

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

ALEXANDRE TELES DE CASTRO

**GESTÃO ENERGÉTICA NOS SETORES TRANSVERSAIS
PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA
EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA**

Guaratinguetá - SP
2015

ALEXANDRE TELES DE CASTRO

**GESTÃO ENERGÉTICA NOS SETORES TRANSVERSAIS
PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA
EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri
Co-orientador: Prof. Dr. Guilherme E. F. Fernandes Filho

Guaratinguetá - SP
2015

C355g

Castro, Alexandre Teles de

Gestão energética nos setores transversais para redução do consumo de energia em uma empresa automobilística / Alexandre Teles de Castro – Guaratinguetá, 2016.

82 f. : il.

Bibliografia: f. 80-82

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Perrella Balestieri

Coorientador: Prof. Dr. Guilherme E. F. Fernandes Filho

1. Energia elétrica – Racionamento 2. Energia elétrica - Conservação
3 Indústria automobilística I. Título

CDU 620.9(043)

DADOS CURRICULARES

ALEXANDRE TELES DE CASTRO

NASCIMENTO	14.02.1985 – CAPÃO BONITO/ SP
FILIAÇÃO	Antonio Bandeira de Castro Maria Cândida Teles de Castro
2000/2002	Curso Profissionalizante Eletricista de Manutenção – SENAI “Roberto Gaspar Junior”.
2003/2004	Curso Técnico em Eletrônica, no LICEU Pedro II em Sorocaba - SP.
2006/2010	Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, na Faculdade de Engenharia de Sorocaba - FACENS.
2011/2012	Curso de Pós-Graduação em MBA em Gestão Empresarial, na Universidade Leonardo Da Vinci – UNIASSELVI.
2011- Atual	Engenheiro de Manutenção na área de utilidades, responsável pelo grupo de eficiência energética e instalações de novos projetos de infraestrutura elétrica e automação industrial em uma empresa do ramo automobilístico.
2012- Atual	Professor universitário na Associação Educacional Dom Bosco (AEDB), lecionando as disciplinas de redes industriais, automação industrial e controle de processos, para as turmas dos cursos de tecnologia em automação industrial e engenharia elétrica.

De modo especial, à minha esposa Isabelle, que foi a grande
incentivadora para que eu iniciasse o curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha família e meus amigos,

aos meus orientadores, *Prof. Dr. Guilherme Filippo e Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri*, que me incentivaram. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

aos meus pais *Antonio e Maria*, que sempre incentivaram meus estudos.

à minha esposa *Isabelle*, pela paciência e ajuda nesta caminhada.

Aos professores do curso pela dedicação, principalmente *Prof. Dr. Jorge Muniz*, pela presteza e principalmente pela vontade de ensinar e apoiar o curso.

ao coordenador de manutenção *Arnaldo Del Bianco Junior* pelos ensinamentos, incentivos e trabalhos realizados juntos sobre eficiência energética.

Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco;
à medida que vamos adquirindo conhecimento,
instala-se a dúvida.

Johann Wolfgang von Goethe

CASTRO, A. T. Gestão energética nos setores transversais para redução do consumo de energia em uma empresa automobilística. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

Este trabalho visa analisar a energia elétrica das instalações elétricas, os consumos de energia elétrica, ar comprimido e água gelada, criação de novos indicadores de desempenho energético e uso de ferramentas estatísticas em uma empresa montadora de veículos. Seu principal objetivo é obter novos indicadores de desempenho energético, redução do consumo de energia elétrica em uma pesquisa ação, com a necessidade de encontrar reduções de consumo de energia nas áreas das utilidades, água gelada, água quente, ar comprimido, energia elétrica nas áreas transversais. Dentre os insumos utilizados pelas indústrias, a energia elétrica insere-se como recurso essencial em quase todas as atividades de um sistema produtivo. Dessa forma, são evidenciados os consumos de maior relevância nas áreas de utilidades e nas áreas transversais. O investimento no uso eficiente de energia elétrica traz uma série de benefícios para a empresa, para o país e para seu cliente final. Dentre os aspectos econômicos envolvidos na atividade de racionalização do uso de energia, deve-se destacar a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa. São evidenciados os novos indicadores de desempenho energético nos setores transversais e nas utilidades, mensais. Não houve correlação dos consumos de energia elétrica entre os prédios. As tendências de consumo de ar comprimido e água gelada mostraram uma incompatibilidade, observado nos gráficos de correlação.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de energia em indústrias automobilísticas, ISO 50001, Eficiência energética, indicador de desempenho energético.

CASTRO, A. T. **Energy management in the cross sectors to reduce energy consumption in a car company.** 2015. 81 f. Dissertation (Master of Engineering) - College of Guaratinguetá Campus Engineering, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

This work aims to analyze the demand for electric energy, electric energy consumption, compressed air and chilled water, creating new indicators of energy performance and use of statistical tools in a vehicle assembly company. Its main objective is to obtain new indicators of energy performance, reduced power consumption in an action research, with the need for energy consumption reductions in the areas of utilities, cold water, hot water, compressed air, chilled water, energy electric in cross-cutting areas. Among the inputs used by industries, the electricity is part of an essential feature in almost all activities of a production system. Thus, it is highlighted the most relevant consumption in the areas of utilities and in cross-cutting areas. Investment in energy-efficient brings a number of benefits for the company, for the country and for your end customer. Among the economic aspects involved in rationalizing activity of energy use, it should be noted to enhance the image and the strategic vision of the company. It will be shown the new energy performance indicators in cross-cutting sectors and the utilities, monthly. There was no correlation of electric energy consumption between buildings. The compressed air consumption trends and chilled water showed a mismatch, seen in correlation graphs.

KEYWORDS: Power management in automotive industries, ISO 50001, Energy Efficiency, energy performance indicator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aumento das tarifas para os consumidores em AT e BT por região	16
Figura 2 - Capacidade instalada das montadoras versus produção	17
Figura 3 - Evolução da criação da norma ISO 50001.....	24
Figura 4 - Correspondência entre ABNT NBR ISO 50001:2011 e ABNT NBR ISO 9001:2008	25
Figura 5 - Ranking de maior número de empresas certificadas ISO 50001.....	26
Figura 6 - Sistema de gestão de energia.	28
Figura 7 - Diagrama conceitual do processo de planejamento.....	29
Figura 8 - Etapas do diagnóstico energético.....	30
Figura 9 - Estrutura padrão para condução da pesquisa-ação.....	34
Figura 10 –Estratificação de material bibliográfico pesquisado	36
Figura 11 -Planta industrial da montadora de veículo.....	38
Figura 12 - Distribuição dos insumos nas áreas transversais.....	39
Figura 13 - Perímetro de informações trabalhadas nas áreas transversais e no setor de utilidades.....	42
Figura 14 - Consumo de energia elétrica da planta montadora de veículos na base mensal...	43
Figura 15 - Demanda máxima alcançada nos horários de ponta e fora ponta mensal.....	45
Figura 16 - Tela principal do sistema supervisorio dedicado a energia elétrica.....	46
Figura 17 - Sistemas de supervisão, divididos em 2 sistemas, energia elétrica e outros insumos	45
Figura 18 - Localização dos medidores instalados no Site.....	48
Figura 19 - As 33 semanas e os meses correspondentes... ..	50
Figura 20 – Gráfico de série temporal de consumo de EE na chaparia.....	51
Figura 21 – Gráfico de série temporal de consumo de EE na pintura.....	52
Figura 22 – Gráfico de série temporal de consumo de EE na montagem	52
Figura 23 - Gráfico de série temporal de consumo de EE na utilidades	53
Figura 24 - Média do consumo de EE anual em porcentagem dos setores transversais e utilidades.....	53
Figura 25 – Regressão estatística entre as áreas chaparia e pintura do consumo de EE.....	54
Figura 26 - Regressão estatística entre as áreas chaparia e montagem do consumo de EE....	55
Figura 27 - Regressão estatística entre as áreas montagem e pintura do consumo de EE.....	55

Figura 28 - Fronteiras: limites físicos ou locais e/ou organizacionais definidos pela organização.....	56
Figura 29 – Consumo e uso final em uma central de água gelada.....	57
Figura 30 – Consumo e uso final em uma central de ar comprimido.....	57
Figura 31 – Consumo e uso final na chaparia, pintura e montagem, AC.....	58
Figura 32 – Consumo e uso final na chaparia, pintura e montagem, AG.....	58
Figura 33 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e de AC na chaparia.....	59
Figura 34 – IDE de consumo de AC pela produção de veículos, na chaparia.....	59
Figura 35 – Regressão estatística na chaparia, consumos de AC e EE.....	60
Figura 36 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AC na pintura.....	60
Figura 37 – Gráfico IDE de consumo de AC pela produção de veículos, na pintura.....	61
Figura 38 – Regressão estatística na pintura, consumo de AC com o consumo de EE.....	61
Figura 39 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AC na montagem.....	62
Figura 40 – IDE de consumo de AC pela produção de veículos na montagem.....	62
Figura 41 – Regressão estatística na montagem, consumo de AC com o consumo de EE....	63
Figura 42 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AC no setor de utilidades.....	63
Figura 43 – IDE de consumo de EE pela produção de AC no setor de utilidades.....	64
Figura 44 – Regressão estatística no setor de utilidades, consumo de AC com o consumo de EE	64
Figura 45 – Média do consumo de AC anual em porcentagem das áreas transversais.....	65
Figura 46 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG na chaparia.....	65
Figura 47 – IDE de consumo de AG pela produção de veículo na chaparia.....	66
Figura 48 – Regressão estatística na chaparia, consumo de AG com o consumo de EE.....	66
Figura 49 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG na pintura.....	67
Figura 50 – IDE de consumo de AG pela produção de veículo na pintura.....	67
Figura 51 – Regressão estatística na pintura, consumo de AG com o consumo de EE.....	68
Figura 52 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG na montagem.....	68
Figura 53 – IDE de consumo de AG pela produção de veículo na montagem.....	69
Figura 54 – Regressão estatística na montagem, consumo de AG com o consumo de EE....	69
Figura 55 – Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG no setor de utilidades.....	70
Figura 56 – IDE de consumo de EE pela produção de AG no setor de utilidades lada.....	70
Figura 57 – Regressão estatística na utilidades, consumo de AG com o consumo de EE.....	71
Figura 58 – Média do consumo de AG anual em porcentagem das áreas transversais.....	71

