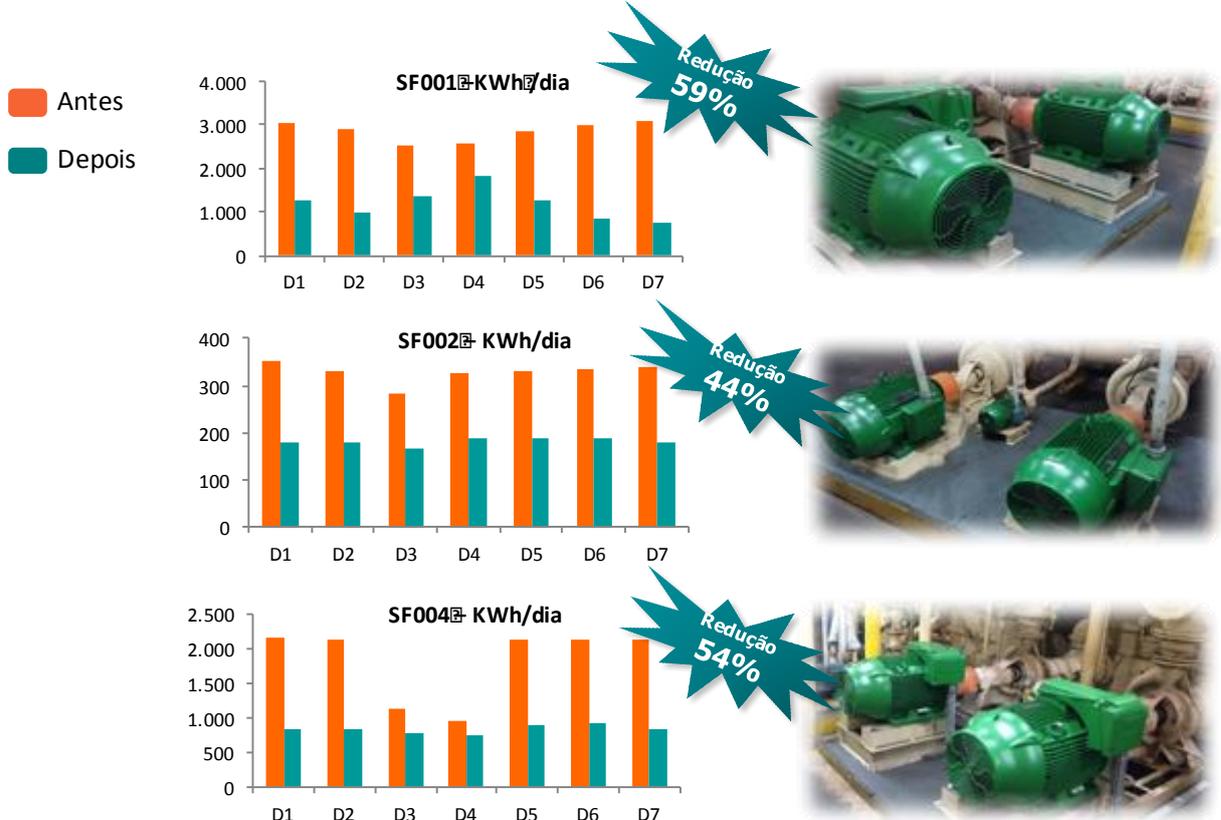


Figura 75 – Consumo antes e depois das melhorias nos motores.

O consumo, antes de 1,58 kwh por compressor produzido, com as melhorias cai para 1,36 kwh, o que representa uma redução de 10%, conforme o gráfico da figura 76.

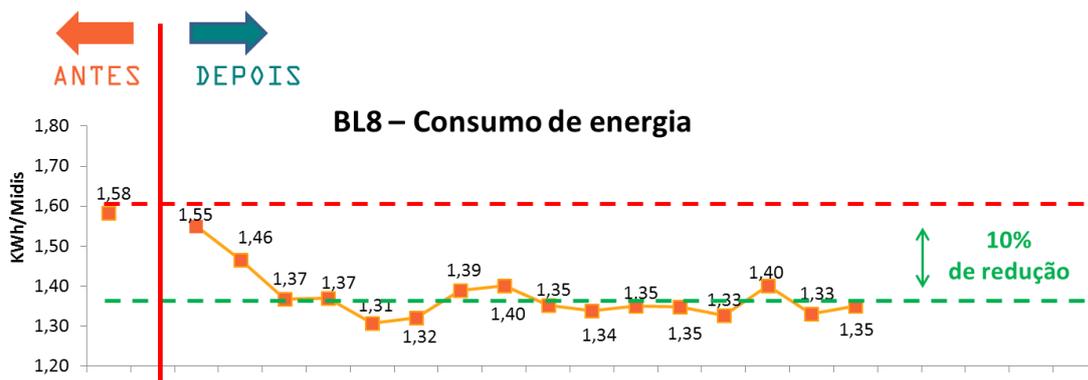


Figura 76 – Redução do consumo de energia após as melhorias na perda tipo 3.

Os gráficos da figura 77 mostram a expansão das melhorias para os outros equipamentos e a melhoria de 53% na transformação dos custos fixo para os custos variáveis, de 490 para 230 kW. O Ganho na área modelo foi de R\$ 349 mil ao ano referente a redução da perda tipo 3.