Figura 59 – Série temporal contendo volume de produção, consumo de EE e IDE na chaparia.....	72
Figura 60 – Série temporal contendo volume de produção, consumo de EE e IDE na pintura.....	73
Figura 61 – Série temporal contendo volume de produção, consumo de EE e IDE na montagem.....	73
Figura 62 – Consumo de EE das bombas dos processos da pintura, partida direta.....	77
Figura 63 – Consumo de EE das bombas dos processos da pintura, inversores de frequência.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Informações referente aos contratos de distribuição, compra e venda de energia elétrica contratada.	45
Tabela 2 - Potência do motor das bombas e a porcentagem das válvulas estranguladas respectivamente.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Ar comprimido
ACL	Ambiente de contratação livre
ACR	Ambiente de contratação regulada
AEE	<i>Association of Energy Engineers</i>
AG	Água Gelada
ANFAVEA	Agência Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
ANSI	American National Standards Institute
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CICE	Comissão interna de conservação de energia
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
EE	Energia elétrica
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i>
IDE	Índice de Desempenho Energético
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	Norma Brasileira Registrada
PLD	Preço da Liquidação das Diferenças
PC	Project Committee
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
RTE	Revisão Tarifária Extraordinária
SGE	Sistema de Gestão de Energia
TR	Tonelada de Refrigeração
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.2	Objetivos.....	18
1.3	Justificativas	19
1.4	Motivação	20
1.5	Limitações do estudo	20
1.6	Visão geral dos capítulos	20
2	REVISÃO NORMATIVA.....	22
2.1	Introdução ao sistema de gestão de energia.....	22
2.2	Gestão de energia baseado na ABNT NBR ISO 50001	23
2.2.1	A ISO 50001 no Brasil	26
2.3	Visão geral da ISO 50001	27
2.3.1	Planejamento Energético	28
2.3.1.1	Revisão energética	29
2.3.1.2	Linha de base energética	31
2.3.1.3	Indicadores de desempenho energético	33
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	34
3.1	Estratégia metodológica.....	34
3.1.1	Planejamento.....	34
3.1.1.1	Definição de estrutura conceitual teórica	35
3.1.2	Coleta de dados	36
3.1.3	Implementação de ações.....	36
3.1.4	Avaliar resultados e gerar relatório	37
4	O SETOR DE UTILIDADES E AS ÁREAS TRANVERSAIS	38
4.1	Fornecimento de energia.....	43
4.2	O sistema de monitoração de fluidos e energia	46
4.3	Balanco energético.....	50
4.3.1	Consumo de energia elétrica.....	51
4.3.1.1	Construção de gráficos de correlação e determinação entre os setores transversais e utilidades, consumos de energia elétrica.....	54
4.3.2	Construção de indicadores de desempenho energético (IDE´s)	56
4.3.2.1	Indicador de desempenho energético na CAC.....	58
4.3.2.2	Indicador de desempenho energético na CAG	65

4.3.2.3	Fatores relevantes que impactam no desempenho energético	71
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	74
5.1	Análise dos resultados dos consumos de energia elétrica, ar comprimido e água gelada.....	74
5.1.1	Ganhos na contratação de demanda.....	75
5.1.2	Ganhos na central de ar comprimido	76
5.1.3	Ganhos na instalação de inversores de frequência no controle de vazão	76
6	CONCLUSÃO.....	79

1 INTRODUÇÃO

Os fabricantes automobilísticos enfrentam um ambiente cada vez mais competitivo, eles procuram oportunidades de redução de custos de produção sem afetar negativamente o rendimento ou a qualidade do produto. Preços incertos de energia no mercado afetam negativamente os lucros previsíveis. Esta é uma preocupação, especialmente para as empresas de capital aberto do setor automobilístico. Investimentos em tecnologias, busca de oportunidades para redução do consumo de energia e práticas de eficiência energética têm como objetivo manter a produção de produtos de alta qualidade com custos de produção reduzidos. Tecnologias de eficiência energética muitas vezes incluem benefícios adicionais, como a redução do efeito estufa (GALITSKY, WORRELL, 2008).

1.1 Desafios da indústria automobilística

1.1.1 Situação problema 1: custo elevado da energia elétrica

O custo da energia elétrica aumentou de 60,42% no período compreendido entre março de 2014 à março de 2015, segundo dados de março de 2015 do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015).

Em março de 2015, a energia elétrica ficou, em média, 22,08% mais cara no país, respondendo por mais da metade da inflação oficial no mês, que ficou em 1,32%. Esse aumento leva em conta os reajustes extraordinários concedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) às concessionárias. Esse percentual também inclui a bandeira tarifária que, naquele mês, ficou vermelha.

A bandeira tarifária é um custo extra que o consumidor precisa pagar quando as usinas termelétricas são acionadas para produzir energia. A energia produzida por essas usinas é mais cara do que a produzida pelas usinas hidrelétricas. Como as térmicas estão sendo usadas com frequência, a bandeira tarifária está vermelha, que é a mais cara.

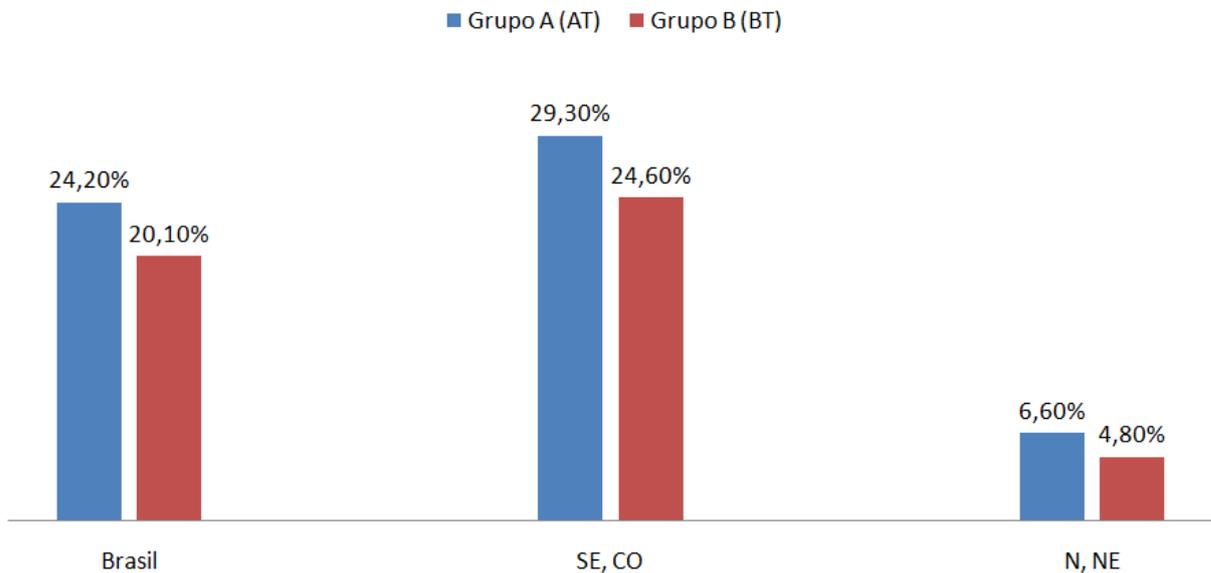
Entre as cidades e regiões metropolitanas analisadas pelo IBGE, as maiores altas na energia elétrica foram registradas em Campo Grande (34,77%) e Curitiba (32,73%). No Recife, houve o menor reajuste: 0,65%. No Rio, a alta foi 23,34% e em São Paulo, 25,63% ANEEL (2015).

A alta da energia elétrica tem não só impacto direto no bolso do consumidor, que paga sua conta de luz, mas também tem efeito indireto no preço de outros produtos, pois aumenta o custo dos produtores e fornecedores de serviços aos consumidores.

Em 2014, os consumidores deveriam pagar um valor equivalente a R\$ 1,7 bilhão com os encargos da conta de desenvolvimento energético (CDE). Esse valor passou para R\$ 22 bilhões em 2015. Os reajustes extraordinários são previstos no contrato de concessão, mas apenas são utilizados quando há um desequilíbrio na tarifa.

O efeito percebido pelos consumidores depende do subgrupo de faturamento (Alta Tensão ou Baixa Tensão), perfil de consumo, modalidade tarifária e classe de consumo ao qual cada consumidor pertence. A Figura 1 apresenta em porcentagem o gráfico dos efeitos médios do aumento das tarifas para consumidores de Alta e Baixa Tensão entre as regiões. Os maiores impactos serão sentidos pelos consumidores alimentados em Alta Tensão. Dentro de cada grupo tarifário haverá diferenças entre os níveis de tensão e classes de consumidores, que serão conhecidos quando da publicação das novas tarifas.

Figura 1. Aumento das tarifas para os consumidores em AT e BT por região.



Fonte: ANEEL (2015)

A revisão tarifária extraordinária (RTE) é aplicada quando uma distribuidora de energia não tem capacidade financeira para suportar despesas extraordinárias, não previstas em suas tarifas, e aguardar seu reembolso a partir do próximo reajuste tarifário anual.

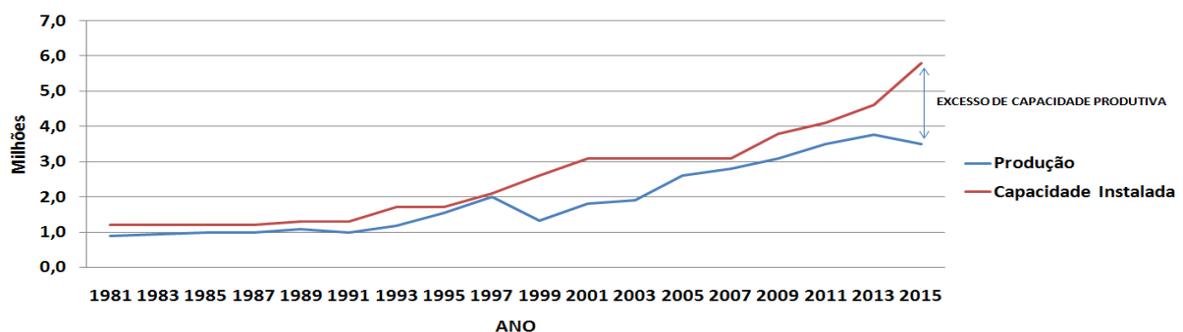
1.1.2 Situação problema2: cenário da indústria automobilística

Segundo o anuário da indústria automobilística 2015, em 2014 as empresas produtoras de veículos automotores fabricaram 3,14 milhões de automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus, o que significa volume menor em 15,3% comparado com o ano anterior (ANUÁRIO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, 2015). A redução no desempenho de produção registrado em 2014 ocorreu por dois fatores principais: queda no mercado interno – afetado pelas oscilações na oferta de crédito – e redução das exportações, principalmente pela crise econômica da Argentina, a maior importadora de nossos produtos, com mais de 70% dos negócios.

Nas vendas ao mercado interno o total de licenciamento foi de 3,49 milhões contra as 3,76 milhões de 2013. No segmento de automóveis o volume de modelos licenciados ficou 9,4% inferior ao registrado em 2013. De janeiro a dezembro de 2014 o mercado doméstico brasileiro adquiriu 2,5 milhões de unidades contra 2,76 milhões de produtos registrados no ano anterior. No segmento de comerciais leves os números foram positivos em 1,6%: no ano passado o mercado licenciou 829,2 mil unidades ante 816,2 mil produtos em 2013 (ANUÁRIO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, 2015).

Profissionais da indústria automotiva se recordam da crise econômica de 1999-2000, quando a utilização da capacidade dos fabricantes de veículos instalados no País caiu para 53%, gerando excesso de 1,5 milhão de unidades. Apesar de não se haver atingido em 2014 uma porcentagem tão baixa, a estimativa é que a capacidade utilizada pelas montadoras foi de apenas 62% no ano passado, levando em conta o potencial de 5,1 milhões contra a produção de 3,146 milhões. Portanto, houve excedente de 2 milhões de veículos, como exposto na Figura 2.

Figura 2. Capacidade instalada das montadoras versus produção



Fonte: Guia automotivo Brasil, 2015.

As vendas de veículos brasileiros ao mercado externo diminuíram 40,9%, muito em função da situação econômica vivida pela Argentina, maior cliente das empresas fabricantes de veículos automotores. Em 2014 as exportações de autoveículos somaram 334,5 mil unidades, ante 566,3 mil registradas no ano anterior. Dentre máquinas agrícolas e rodoviárias as vendas ao Exterior em 2014 somaram 13,7 mil produtos contra 15,6 mil unidades exportadas em 2013. Em valores, as exportações da indústria automobilística somaram US\$ 11,52 bilhões ante US\$ 16,56 bilhões em 2013 (GUIA AUTOMOTIVO BRASIL, 2015).

Quando uma empresa automobilística encontra-se em sua fase inicial, que corresponde à concepção do projeto de fábrica, é grande preocupação com a adoção de critérios sustentáveis por empresas associadas à entidade.

1.2 Objetivos

Este trabalho visa analisar os consumos de energia elétrica, ar comprimido, água gelada e propor melhorias no desempenho energético de uma empresa montadora de veículos. Seu principal objetivo é obter indicadores de desempenho energético com base no planejamento da norma ISO 50001 e redução do consumo de energia elétrica, buscando informações da gestão energética.

Dentre os insumos utilizados pelas indústrias, a energia elétrica insere-se como recurso essencial em quase todas as atividades de um sistema produtivo. Dessa forma, o investimento no uso eficiente de energia elétrica traz uma série de benefícios tanto para a empresa, para o país e para seu cliente final. Dentre os aspectos econômicos envolvidos na atividade de racionalização do uso de energia, deve-se destacar a valorização da imagem e da visão estratégica da empresa.

Como objetivos específicos do presente trabalho são apontados:

- Melhorar o desempenho energético;
- Criar novos indicadores de desempenho energético de energia elétrica, ar comprimido e água gelada;
- Implementar os indicadores de desempenho energético, com base no planejamento da norma ABNT NBR ISO 50001.

1.3 Justificativas

A indústria automobilística brasileira desempenha um papel cada vez mais integrado à demanda da sociedade por sustentabilidade, tornando sua relação com o meio ambiente mais amigável. A parte mais visível desses esforços está em seus próprios produtos. Há o compromisso por parte da indústria de melhora constante do desempenho dos motores e veículos, reduzindo dessa forma as emissões atmosféricas e de ruídos, e atendendo normas legais brasileiras.

O setor automotivo contribui para reduzir o consumo, permitindo que o sistema tenha mais energia elétrica disponível para o País. Em 2008, cada veículo produzido no Brasil utilizou 1.550 kWh de energia elétrica por veículo produzido. Em 2011 o consumo baixou 11%, representando 1.379 kWh de utilização de energia (ANUÁRIO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, 2014). Essa redução foi alcançada com a adoção de medidas de economia de consumo de energia elétrica, que vão desde o desenho de coberturas fabris que permitam a melhor utilização da luz natural até a implantação de painéis de captação de energia solar nas fábricas. O conjunto de medidas se completa com a disseminação do emprego da água de reuso, da reciclagem de efluentes industriais, sanitários e de cozinha, além da coleta e aproveitamento da água da chuva em tarefas como limpeza geral e manutenção da cobertura vegetal das plantas industriais (ANUÁRIO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, 2014).

A dificuldade de geração de energia elétrica causada pela crise hídrica, o aumento do consumo, companhias elétricas endividadas, falta de planejamento e investimento do setor em novas alternativas são alguns fatores para o aumento exponencial no preço da energia. A crise energética é um problema grave para a economia e a qualidade de vida das pessoas, mas é também uma oportunidade de se repensarem velhos hábitos e encontrar soluções para os problemas atuais.

Os aumentos progressivos na conta de energia, sem previsão de estabilidade ou redução de preços, prejudica a todos é um alerta para o setor industrial que pode ter a sua produção comprometida e até mesmo inviabilizada (GALITSKY, WORRELL, 2008). O momento atual exige de todos uma maior reflexão não só em como consumir a energia de forma mais eficiente, mas também nos preocupar em gerar a própria energia, de maneira sustentável, utilizando recursos renováveis e de baixo impacto para o meio ambiente.

Embora existam mudanças tecnológicas em equipamentos de conservação de energia, as mudanças de comportamento e atitude da equipe representar um grande impacto; funcionários

devem ser treinados em ambas as habilidades e abordagem geral da empresa para a eficiência energética em suas práticas do dia-a-dia (SAIDEL, 2005). Outros aspectos a serem prospectados são a análise de viabilidade comercial nas soluções de eficiência energética; a definição de novas estratégias no uso eficiente da energia elétrica; mudanças comportamentais, operacionais e tecnológicas para a redução do consumo de energia elétrica; propositura de indicadores de desempenho energético (IDEs).

1.4 Motivação

Este trabalho teve por motivações obter informações que auxiliem as empresas automotivas a tornarem-se competitivas no mercado automobilístico, a criação de novos indicadores de desempenho energético, a redução do consumo de energia elétrica na fabricação de automóveis e, por consequência, a redução dos custos do produto ao cliente final, a busca de novas estratégias que permitam usar de modo eficiente a energia elétrica e o uso de uma metodologia de gerenciamento de energia com foco no planejamento da norma ABNT NBR ISO 50001.

1.5 Limitações do estudo

Este trabalho foi limitado nos assuntos:

- Análise dos consumos de energia elétrica em kWh, ar comprimido em m³ e água gelada em TR pela aplicação da ISO 50001 com foco no planejamento;
- Apresentação do consumo de energia elétrica da planta montadora de veículos em base mensal;
- Apresentação dos consumos de energia elétrica, ar comprimido e água gelada nos prédios das utilidades, chaparia, pintura, montagem em base semanal;
- Pesquisa de campo com a necessidade de levantar pistas de redução do consumo de energia, destinado esta redução nas áreas de utilidades, água gelada, água quente, ar comprimido, água gelada, energia elétrica.
- O desenvolvimento de indicadores se limita a obtenção de valores, sem a necessidade de comparações com outros sistemas que tenham os mesmos indicadores.

1.6 Visão geral dos capítulos

O capítulo 1 é a introdução, onde são abordados a relevância do assunto, problemática e o que este trabalho contribui para a área acadêmica, no capítulo 2 é explicado a importância

do setor de utilidades para as demais áreas de produção da fábrica, chamado de áreas transversais, também é evidenciado os consumos relevantes nas áreas de utilidades e nas áreas transversais, o capítulo 3 é a revisão normativa, expondo a situação da ISO 50001 no Brasil, visão geral da norma tendo como foco o planejamento e qual a sua contribuição acadêmica ao problema existente, no capítulo 4 apresenta o levantamento de campo dos dados de demanda, consumos de energia elétrica, ar comprimido e água gelada no setor de utilidades e das áreas transversais, criação de novos indicadores com base no planejamento da ISO 50001, o capítulo 5 é a interpretação de alguns gráficos apresentados, ações de eficiência energética para reduzir custos, e ações à serem executadas visando a eficiência energética.

2 REVISÃO NORMATIVA

2.1 Introdução ao sistema de gestão de energia

Segundo Mackane (2010), a finalidade de um padrão de gestão de energia consiste em proporcionar uma estrutura organizacional para instalações industriais para integrar a eficiência energética em suas práticas de gestão, incluindo processos de produção e melhorar a eficiência energética dos sistemas industriais. Um padrão de gerenciamento de energia é necessário para influenciar a forma como a energia é gerenciada em uma instalação industrial, realizando assim a redução da utilização de energia imediata através de mudanças nas práticas operacionais, assim como criar um ambiente favorável para adoção de mais medidas e tecnologias de eficiência energética, requerendo também uma facilidade para desenvolver um plano de gestão de energia. Além disso, as métricas de negócio, tais como indicadores de desempenho energético que se relacionam o consumo de energia para produção de saída, normalmente não são utilizados, tornando-se assim difíceis as melhorias documentais no desempenho energético. As empresas que voluntariamente se adaptaram a um plano de gestão de energia alcançaram grandes melhorias da intensidade energética (MCKANE, 2007).

Para Saidel (2005), a gestão de energia pode ser conceituada como um conjunto de fundamentos, técnicas e ferramentas de ordenamento e conservação de energia, visando seu melhor aproveitamento em bases sustentáveis, viabilizando estratégias de soluções de problemas socioambientais presentes e futuros, minimizando a ocorrência de conflitos e tornando as atividades econômicas sustentáveis, na medida em que, simultaneamente, conservam os ecossistemas envolvidos.

Um sistema de gestão energética (SGE) visa ter conhecimento de todo o fluxo de energia em uma instituição; verificar influências, possíveis pontos a serem melhorados e acima de tudo ter controle sobre o sistema aplicando ações corretivas. De forma simplificada, pode-se ressaltar as principais ações no âmbito da gestão energética como sendo:

- Conhecer os consumos energéticos (quem, como, quando e quanto se consome);
- Ter acompanhamento acerca do histórico dos consumos de energia;
- Dispor de ações para tomar decisões visando à conservação de energia e solução de problemas socioambientais presentes e futuros;
- Controlar os resultados das ações e investimentos realizados.

Diante destas características, verifica-se que a gestão de energia não é uma tarefa fácil, devido às dificuldades em se conseguir dados históricos de consumo de energia elétrica, e transformar estes dados em informações que orientem a tomada de decisões que promovam o uso racional de energia elétrica. Entretanto, os gestores de energia elétrica contam com ferramentas de apoio para desempenharem suas atividades, sendo tais ferramentas reunidas nos chamados sistemas para gerenciamento de energia elétrica.

Em muitos casos, um sistema de gestão de energia é mais eficaz do que um programa de eficiência energética devido à sua atuação ser mais ampla e duradoura. Isto é explicado porque sistemas de gestão de energia são controlados sistematicamente e o acompanhamento é diário; portanto, para qualquer desvio que aconteça no consumo, o sistema de gestão o apontará, e ações imediatas poderão ser tomadas. Este é o grande trunfo de sistemas de gestão de energia, que muitas vezes são mais eficazes do que programas de eficiência energética, pois não é uma ação isolada.

2.2 Gestão de energia baseado na ABNT NBR ISO 50001

A *International Standard Organization* (ISO) identifica a gestão de energia como uma das cinco principais prioridades, com base no enorme potencial para economizar energia, aumentar a rentabilidade e reduzir os gases de efeito estufa. A seleção de indicadores de desempenho energético e objetivos ajuda a moldar o desenvolvimento e implementação de um plano de ação. A eficácia de um plano de ação depende do envolvimento de toda a organização, que precisa estar ciente do uso de energia e objetivos de desempenho. Colaboradores que trabalham em nome da organização precisam de treinamento em ambas as habilidades em seu dia a dia para melhorar o desempenho energético. Os resultados devem ser avaliados periodicamente e comunicados a todo o pessoal, de modo que seja reconhecida a realização das ações de eficiência energética. A intergração sobre a última década de sistemas de controle mais robustos pode desempenhar um importante papel na gestão de energia e na redução do uso de energia (MCKANE, 2010).