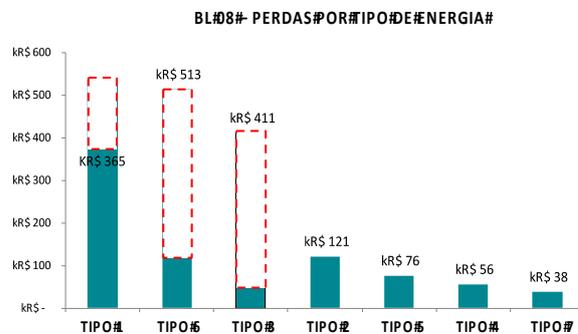
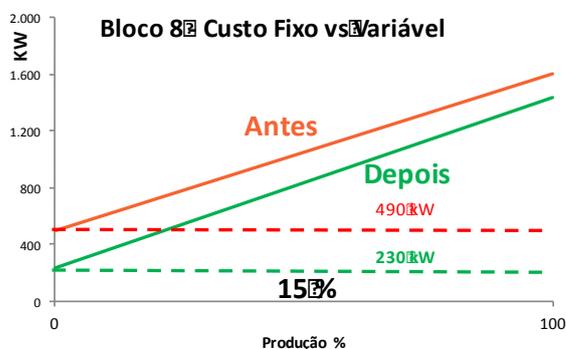


Figura 77 – Redução do consumo de energia por equipamento após as melhorias tipo 3.

Perda do tipo 2.2 – Consumo excessivo (acima do especificado)

Os equipamentos são utilizados pelos operadores de forma incorreta, provocando o consumo variável e excessivo em intervalos de tempo sem produção, figura 78. O operador executava o ciclo operacional de forma incorreta com vários ajustes e retrabalhos.

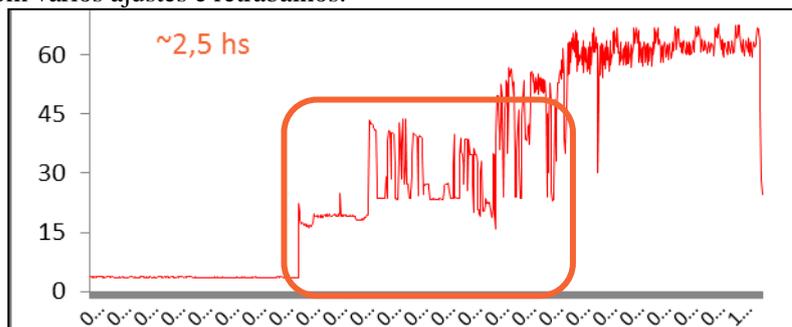


Figura 78 – Consumo de energia devido perda tipo 2.2, consumo excessivo.

Como ação, foi revisado o procedimento e treinamento os operadores responsáveis.

Com o novo ciclo operacional e treinamentos, a perda por excesso de consumo foi eliminada. O ganho foi de R\$ 45 mil ao ano. O gráfico da figura 79, mostra como ficou o consumo de energia após o treinamento e a conscientização dos operadores.

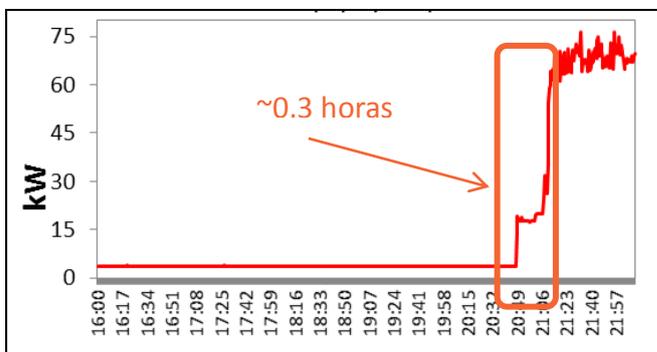


Figura 79 – Consumo final de energia no bloco 8, em kwh/compressor.

Perda do tipo 4 – Não uso de energia recuperável.

Uma boa aplicação do tipo de perda 4, não uso de energia recuperável, se deu na área da caldeira. Em que, o calor gerado pelos transformadores é utilizado para aquecer a água que entra na caldeira. A água entrando a 90°C na caldeira, provoca uma redução do Gás natural utilizado como insumo para aquecer a caldeira, figura 80.