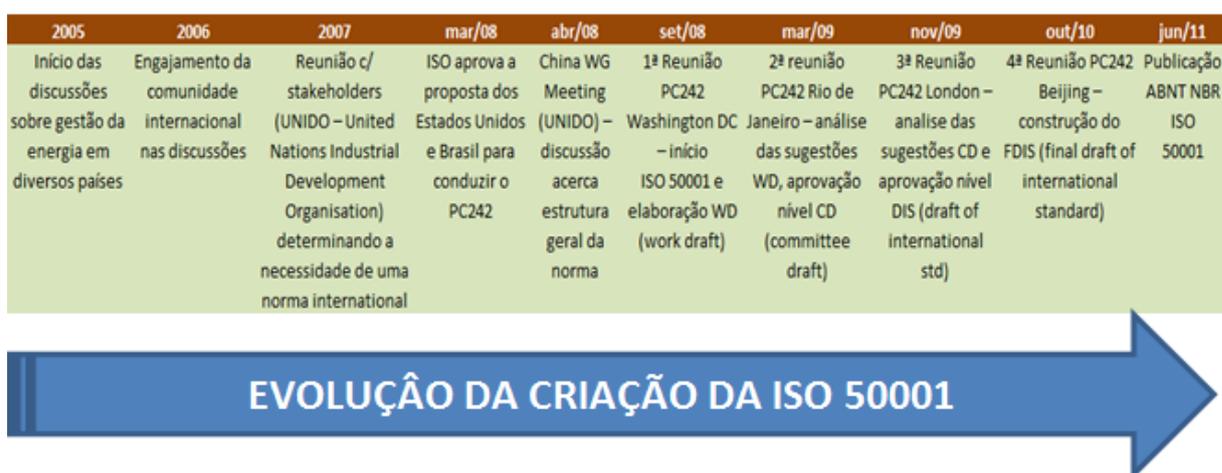
Em fevereiro de 2008, o Conselho de Gestão Técnica da ISO aprovou a criação de um novo Comitê de Projeto (PC 242 - Gestão de Energia) para desenvolver a ISO padrão de gestão para energia (MCKANE, 2010).

Para promover o desenvolvimento do padrão, a UNIDO e o *Standardization Administration of China* (SAC) organizaram uma reunião internacional em Pequim em abril de 2008 para iniciar um diálogo sobre a harmonização das normas nacionais e regionais

na preparação para a primeira reunião da ISO PC 242. A primeira reunião da ISO PC 242 foi realizada em setembro de 2008 com a participação de 25 países de todas as regiões do mundo, bem como representação da UNIDO, que tem o estatuto de ligação. O objetivo da ISO PC 242 foi desenvolver o novo sistema de gestão ISO 50001 em um cronograma acelerado.

Entre a primeira reunião em setembro e a segunda reunião, em março de 2009, no Rio de Janeiro, Brasil, a ISO PC 242 produziu dois rascunhos para revisão especializada e comentário por países membros. Na reunião de março, uma decisão foi tomada para ir para a Comissão Draft (CD), em junho de 2009, após análise de peritos adicional e de entrada. Isso coloca o desenvolvimento da ISO 50001 no caminho certo para publicação no início de 2011 (MCKANE, 2010). A evolução da criação desta norma de gestão de energia é apresentada na Figura 3.

Figura 3. Evolução da criação da norma ISO 50001.



Fonte: Autoria própria

Algumas das principais questões abordadas pela ISO PC 242 são:

- A definição de desempenho energético e da energia, com o termo "energia performance" que abrange a eficiência energética, conservação de energia e aumento do uso de energia renovável, como determinado pela implementação da organização em suas políticas, metas e objetivos;
- O papel da gestão no topo da definição da política e capacitar pessoal para implementação;
- Uma abordagem de planejamento energético que incide sobre o processo de como uma organização implementa e mantém o seu sistema de gestão;

- O papel apropriado da compra eficiente de energia, equipamentos, produtos e serviços em um padrão globalmente relevante;

- O papel das energias renováveis na gestão de energia e do rendimento energético,
- A necessidade de uma equipe especializada de empresas de pequeno e médio porte.

O impacto potencial das normas ISO existentes para as práticas de gestão da qualidade (ISO 9001) e sistemas de gestão ambiental (ISO 14001) conseguiram melhorias de eficiência contínuas ao redor do mundo. Para as organizações que possuem a certificação dos sistemas de gestão, a ISO 9001 e ISO 14001, a implantação de um sistema de gestão de energia inclui muitos elementos semelhantes. A Figura 4 apresenta as semelhanças.

Figura 4. Correspondência entre ABNT NBR ISO 50001:2011 e ABNT NBR ISO 9001:2008

ISO – 50001	ISO - 9001
4.4 Planejamento energético	5.4. Planejamento
4.4.2 Requisitos legais e outros requisitos	7.2.1 Determinação de requisitos relacionados ao produto
4.4.3 Revisão energética	5.4.1 Objetivos da qualidade
4.4.4 Linha de base energética	-----
4.4.5 Indicadores de desempenho energético	-----
4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas, planos de ação para gestão da energia	5.4.1 Objetivos da qualidade
4.5 Implementação e operação	7 Realização do produto
4.5.5 Controle operacional	7.5.1 Controle de produção e prestação de serviço
4.5.6 Projeto	7.3 Projeto e desenvolvimento
4.6 Verificação	8 Medição, análise e melhoria
4.6.1 Monitoração, medição e análise	8.2.3 Monitoramento e medição de processos
4.6.2 Avaliação da conformidade com requisitos legais e outros	7.3.4 Análise crítica de projeto e desenvolvimento

Fonte: MCKANE, 2010

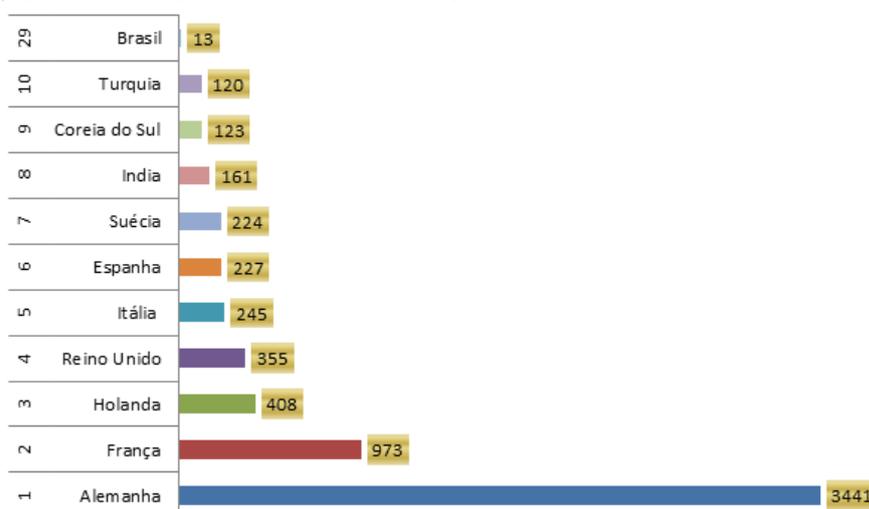
Para essas organizações, a necessidade de ajuda externa pode ser limitada a um período de orientação inicial e *coaching*, especialmente em alguns dos aspectos mais técnicos do gerenciamento de dados e da medição do desempenho energético. Para organizações sem essa experiência, diferentes graus de apoio técnico provavelmente é necessária por vários anos até que o plano de gerenciamento de energia esteja bem estabelecido. O conjunto de habilidades necessárias para prestar a assistência técnica necessária para a energigestão é único, uma vez que combina os dois sistemas de gestão e de energia.

2.2.1 A ISO 50001 no Brasil

No ano de 2011 foi lançada no Brasil a norma ABNT NBR ISO 50001- Sistemas de gestão de energia - Requisitos com orientações para uso. A primeira montadora brasileira a obter a certificação relativa à gestão de energia foi a FIAT em janeiro de 2014, na planta de Betim, Minas Gerais. Atualmente, 99% da energia elétrica empregada em tal empresa vem de fontes renováveis, incluindo os painéis solares fotovoltaicos instalados na fábrica, capazes de gerar 19500 kWh/ano. Desde 1994, para cada veículo produzido a redução do consumo de energia chegou a 57% (AUTOMOTIVE BUSSINESS, 2015).

Segundo Mckane (2010) futuramente a ISO 50001 pode ser utilizada como instrumento político em discussões multilaterais sobre emissões de carbono. A adoção dessas normas pode ser utilizada como base em uma avaliação internacional. Quem estiver na frente, poderá receber privilégios. Além da certificação, o comitê PC 242 também criou metas para os governos trabalharem junto às empresas. Entre elas, a criação de programas de conscientização do uso da energia e o treinamento de consultores para a implementação da norma. A Figura 5 ilustra o *ranking* de empresas certificadas ISO 50001, onde a Alemanha lidera com enorme diferença em relação ao segundo colocado, o Brasil está em 29º lugar.

Figura 5. Ranking de maior número de empresas certificadas ISO 50001



Fonte: MCKANE, 2007

Mckane (2013) menciona dois fatores que podem ajudar a explicar o grande número de certificações da Alemanha:

- Legislação estimuladora - É previsto subsídio parcial de custos para indústrias de uso intensivo de energia e ferrovias, mediante a certificação pela norma europeia de sistema de gestão ambiental e ISO 14001 ou pela ISO 50001 (e pela equivalente europeia - EN 16001);
- O relatório do gerenciamento de sistemas de energia do ministério Alemão aponta que, o conhecimento e implementação de sistemas de gestão baseados no modelo ISO, torna a adoção da ISO 50001 bastante facilitada, pelos elementos comuns.

No Brasil, por outro lado, em meio a 28325 certificações ISO 9001 e 3517 certificações ISO 14001 em 2011, há poucas certificações da ISO 50001 (ABNT, 2011). Apesar do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) adotar a ISO 50001 como referência e de prever ações de estímulo à sua adoção, na prática nenhuma ação foi tomada. Crê-se que a ampliação do uso da ISO 50001 no Brasil passa por se tornar conhecida a referência para planos, programas e critérios de sustentabilidade, ter estímulos para sua adoção (legislação, compras públicas sustentáveis), como visto na Alemanha, ter seu valor percebido pelas organizações - pesquisa global sobre as 3 razões principais do interesse das organizações pela Eficiência Energética mostrou: a mais citada é a redução/controlar de custos (80%), a segunda é a proteção do clima do planeta (35%) e a terceira foi a melhoria da reputação da empresa entre os clientes (28%) (DNV, 2009).

2.3 Visão geral da ISO 50001

O modelo de gestão energética segundo a norma ABNT NBR ISO 50001 baseia-se no modelo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Como pode ser visto na Figura 6, seguir o ciclo PCDA ajuda muito quem já está treinado nas normas ISO 9001 e 14001, seguindo a mesma metodologia. O modelo proposto facilita de modo simples colocar em funcionamento por pessoas nas organizações que tenham facilidade com as normas ISO 9001 e 14001.