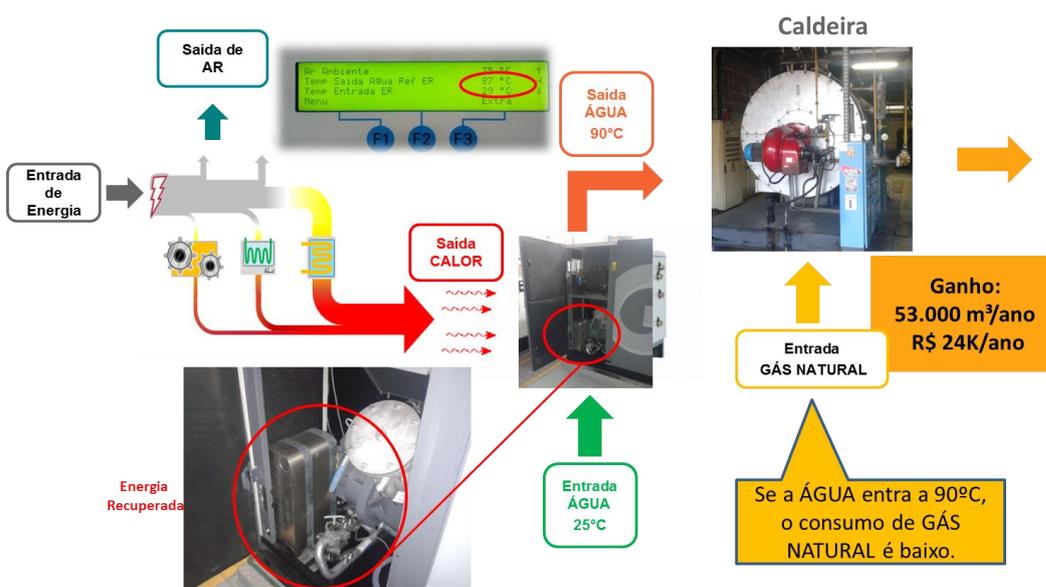


Figura 80 – Esquema de redução da perda tipo 4, através da recuperação do calor.

O ganho com as ações da perda tipo 4 foi de R\$ 32 mil reais, conforme o gráfico da figura 81.

BL 08 – PERDAS POR TIPO DE ENERGIA

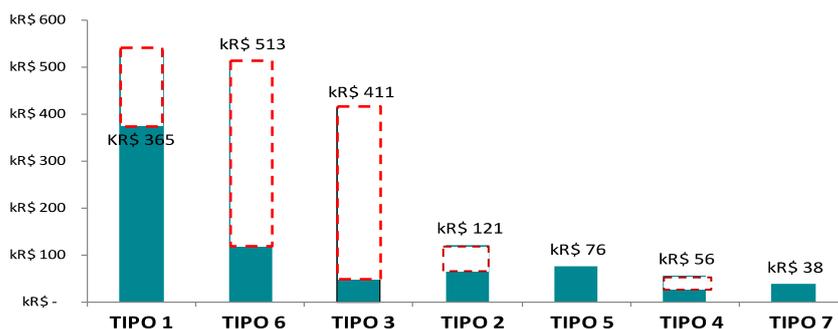


Figura 81 – Desdobramento das perdas e ganho atingido.

O projeto não contemplou melhorias para as perdas tipo 5 e 7, por se tratarem de perdas que exigem tecnologias, investimentos e tempo considerável de implementação.

Os ganhos totais aqui demonstrados, (perdas tipos 1,6,3,2 e 4) foram de 3.216.666 kwh/ano e R\$ 965 mil ao ano.

Passo 6 - Padronização

O objetivo deste passo é padronizar todas as melhorias implementadas para que os resultados sejam mantidos ao longo do tempo. É muito comum nos projetos de melhorias implementadas sofrer retrocesso devido ao descuido nas atividades que garantam que a manutenção daquele estado alcançado.

As atividades aqui executadas são para padronizar todas as documentações relacionadas às melhorias para que os resultados sejam continuados.

Foram criados manuais e livro sobre todo o desenvolvimento deste projeto, bem como, um guia de implementação para novos projetos, conforme se pode ver na Figura 82.

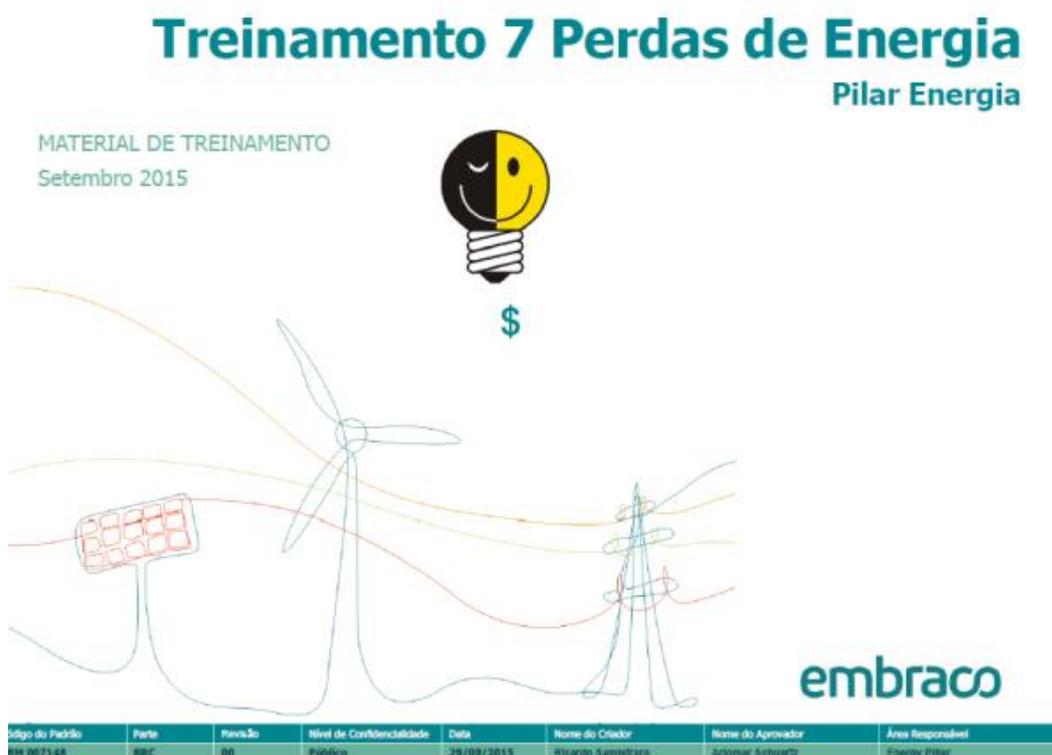


Figura 82 – Exemplo do livro criado como lições aprendidas.

O documento MP Info (Informação da Manutenção Planejada) é utilizado para registrar as melhorias e treinar os envolvidos nos processos, como mostra a figura 83. Este documento é compartilhado com todas as plantas da organização no mundo. Um sistema de registro eletrônico, via web, garante o acesso fácil aos documentos.

embraco	Maintenance Prevention Information (MPINFO)						TIPOLOGIA		CENTRO
	LINHA	OPERAÇÃO	NÚMERO EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	SISTEMA	SUB-SISTEMA	COMPONENTE	ELC - Energia	EM10
MÁQUINA		LIBRACIA	306	Central de Fritagem de Óleo - SF001	Monteamento	Bomba	Motor e Drive		
Impacto (Palavra-chave)	CONFIABILIDADE (CON)	X	MANUTENÇÃO (MAN)	X	FASE CRIAÇÃO	PLANEJAMENTO EQUIPAMENTO	INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO		
	QUALIDADE (QUM)		CUSTO (COT)	X		CONCEPÇÃO DO EQUIPAMENTO	TRIVOUT DO EQUIPAMENTO		
	OPERAÇÃO (OPM)		ACIDENTE (AMM)	X		PROJETO DO EQUIPAMENTO	MANEJO DO EQUIPAMENTO		
	SEGURANÇA (SIG)		ENERGIA (ENM)	X		CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO	FEEDBACK OPERACIONAL		X
PROBLEMA					SOLUÇÃO				
Alto consumo de energia elétrica devido ao controle de pressão manual por estrangulamento de válvulas.					Válvulas 100% abertas e controle automático de pressão por inversor de frequência e motor de alto rendimento, com redução do consumo de energia.				
<p>Diagrama 'ANTES' mostra o sistema de controle manual com válvulas parcialmente abertas, resultando em alto consumo de energia. Um gráfico mostra um sinal de pressão instável e um gráfico de consumo de energia com picos elevados.</p>					<p>Diagrama 'DEPOIS' mostra o sistema automatizado com válvulas 100% abertas e controle automático de pressão por inversor de frequência, resultando em menor consumo de energia. Um gráfico mostra um sinal de pressão estável e um gráfico de consumo de energia com picos reduzidos.</p>				
<p>Descreva na mesma ordem a principal parte da melhoria, se possível qualificar (valor, nome, porcentagem, frequência etc...)</p> <p>Menor consumo de energia devido a instalação de inversores de frequência em bombas com sistemas de pressão variável.</p>									
Período	Indicadores		Observações	Período	Indicadores		Observações		
	Consumo KW/ano	Custo Energético (R\$ano)			Consumo KW/ano	Custo Energético (R\$ano)			
2014	813,884,00	R\$ 244.187,40	Este valor é referente a central SF001.	2015	333.881,78	R\$ 100.104,83	Este valor é referente a central SF001.		
POSSIBILIDADE DE PADRONIZAÇÃO							SI	N/D	
							X		

Cód. do Padrão: TST XXXXXX | Parte: BRC | Revisão: 00 | Nível de Confidencialidade: Pública | Data: 07/10/2015 | Nome do Criador: Ricardo Samistraro | Nome do Aprovador: Remes Reack | Área Responsável: Manutenção

Figura 83 – Exemplo de documento informação da manutenção.

Passo 7 - Expansão horizontal

Uma vez desenvolvido o projeto na área modelo, isto é, a área que representava as maiores perdas de energia elétrica, o passo 7 tem como finalidade expandir as melhorias implementadas nesta área para áreas similares na empresa. Consiste numa forma barata e de resultados rápidos pois todo o esforço do time dedicado no projeto para o estudo e compressão das perdas são agora aplicados para as áreas que tem os mesmos tipos de perdas.

Na figura 84, temos a demonstração da expansão das melhorias nas perdas tipo 3 e 6 para a área de refrigeração.