Figura 6. Sistema de gestão de energia



Fonte: ABNT-NBR ISO 50001 (2011)

Política energética

Segundo a norma ABNT NBR ISO 50001 pode ser definido como sendo a declaração pela organização das suas intenções e diretrizes globais relacionada com o seu desempenho energético, formalmente expresso pelo topo da gestão.

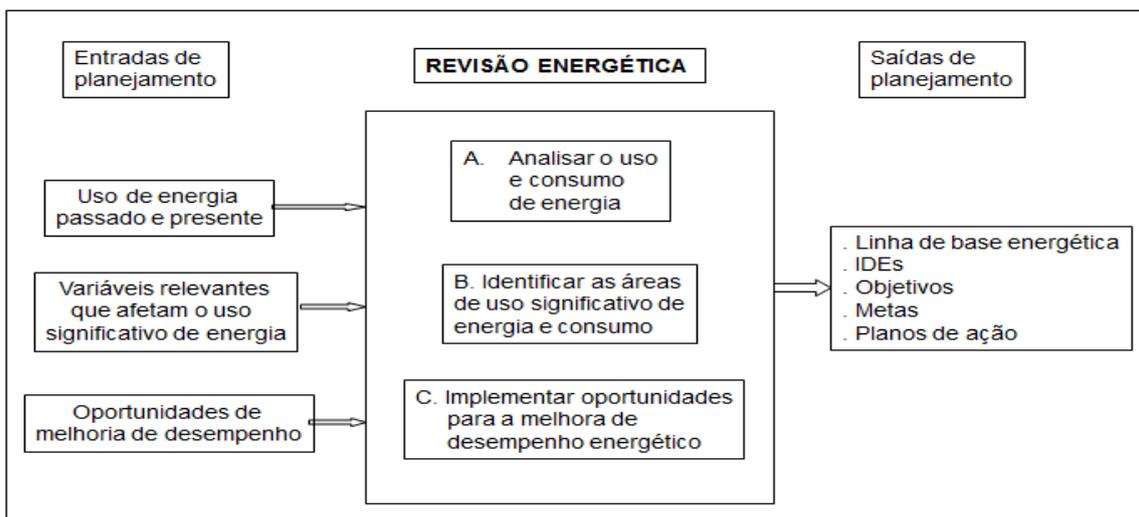
Em todo sistema de gestão seja ele de qualidade, ambiental ou energético, o fator determinante do funcionamento do programa é o apoio da direção. A direção com a equipe do sistema de gestão é quem cria objetivos e metas a serem alcançadas. A política de um sistema de gestão é estruturada e administrada por uma equipe.

2.3.1 Planejamento Energético

Três termos de muita importância para um sistema de gestão energética se tratam de **revisão energética, linha de base energética e indicadores**, importância essa devida ao fato que tais termos são identificados por variáveis técnicas, como por exemplo, volume de produção, máquinas paradas por falta de manutenção, que impactam diretamente a economia de energia gerada e demonstram se o sistema está dentro de limites aceitáveis.

A Figura 7 apresenta o planejamento energético dividido em Entrada de Planejamento, Revisão Energética e Saídas de Planejamento.

Figura 7. Diagrama conceitual do processo de planejamento



Fonte: ABNT-NBR ISO 50001(2011)

2.3.1.1 Revisão energética

Segundo o item 3.5 da norma, revisão energética é a determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações conduzindo a identificação de oportunidades, alguns itens da revisão são:

- Analisar uso e consumo de energia com base em medições e outros dados. Uso e consumo de energia atual e passada.
- Com base na análise, identificar área críticas:
 - Instalações, equipamentos, sistemas, processos e pessoal;
 - Determinação de desempenho energético das instalações (equipamentos, processos, entre outros);
 - Estimar uso e consumo;
 - Identificar, priorizar e registrar oportunidades de melhoria de desempenho energético.

Na revisão energética é que se obtêm informações a respeito do fluxo de energia, setores de maior consumo e se verifica possíveis pontos de melhoria. O nome dado pela norma é equivalente em certo aspecto a um diagnóstico energético. Krause (2002) define diagnóstico energético como a avaliação de todos os sistemas consumidores de energia.

Dependendo do porte da empresa um diagnóstico energético pode levar um tempo considerável, onde a quantidade de sistemas energéticos requer uma análise minuciosa. O

diagnóstico deve ser realizado por profissionais altamente qualificados, já que muitos processos industriais contam com fontes de energia elétrica, vapor, água gelada, fluídos térmicos, ar comprimido e refrigeração (LEITE,2010).

Para contemplar requisitos da ISO 50001 é necessário assegurar na revisão energética que os itens representados na Figura 8 sejam satisfeitos. Conforme demonstra a Figura 8, a análise de uso e consumo de energia evidenciando a qualificação dos tipos de energia sendo utilizadas e também quantifica o que está sendo gasto.

Figura 8. Etapas do diagnóstico energético



Fonte: FROZZA (2012)

Esta análise possibilitará a criação de uma linha de base para monitoração dos setores consumidores de energia. Identificar áreas com uso significativo de energia é necessário para determinar onde será aplicado um maior número de horas e investimentos. Ter este conhecimento é necessário, pois uma equipe especializada poderá focar nos maiores consumidores o que resultará em melhores resultados significativos. O diagnóstico energético ainda possibilita a identificação de oportunidades de melhoria, e os pontos identificados podem ser analisados pela Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) para que sejam tomadas as devidas ações.

Os pontos que poderão ser diagnosticados com base nos dados de consumos são:

- Análise tarifária;
- Sistemas de refrigeração;
- Sistema de ar condicionado;
- Sistema de ar comprimido;
- Acionamentos;

- Sistema de vapor;
- Consumo de água;

2.3.1.2 Linha de base energética

Na revisão energética é que se obtém a linha de base energética. Conforme a ABNT NBR ISO 50001 a linha de base energética pode ser definida como referência(s) quantitativa(s) fornecendo uma base de desempenho energético na qual:

- Uma linha de base energética reflete um período de tempo especificado;
- Uma linha de base energética pode ser normalizada usando variáveis que afetam o uso e/ou consumo de energia, como nível de produção, graus-dia (temperatura exterior).
- A linha de base energética é também utilizada para cálculo da economia de energia, como uma referência antes e depois da implementação de ações de melhoria de desempenho energético.

Essa base pode depender de cada processo e instituição. A linha de base é que define o indicador ideal de consumo de energia da organização. Mudanças no desempenho devem ser comparadas a linha de base energética.

Segundo Leite (2010), a grande importância no correto dimensionamento da linha de base é conseguir mensurar a economia gerada a partir de investimentos de Eficiência Energética. Muitas empresas de serviços de conservação de energia (ESCOs) investem em empresas de processos na implantação de programas de uso racional de energia. Muitos contratos são feitos de forma que o retorno de investimento seja alcançado através da economia gerada. Daí outra importância na correta determinação da linha de base.

O objetivo do Sistema de Gestão de Energia (SGE), além de um mapa do fluxo de energia, possibilita a economia de energia através de implantação de Ações de Eficiência Energética. Em muitos casos se deseja conhecer os parâmetros de eficiência para toda a instalação, em outros casos apenas um processo específico (LEITE,2010). Para esses diferentes casos, há formas distintas de estabelecer a linha de base energética.

Há vários métodos para estabelecer uma linha de base energética, tais como regressão estatística e simulações. A regressão estatística é a mais utilizada (LEI; HU, 2009). Um cuidado que deve ser tomado na elaboração da linha de base é que fatores externos como umidade e temperatura externa influenciam no consumo de energia, principalmente em

edificações que fazem uso de condicionadores de ar. Se fatores externos influenciam no consumo de energia, a linha de base deve ser ajustada de forma a compensar tal desequilíbrio. Conforme Miyata (2006), a economia de energia pode ser determinada pela diferença entre o consumo de energia após a implantação de *Association of Energy Engineers* (AEE) e a energia consumida antes de programas de AEE.

Segundo Taisch (2013), informações relacionadas com a energia permite a avaliação de otimização e potencial de melhoria das medidas de eficiência energética. Daí torna-se importante fornecer o conhecimento que destaca o estado geral da fábrica e seu desempenho em relação consumo de energia. A este respeito, os indicadores de desempenho servem como uma medida para decidir se um sistema está funcionando como ela é projetada e ajuda a definir o progresso em direção a um alvo pré-definido. Isto permite um melhor acompanhamento e controle do consumo de energia que é de extrema importância tanto para as empresas atuais e futuras para melhorar a eficiência energética na produção. Os tomadores de decisão na produção requerem indicadores como chave do desempenho (e-KPIs), a fim de identificar condutores de energia no seu sistema de produção, fazer a perfil de comportamento de energia do sistema de produção de forma transparente, reconhecer causa-efeito-relações, preparar ações para medidas de melhoria, e comunicar o status quo adequadamente com outras áreas inter e intra-funcionais. Assim, o principal objetivo do estudo é apresentar um método que apoia as empresas independentemente do setor ou produto para desenvolver os KPIs relacionados com a energia. As atividades de um programa de medição e verificação, compreendem:

- Instalação, calibração e manutenção de medidores;
- Obtenção e tratamento de dados;
- Desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- Cálculos com dados medidos;
- Garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

2.3.1.3 Indicadores de desempenho energético

O item 3.12 da Norma ABNT NBR ISO 50001 define que o valor quantitativo ou medida de desempenho energético, tal como definido pela organização, pode ser expressa como uma métrica simples, razão ou um modelo mais complexo.

Desempenhos energéticos são resultados mensuráveis relacionados com a eficiência energética, uso e consumo. No âmbito dos sistemas de gestão de energia, os resultados podem ser medidos contra a energia da organização política, objetivos, metas e outros requisitos de desempenho energético. Desempenho energético é um dos componentes do desempenho do sistema de gestão de energia.

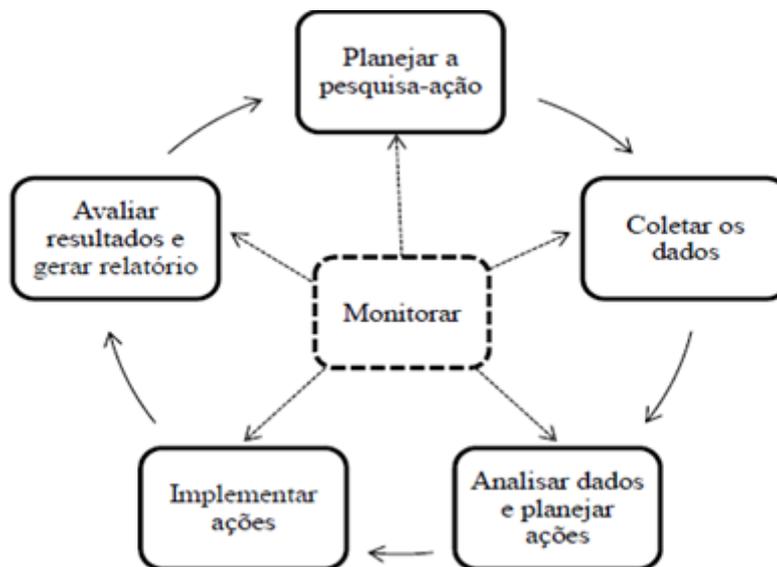
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 Estratégia metodológica

O objetivo geral desta pesquisa é analisar as contribuições da norma ABNT NBR ISO 50001 na definição de novos indicadores de desempenho energético de uma montadora de veículos, analisar os dados disponíveis e planejar ações, implantar ações, avaliar resultados e gerar relatórios com o resultado obtido.

A estratégia metodológica empregada é denominada pesquisa-ação, cujas características ficam melhor ilustradas na Figura 9, na qual se prevê em cinco etapas, a saber: (1) planejar; (2) coletar dados; (3) analisar dados e planejar as ações; (4) implementar ações; e (5) avaliar resultados e gerar relatórios (MIGUEL, 2012).

Figura 9. Estrutura padrão para condução da pesquisa-ação



Fonte: Coughlan e Coughlan (2002), Miguel *et al.* (2010) e Thiollent (2005)

3.1.1 Planejamento

Planejar a pesquisa-ação está dividido em três etapas: definição do contexto e propósito da pesquisa, definição da estrutura conceitual-teórica e seleção da unidade de análise e técnicas de coletas de dados (THIOLLENT, 2005). Na etapa de planejamento, uma pesquisa exploratória dos dados sobre consumo é apresentada, com diagnóstico inicial do levantamento dos dados de campo, estabelecendo-se a fronteira do que será abordado.

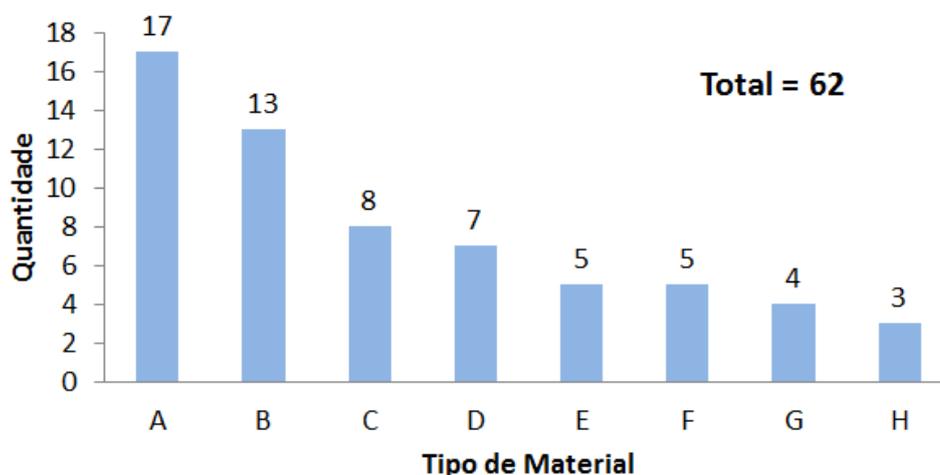
3.1.1.1 Definição de estrutura conceitual teórica

Definir a estrutura conceitual teórica implica na revisão bibliográfica (revisão normativa) que identifica e organiza os conceitos encontrados em trabalhos relevantes, captando o estado-da-arte de um campo de conhecimento (ROWLEY; SLACK, 2004). Esta etapa tem como objetivo a contextualização e fundamentação dos problemas encontrados. Neste contexto, este trabalho faz uma revisão normativa da ISO 50001, contextualização de da situação das empresas montadoras de veículos e seus problemas, apresentando uma visão global e específica do território brasileiro, aponta para a visão do planejamento da norma.

A revisão bibliográfica (ITEM 3.1.1.1) foi realizada com artigos de 2002 a 2015 encontrados por meio da plataforma *Web of Science* e bases de dados nacionais. A *Web of Science* é uma base de dados do *Institute for Scientific Information* (ISI) que possui diversas publicações de periódicos internacionais de renome. Os periódicos pesquisados na *Web of Science* foram: *Expert Systems with Applications*, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, *IEEE Transactions on Industry Applications*. Os periódicos nacionais pesquisados foram: *Gestão & Produção*, *Produção on line*, *GEPROS*, *Ciências Exatas e Tecnologia*, *Meio Ambiente e Sustentabilidade*.

As editoras dos livros analisados foram: Pearson, LTC, Elsevier. Também foram verificados artigos de congressos, encontros e simpósios, dissertações e teses, *Web Sites*, documentos públicos, legislação e normas. A Figura 10 apresenta a quantidade de publicações pesquisadas

Figura 10. Estratificação do material bibliográfico utilizado.



Legenda: A – Periódicos Internacionais. B – Periódicos Nacionais. C – Livros. D – Congressos, Encontros e Simpósios. E – Documentos Públicos. F – Dissertações e Teses. G – Web Sites. H – Legislação e Normas.

3.1.2 Coleta de dados

Coletar dados, segundo Miguel (2012), significa o envolvimento ativo no dia a dia dos processos organizacionais relacionados com o projeto de pesquisa-ação. A coleta de dados apresentado nesta pesquisa foi realizada semanalmente, em um período de 47 semanas, período compreendido entre setembro de 2014 à agosto de 2015, as correlações de consumo de energia elétrica, ar comprimido e água gelada foram feitas, para que as etapas posteriores da pesquisa-ação tenham evolução.

3.1.2.2 Análise dos dados e planejamento das ações

Analisar os dados e planejar as ações é uma etapa onde não só o pesquisador faz a crítica da análise, mas os envolvidos e membros a fazem juntos, portanto é colaborativa. Segundo Coughlan e Coughlan (2002), essa abordagem colaborativa é baseada na suposição de que os clientes conhecem melhor a sua empresa, sabem o que irá funcionar e, principalmente serão aqueles que irão implantar e seguir as ações a serem implantadas, sendo crucial seu envolvimento.

3.1.3 Implementação de ações

Implementar plano de ação corresponde ao que precisa ser feito (ou transformado) para realizar a solução de um problema.

3.1.4 Avaliar resultados e gerar relatório

A avaliação dos resultados envolve uma reflexão, tanto intencionais quanto não intencionais, uma revisão do processo para que o próximo ciclo de planejamento e ação possa beneficiar-se do ciclo completo (COUGHLAN; COUGHLAN, 2002).

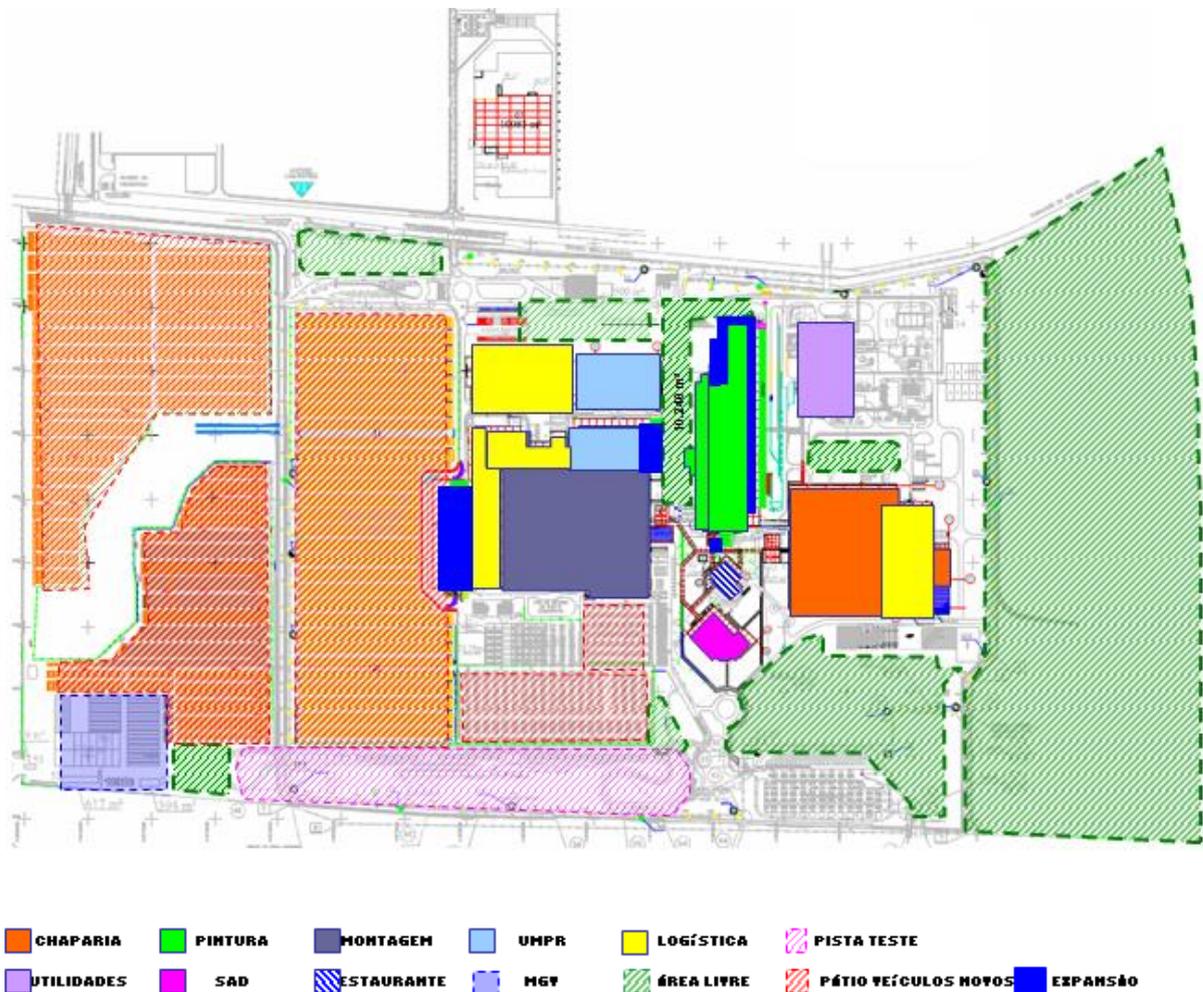
Será avaliado os resultados sobre a modelagem de regressão estatística que é um dos métodos estatísticos mais usados para investigar a relação entre variáveis, como por exemplo, consumo de energia com o consumo de água gelada, consumo de ar comprimido com o consumo de energia elétrica e outras variáveis do sistema de produção em uma empresa do ramo automobilístico.

4 O SETOR DE UTILIDADES E AS ÁREAS TRANVERSAIS

A montadora de veículos deste trabalho iniciou a criação oficial de uma filial comercial no Brasil em 1992. Em 2001 foi produzido o primeiro carro em território brasileiro, com uma fábrica de aproximadamente 1.800.000 m² de área útil. No ano seguinte, começou a fabricação de motores no centro de produção.

Um esquema da planta industrial deste trabalho é visualizado na Figura 11, onde são apresentadas as principais áreas.

Figura 11. Planta industrial da montadora de veículo.



Legenda: UMPR (Unidade de Motores Porto Real), SAD (Site Administrativo), MGV (Pátio logístico de distribuição de veículos).