Tipo 6 e 3 – Torres de refrigeração

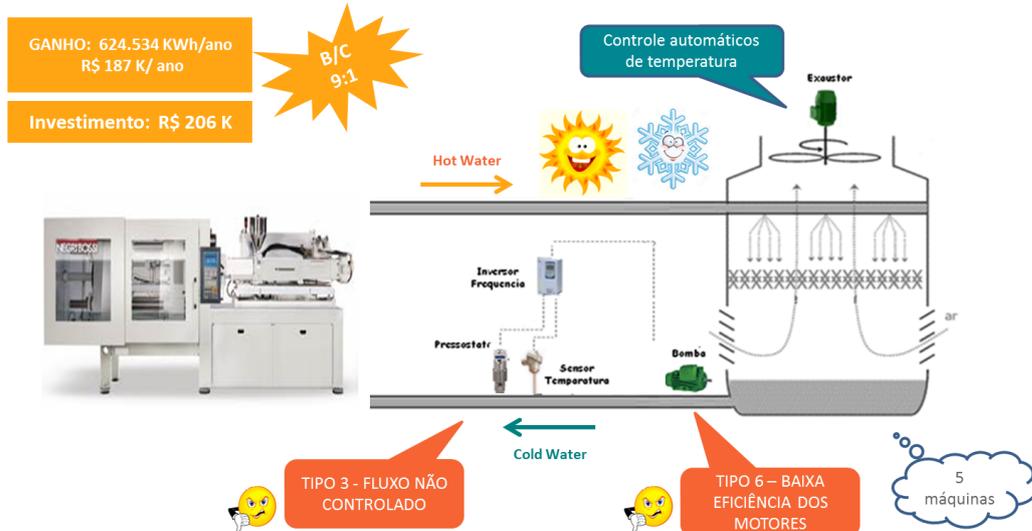


Figura 84 – Expansão das melhorias das perdas tipo 6 e 3 para a torre de resfriamento.

Outra melhoria implementada na área piloto e expandida para outras áreas são as instalações de válvulas de fluxo e inversores para reduzir o giro dos motores quando a demanda diminui. A redução do consumo de energia nesta área foi de 41%. Uma expressiva redução 187 kW/ano e com ganhos da ordem de R\$ 624 mil/ano. O custo de investimento foi de R\$ 207 mil, conforme figura 85.

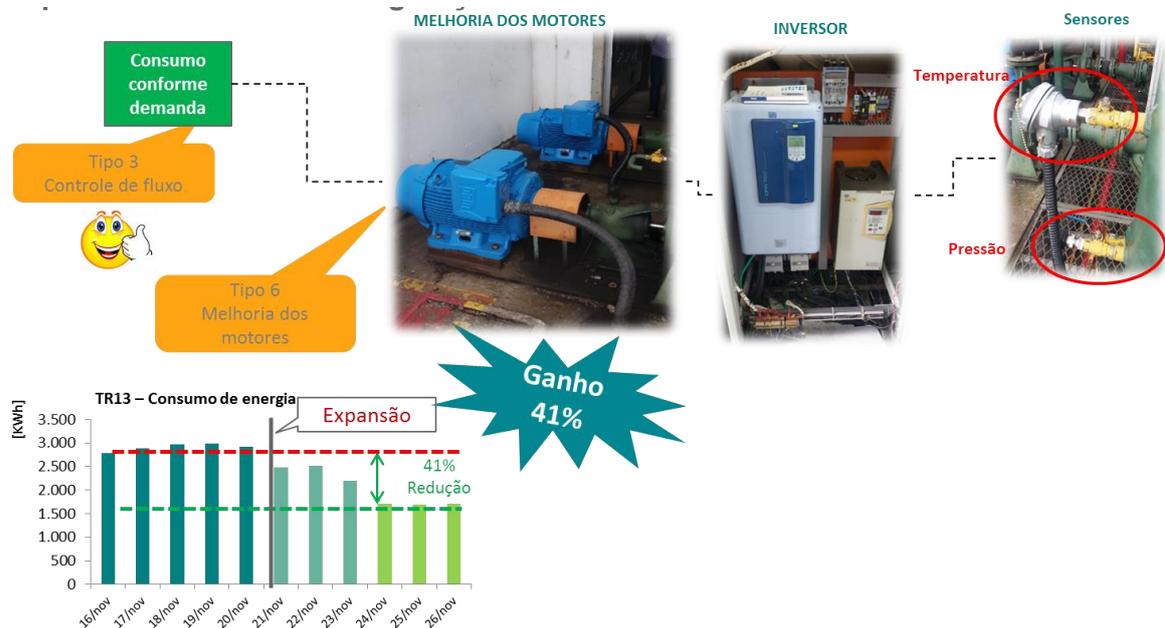


Figura 85 – Expansão das melhorias das perdas tipo 6 e 3 para o bloco 15.

Outra oportuna melhoria que foi expandida aos processos similares são as iniciativas de combate à perda do tipo 6: transformação (iluminação). Com a substituição das lâmpadas comuns por LED para outros setores, o ganho obtido é de R\$ 321 mil ao ano, a uma economia de mais de 1 milhão de KW/ano. A figura 86 mostra a implementação das melhorias em outros processos.

TIPO 6 - ILUMINAÇÃO

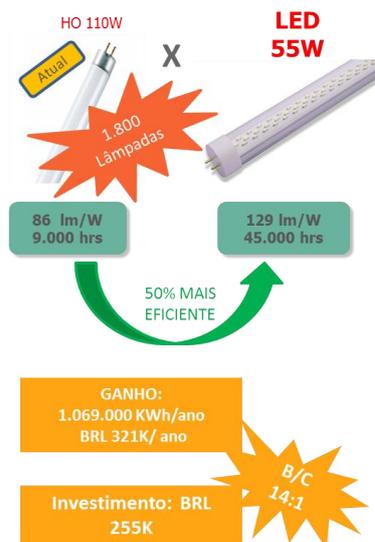


Figura 86 – Expansão das melhorias das perdas tipo 6 para toda a planta.