Fonte: Autoria própria

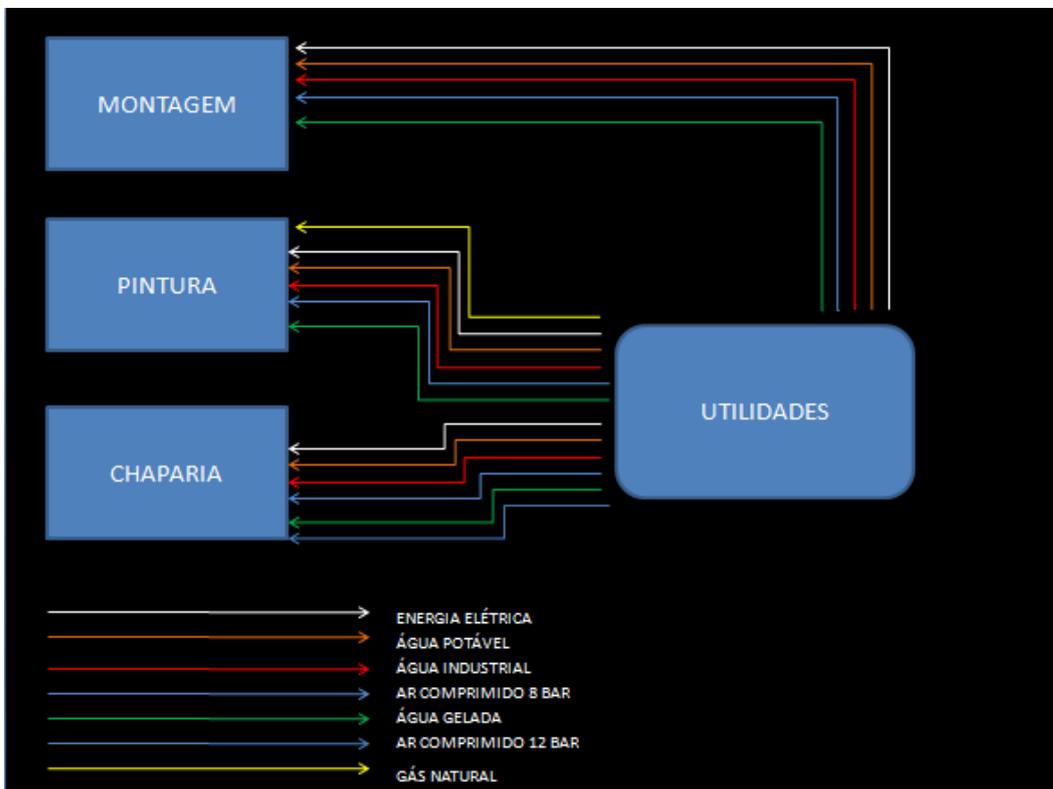
O perímetro de informações que serão apresentados neste trabalho são limitadas aos prédios produtivos, também chamado de áreas transversais, onde há uma linha de produção específica para cada etapa e evolução da produção de veículos, e o setor de Utilidades, também conhecida como unidade técnica central (UTC).

As áreas transversais são compostas pelos prédios:

- Chaparia, em francês *ferrage* (FER);
- Pintura, em francês *peinture* (PEI);
- Montagem, em francês *montage* (MON).

A área de utilidades tem importância fundamental nas empresas, pois possui muitas responsabilidades. Utilidades são todos os insumos energéticos indiretos, fluidos e efluentes utilizados e gerados pelo processo produtivo em qualquer nível tais como energia elétrica, água potável, vapor, ar comprimido, água de resfriamento, água gelada, tratamento dos efluentes industriais e sanitários, responsável por distribuir todos estes insumos para as áreas transversais de produção, conforme Figura 12.

Figura 12. Distribuição dos insumos nas áreas transversais.



Fonte: Autoria própria

O escopo de trabalho da área de utilidades é:

- administrar a melhoria da qualidade e confiabilidade de fornecimento de energia em suas várias formas, administrar os contratos de compra de energia, melhoria na infraestrutura, expandir o uso de energias renováveis e equipamentos e processos eficientes com custos e retorno de investimento compatível com as condições de cada país e/ou unidade fabril. Além disso, verificar a operação das estações de tratamento de efluentes, sistema de alimentação e fornecimento de energia elétrica e gás combustível, centrais geradoras de utilidades;
- incentivar, disseminar o uso das melhores práticas das unidades da região e do mundo;
- coordenar os programas de Comissões Internas de Conservação de Energia (CICE) Comitê Executivo de Conservação de Energia formado por todos os níveis hierárquicos, coordenar e verificar os desligamentos de energias e utilidades em todas as plantas em dias não produtivos, coordenar os programas de eliminação de perdas e desperdícios;
- coordenar e manter atualizadas as condições dos ativos tais como compressores de ar, subestações, estações de tratamento de efluentes e coordenar e apoiar os programas de troca dos mesmos quando no fim de vida útil;
- executar as auditorias de performance do uso de energia e utilidades nas unidades fabris junto com o pessoal local, indicando as oportunidades de otimização e economia de energia e utilidades, auxiliando no cálculo do ganho financeiro com a implementação da oportunidade indicada por seu custo e *payback*;
- desenvolvimento de novas tecnologias mais eficientes e de novas fontes de energia alternativas e renováveis.

Dentre as diversas áreas que constituem a central de utilidades, a seguir são destacados os principais deles:

- Distribuição de Energia:

Subestação Principal: Para atender a demanda atual de aproximadamente 11 MW, esta indústria dispõe de uma subestação principal sob operação e manutenção da área de utilidades, alimentada por 1 linha de transmissão de 138kV. A subestação é composta por dois transformadores de potência de 138/13,8kV (25 e 25MVA) que funcionam em paralelo alimentando os centros de distribuição.

- Centros de Distribuição: Três centros de distribuição operam na configuração anel, alimentando 16 subestações unitárias. Tais centros de distribuição se conectam as subestações através de 54 disjuntores (13,8kV).

- Subestações Unitárias: Cada subestação unitária é composta por um painel de alta tensão (13,8kV), cuja alimentação é proveniente dos centros de distribuição ao qual segue um transformador de potência de 13,8kV/400V (1500kVA, na maioria das subestações). Este alimenta um painel de baixa tensão (400V) para distribuição de energia aos equipamentos produtivos. Atendendo aos circuitos de controle e de medição, as subestações unitárias possuem retificadores e baterias para o fornecimento de alimentação adequada aos equipamentos ou processos que não possam sofrer quedas de tensão. Para correção de fator de potência, bancos de capacitores (750kVAr em geral) estão instalados em quase todas as subestações.

- Barramentos de Distribuição e Salas Elétricas: Nos prédios produtivos estão instalados 48 barramentos aéreos de distribuição de energia aos quais estão conectados aproximadamente 476 plug-ins (chave seccionadora e fusível).

Os barramentos alimentam diversos painéis e quadros elétricos atendendo aos prédios produtivos. Interligado aos barramentos de 13,8kV estão dois geradores de emergência (2MVA) e três geradores de emergência (219kVA) que alimentam em baixa tensão os sistemas dos centros de dados informáticos (*DataCenter*), alguns equipamentos da área de utilidades e algumas bombas de recirculação em circuito fechado na pintura.

- Distribuição de Água Potável: Uma estação de bombeamento constituída de dois poços artesianos, operados e mantidos pela própria manutenção utilidades. Compõem a estação dois reservatórios com capacidade total de 1600m³ e duas bombas de água com vazão de 150m³ cada.

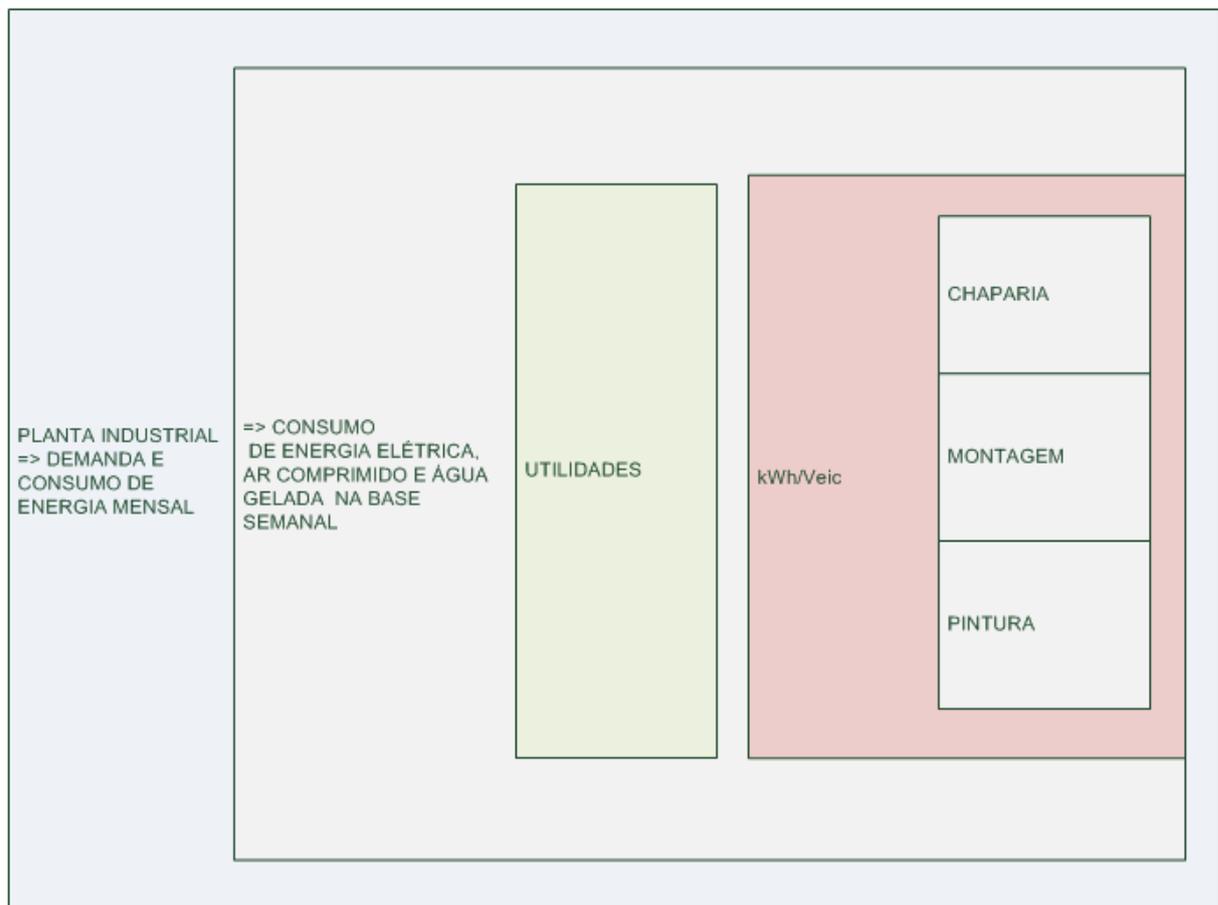
- Central de Ar Comprimido (CAC): Para atender a demanda de cerca de 15.000m³ requerida pelo processo produtivo, uma central de ar comprimido é composta de 4 compressores de 8 bar e 3750m³ de vazão. Ainda integram a central 8 torres de resfriamento, 3 secadores de ar, com a capacidade de adequar a umidade do ar aos níveis exigidos nos equipamentos de processo.