Todas as melhorias aqui expressas, bem como, outras não mencionadas serão expandidas para toda a fábrica, em processos similares aos estudados neste projeto. O total de ganhos com as expansões foi de 5 milhões de kwh/ano e R\$ 1,5 milhões no ano

4.3. Discussão final dos resultados

O gráfico da figura 87 demonstra a redução das perdas ao longo da execução do projeto.. As perdas tipo 1 (consumo desnecessário), tipo 6 (transformação) e tipo 3 (não otimização) representam 83% das perdas identificadas. Isso não caracteriza surpresa alguma, pois, normalmente são as mais significativas dentro das. Indústrias. Por ter maior valor financeiro, também, foram responsáveis pelos maiores ganhos.

A perda tipo 2 (consumo excessivo) decorrente de erros operacionais ao definir parâmetros de trabalho dos equipamentos acima do especificado, e conseqüentemente, maior consumo, não são comuns ocorrerem. A perda tipo 5 (distribuição) muito relacionada à vazamentos na rede, por ser de fácil percepção é tratada rotineiramente pela manutenção industrial. A perda 4 (energia não recuperada), trata-se de energia residual, normalmente, perda de baixo valor e impacto para a empresa.

Já a perda tipo 7 (uso energia alternativa), que responde mais ao apelo ambiental do que as demais, por trabalhar na fonte de origem da energia. A meta é substituir as fontes de grande impacto ambiental, como, hidrelétricas, por fontes renováveis e de baixo impacto, como a solar, eólica, etc. No presente projeto, elas não foram tratadas com a importância devida. Isto se deve, a combinação de 2 fatores: a maturidade da metodologia ao quantificar as perdas tipo 7 e aos custos de implementação de projetos ligados a este tipo de perda. O cálculo para o valor da perda tipo 7, consiste em encontrar soluções inovadoras às que tradicionalmente são utilizadas. Exemplos: usar energia solar e eólica à hidroelétrica. Então, temos o consumo utilizado energia das hidrelétricas e comparamos com o uso da energia solar. A diferença classificamos como perda, que é a economia. O problema está nos custos que quase sempre inviabilizam o negócio. Em resumo, as soluções que temos estão à longo prazo e seus custos são altíssimos. Não há muitas soluções a médio prazo, ainda que seus custos são altos. Exemplo, uso de lentes convergentes para iluminar o interior dos galpões (iluminação natural) em substituição a iluminação elétrica requer cifras consideradas de investimento para a aquisição e mudança das instalações. As empresas pouco se dispõem investir quando o retorno financeiro é acima de 1 ano. Contudo, as perdas tipo 7, embora não explorado à contento aqui no projeto, terá futuramente forte potencial de atuação à medida que os governos obrigarem as empresas adotar ações de redução e substituição dos atuais vetores energéticos.

BL 08 – PERDAS POR TIPO DE ENERGIA

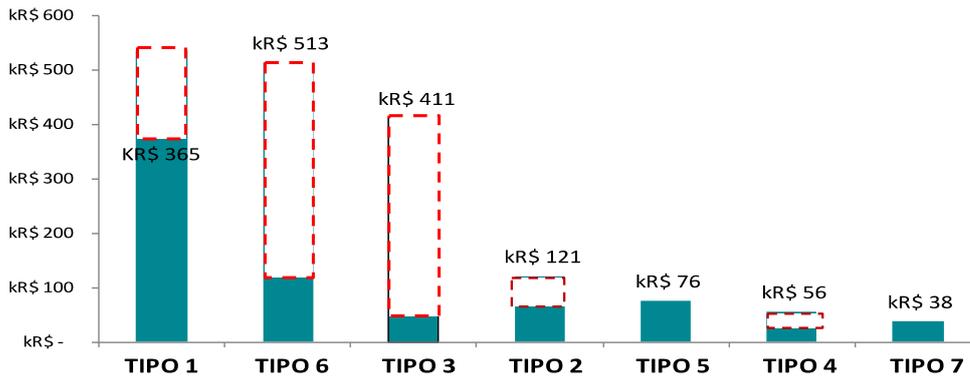


Figura 87 – Os 7 tipos de perdas de energia, após as contramedidas.

Quanto aos resultados dos indicadores, não há dúvida da eficácia desta metodologia. Antes do projeto, se gastava 1,6 kwh por compressor produzido. Após o projeto, são necessários apenas 1,38 kwh por compressor produzido. Isso representa uma redução de 14,3% do consumo de energia, a uma economia anual de 3.216.660 kwh/ano e o ganho de R\$ 965 mil reais/ano, somente na área (bloco 8). Com as expansões, o projeto atingiu o ganho total de R\$ 2,465 milhões no ano e a redução de 8.216 660 kwh/ano. O gráfico da figura 88, mostra o ganho em kwh por compressor produzido, em torno de 14,3% de redução.

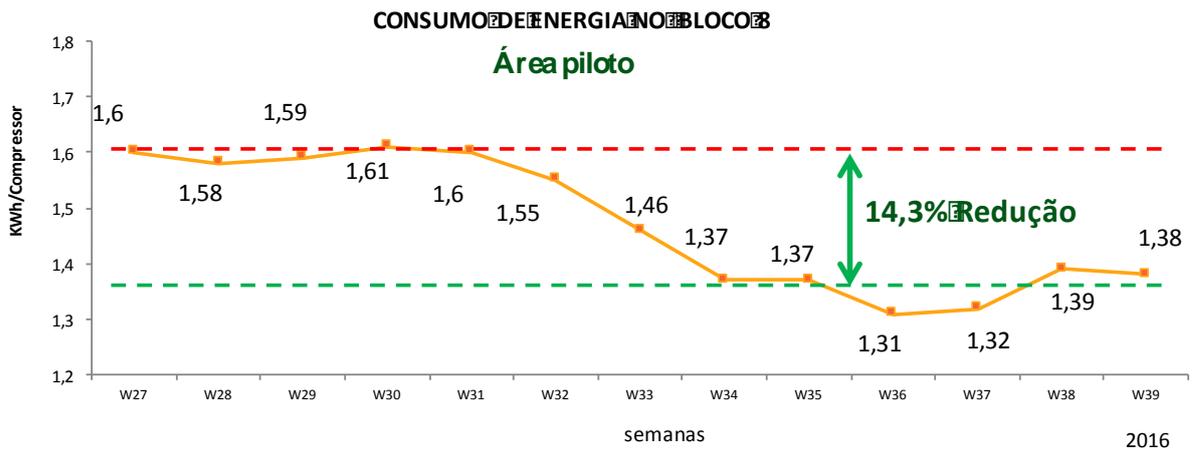


Figura 88 – Consumo final de energia no bloco 8, em kwh/compressor.

O ganho total alcançado foi de R\$ 957 mil ao ano, representando uma redução de 5% do custo de transformação. O gráfico da figura 89 mostra que dos R\$ 21 milhões referente ao perímetro estudado, sendo que destes, R\$ 11 milhões são perdas, o projeto conseguiu eliminar 8,6% (R\$ 0,957 mil).

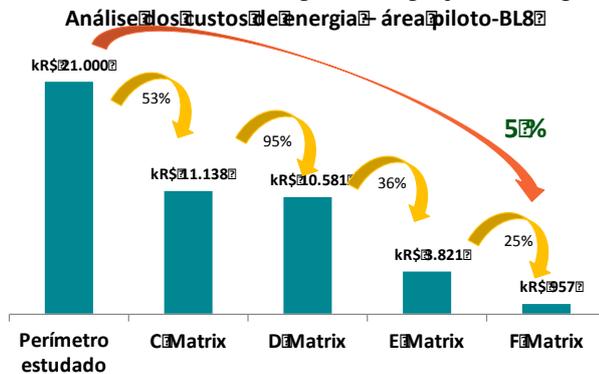


Figura 89 – Desdobramento das perdas e os ganhos atingidos.

A metodologia proporcionou à empresa conseguir bons resultados, além do apelo financeiro por melhores custos de produção, mas, também pelo apelo ambiental em se usar menos recursos naturais. A redução de 8.216 660 kwh/ano, equivale ao impacto ambiental no consumo de 4361 residências ao ano, considerando 157 kwh/mês o padrão de consumo médio das residências brasileiras. A carga ambiental representa mais de 13.000 consumidores a menos para o meio ambiente. Estes números bastante expressivos são as evidências incontestáveis da força da metodologia dos 7 passos da energia, ainda que desconhecida por muitas empresas, representa aquilo que a de melhor para a gestão dos custos energéticos nas grandes empresas do mundo. É o caminho de promoção ao desenvolvimento da empresa com respeito à sustentabilidade ambiental e social, através de uma correta e eficiente gestão dos recursos energéticos.

5 CONCLUSÃO

A grande contribuição do projeto de dissertação proposto foi criar um modelo metodológico de gestão lógico, específico e sistematizado capaz analisar e reduzir com rigor exaustivo as perdas decorrentes do consumo de energia nas empresas. Lógico, pois busca priorizar as perdas mais relevantes à empresa dentro de uma estrutura metodológica que segue o percurso dos 7 passos de implementação. Cada passo, um conjunto de atividades e ferramentas interligadas ao melhor entendimento e tratativa às perdas, consoante a priorização financeira e ambiental.

Específico, porque as perdas são entendidas e classificadas dentro de 7 tipologias diferentes de perda de energia, cada qual com sintomas, causas e contramedidas diferentes. Sistematizado, pois constitui um modelo de gestão implacável e intolerante às perdas identificadas, construído pelo envolvimento de todos da organização. O processo do melhoramento contínuo se dá como uma espiral, em que, cada ciclo de atuação desafia outro grande ciclo de trabalho, rumo às melhores eficiências energéticas. O consumo de energia deixa de ser uma questão departamental da área de meio ambiente e passa também à responsabilidade de todos na manufatura.

O ponto central da metodologia está na estratificação da energia em 7 tipos diferentes de perdas. Isto, torna o processo de mensuração e atuação focado e, portanto, mais rápido para efetivar as melhorias. As perdas são tratadas de forma exclusivas e as contramedidas, individualizadas. Ao contrário de enfrentar um grande problema, tem se pequenos problemas sendo atacados individualmente. Isto contribui na obtenção de bons resultados e na otimização dos times de trabalho.

Como um modelo de gestão para questões ambientais, permite alcançar a eficiência energética por meio de melhoramento contínuo, atrelado aos benefícios que a empresa pode ter em termos econômicos e ambientais. Não se combate as perdas, sem antes avaliar o retorno financeiro para a organização, salvo, quando justificado pelo viés ambiental, como são os casos de atendimento à legislação; redução dos aspectos e impactos ambientais; e a proteção à imagem do negócio. Naturalmente, o que motiva as empresas é o aumento do capital investido, e esta metodologia é uma excelente ferramenta de redução dos custos, aumento das receitas e, por consequência, gera enormes ganhos ao meio ambiente e à sociedade em geral.

O “método dos 7 passos de energia, propõe exatamente isto. Inova os sistemas de gestão, investigação, e tratativa dos problemas, introduzindo uma forte ligação entre os resultados dos melhoramentos contínuos aos impactos em termos de redução dos custos energéticos e aos saudáveis ganhos ao meio ambiente.

Os objetivos propostos foram alcançados e em grande relevância para a empresa, tanto pela abordagem financeira como ambiental, conforme descritos abaixo:

- A redução do consumo de energia foi de 3.216.660 kwh/ano, equivalente a 26% de ganho.
- O custo energético por compressor caiu de 1,6 para 1,36 kwh/compressor produzido, equivalente a 14,3% de ganho.
- Pelos valores obtidos no projeto e em conformidade às expectativas da empresa, não há dúvida de que a metodologia conduz a bons resultados.
- A redução do impacto e carga ambiental equivalem a economia do consumo de 4.361 residências ou uma cidade de 7.500 habitantes.
- Naturalmente, o projeto fomenta o desenvolvimento da empresa com respeito à sustentabilidade ambiental e social através de uma correta e eficiente gestão dos recursos energéticos.

Como recomendação futura, o projeto terá o desafio de viabilizar ações para a perda do tipo 7, relacionadas às fontes de energia renováveis. Este projeto não contemplou melhorias para este tipo de perda, por exigir tecnologia acessíveis, investimentos e tempo considerável de implementação.

Também, é sugerido correlacionar os 7 tipos de perdas de energia com o método de análise de riscos dos impactos ambientais do pilar meio ambiente (WCM). E, por fim, um estudo mais aprofundado da Contabilidade ambiental, isto é, como mapear e valorizar as perdas intangíveis de alto valor associado ao meio ambiente e a sociedade. O modelo de gestão apresentado aqui se trata apenas das perdas tangíveis e mensuráveis financeiramente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL, “**Resoluções e Constituição Federal de 1988**”, Leis e Decretos Federais.
- DEMING, W. E. “**Qualidade: a revolução da administração**”. São Paulo: Marques Saraiva, 1990.
- FAYOL, H. “**Administração industrial e geral**”. 9 ed. São Paulo: Atlas, 1981.
- FERNANDES, J. P. O. “**Proposta de metodologia para gestão de produção, visando redução de consumo de energia elétrica em unidade fabril do setor de bens de consumo**”. Guaratinguetá: Campus de Guaratinguetá, UNESP, 2015.
- HAJIME, Y. Artigo “**Introdução ao WCM – World Class Manufacturing**”. Kyoto University, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, 2012.
- HAJIME, Y. Artigo “**Environment pillar**”. Kyoto University, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, 2012.
- HAJIME, Y. Artigo “**Technical pillars**”. Kyoto University, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, 2012.
- HAJIME, Y. Artigo “**Management pillars**”. Kyoto University, Royal Swedish Academy of Engineering Sciences, 2012.
- MENDES, J. E. A. “**Eficiência energética aplicada na indústria de bebidas em sistemas de refrigeração e ar comprimido - estudo de casos**”. 141f. Guaratinguetá: Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2014.
- OHNO, T. “**O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**”, Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PEREIRA, M. J. “**Energia: eficiência e alternativas**”. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.
- PORTER, M. E. “**Vantagem Competitiva**”, Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- SCHONBERGER, R. “**World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied**”. Michigan: Ed. Free Press, universidade de Michigan, 1986.
- SOLA, A. V. H.; XAVIER, A. A. P.; KOVALESKI, J. L. “**Eficiência energética via interação universidade-empresa**”. Porto Alegre: ABEPRO, 2005.
- TASSINI, J. O. “**Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial: estudo de caso**”. Guaratinguetá: campus de Guaratinguetá, universidade Estadual Paulista, 2012.
- TAYLOR, F. W. “**Princípio de administração científica**”. 8 ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- TCE. “**Ciclo PDCA**”. Disponível em: <<http://www1.tce.pr.gov.br/conteudo/ciclo-pdca/235505/area/46>>. Acesso em: 13 out. 2015.
- WOMACK, J. P. “**A máquina que mudou o mundo**”. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WOMACK, J. P. “**A mentalidade enxuta nas empresas**”. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.