- Central de Água Resfriada (CAR): Uma central de água resfriada atende a uma demanda aproximada de 1370m³ de vazão e relação de temperatura de entrada e saída de água de 30°C para 26°C. Os principais equipamentos que compõem a central são 8 células de resfriamento com 382m³ de vazão e capacidade unitária de 295 TR. Também compõem o sistema 12 bombas Worthington de 20 a 395m³ de vazões que variam.

- Central de Água Gelada (CAG): Uma central de água gelada atende a uma demanda aproximada de 1250m³. A central é composta de 4 chillers recém instalados, a gás R134, com capacidade total de 3000 TR. A relação de temperatura de entrada e saída de água é de 12°C para 7°C bombeada e distribuída para as unidades de resfriamento de ar na pintura, resfriamento das pinças de solda na chaparia e como parte de conforto térmico para todos os prédios: chaparia, montagem, pintura, administrativo, utilidades, logística e produção de motores.

Para melhor compreensão dos dados informados nos próximos subtítulos, a Figura 13 apresenta o perímetro de informações que serão analisadas nos próximos subcapítulos.

Figura 13. Perímetro de informações trabalhadas nas áreas transversais e no setor de utilidades.



Fonte: Autoria própria

Na planta industrial serão apresentados os dados de demanda atual nos horários de ponta e fora de ponta e consumo de energia elétrica mensal total, expresso em kWh. Este consumo não se limita às áreas transversais e utilidades, mas à todo perímetro territorial da montadora.

Nas áreas transversais e utilidades, serão analisados os consumos de energia elétrica em kWh, consumo de ar comprimido em m³ e consumo de água gelada em TR, na base semanal, ou seja, o consumo total da semana. Serão analisadas 33 semanas nas quais houve produção de veículos em montante superior a 1000 veículos por semana.

São apresentados indicadores já existentes e em uso pela montadora e novos indicadores serão construídos com base nas informações individuais de kWh, m³, TR e produção de veículos, seguindo a padronização da norma ABNT NBR ISO 50001 sobre planejamento e indicadores de desempenho energético.

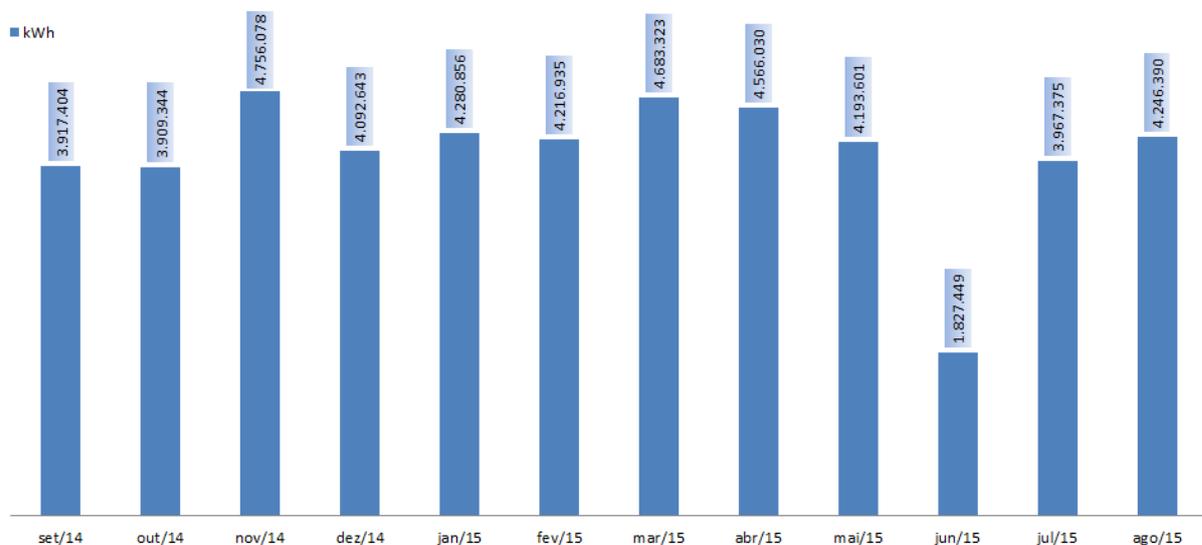
São analisados todos os consumos, através do método de regressão, verificando a correlação entre os prédios. Todos os dados de consumo que serão apresentados foram extraídos em uma base de dados de forma manual, inserindo o mês e ano dos dados, formatando os dados na base semanal. Os mesmos são apresentados na forma original, não multiplicando ou descaracterizando o valor real extraído.

4.1 Fornecimento de energia

Nesta seção é apresentado o consumo de energia elétrica de toda a planta industrial, Figura 14, e a demanda de ponta e fora de ponta.

Todos os consumos de energia elétrica estão em kWh.

Figura 14. Consumo de energia elétrica da planta montadora de veículos na base mensal



Fonte: Autoria própria

A média de consumo de energia elétrica nos meses de setembro de 2014 a agosto de 2015 foi de 4.054.785 kWh. Nota-se que o mês de junho foi o mês de menor consumo entre os 12 meses informados. O motivo deste menor consumo foi devido a uma parada técnica, na qual a montadora deixou de produzir, estando os operadores em período de férias coletivas.

Indaga-se porque há consumo de energia elétrica se não há produção de veículos. Uma das respostas é que nesta época são realizadas as manutenções anuais, instalação de novos projetos, projeto veículo em fase de testes, portanto, há um grande volume de pessoas e recursos das utilidades em uso e que julgam este período ser apropriado para a execução dos trabalhos mencionados acima.

Um fator importante no fornecimento de energia é a escolha da contratação de energia. Neste ponto, encontra-se a divisão do mercado de energia em Ambiente de Contratação Regulada (ACR), na qual estão os consumidores cativos; e Ambiente de Contratação Livre (ACL), formado pelos consumidores livres.

Os consumidores cativos são aqueles que compram a energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligados. Cada unidade consumidora paga apenas uma fatura de energia por mês, incluindo o serviço de distribuição e a geração da energia, e as tarifas são reguladas pelo governo.

Os consumidores livres compram energia diretamente dos geradores ou comercializadores, através de contratos bilaterais com condições livremente negociadas, como preço, prazo, volume. Cada unidade consumidora paga uma fatura referente ao serviço de distribuição para a concessionária local e uma ou mais faturas referentes à compra da energia.

O contrato de energia elétrica da empresa montadora de veículos deste trabalho está no mercado livre. Os dados deste contrato estão na Tabela 1.

Tabela 1: Informações referente aos contratos de distribuição, compra e venda de energia elétrica contratada.

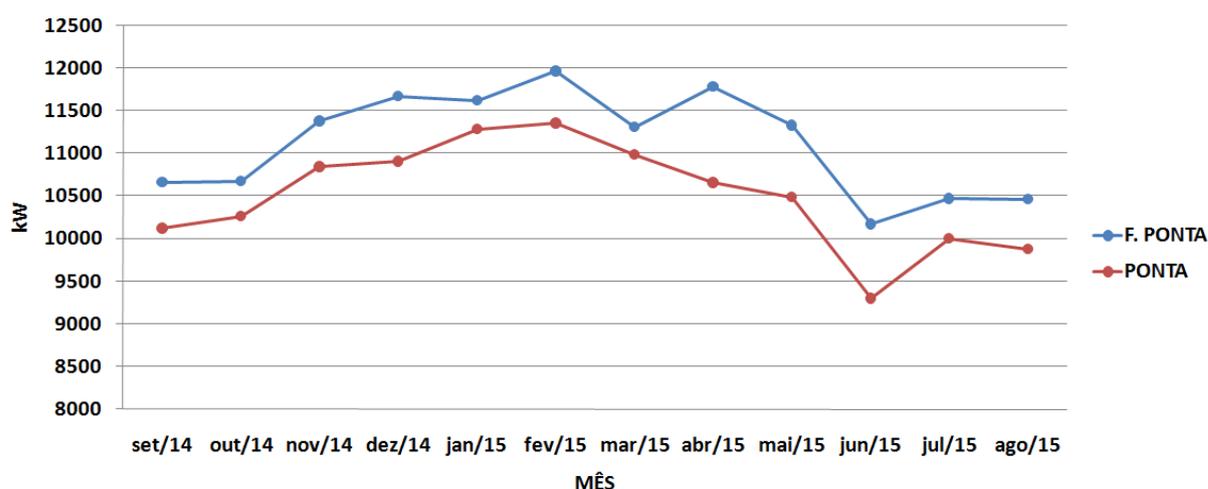
TIPO DE CONTRATO:	
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
FORNECEDOR:	AMPLA
OBJETO DE CONTRATO:	REGULAR AS CONDIÇÕES, PROCEDIMENTOS, DIREITOS E OBRIGAÇÕES DAS PARTES EM RELAÇÃO AO USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO
TENSÃO CONTRATADA:	138kV (142,14 LIMITE SUPERIOR; 131,1 LIMITE INFERIOR)
DEMANDA CONTRATADA ATUAL:	DEMANDA FORA PONTA=> 14500 kW, DEMANDA HORA PONTA=> 13500kW

GERAÇÃO DE ENERGIA	
FORNECEDOR:	ENDESA
TIPO DE CONSUMIDOR:	LIVRE A2 HOROSSAZONAL AZUL (88 À 138 kV)
OBJETO DO CONTRATO:	ESTABELECEMOS OS TERMOS E CONDIÇÕES REFERENTES À COMPRA E VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA CONTRATADA A SER DISPONIBILIZADA A COMPRADORA NO PONTO DE ENTREGA PARA ATENDIMENTO DA UNIDADE CONSUMIDORA, DURANTE O PERÍODO DE FORNECIMENTO DIANTE DE PAGAMENTO DA COMPRADORA À VENDEDORA
ENERGIA CONTRATADA ATUAL:	8,57 MW MÉDIOS NÃO PODENDO ULTRAPASSAR 11,25 MWh
LIMITE DE PARADA PROGRAMADA:	2 PARADAS POR ANO COM ANTECEDENCIA DE AVISO 60 DIAS.
VENDA DE ENERGIA:	A ENERGIA NÃO UTILIZADA É VENDIDA COM BASE NO PLD.

Fonte: Autoria própria

Os dados de demanda máxima nos horários de ponta e fora de ponta mensal, são apresentados na Figura 15. No período de setembro de 2014 a agosto de 2015, expresso em kW. Observa-se na Figura 15, nos horários fora de ponta, das 18h00 às 21h00, a demanda é maior; e nos períodos de junho à agosto, a demanda em ambos os horários de ponta e fora de ponta, tem um menor valor. Isto ocorre porque o mês de junho é o mês de férias.

Figura 15. Demanda máxima alcançada nos horários de ponta e fora de ponta mensal.



Fonte: Autoria própria

Comparando o valor do contrato de demanda, apresentado na Tabela 1, o horário de ponta e de fora de ponta são respectivamente 13500 kW e 14500 kW, com os valores da Figura 15, horário de ponta e fora de ponta máximos do período de setembro de 2014 a agosto de 2015 são respectivamente 11965 kW e 11356 kW, encontra-se uma diferença. Um estudo pode ser realizado, com potencial ganho na redução da demanda, conseqüentemente, menor valor pago à distribuidora, uma vez que não se usa o total contratado da demanda.

4.2 O sistema de monitoração de fluidos e energia

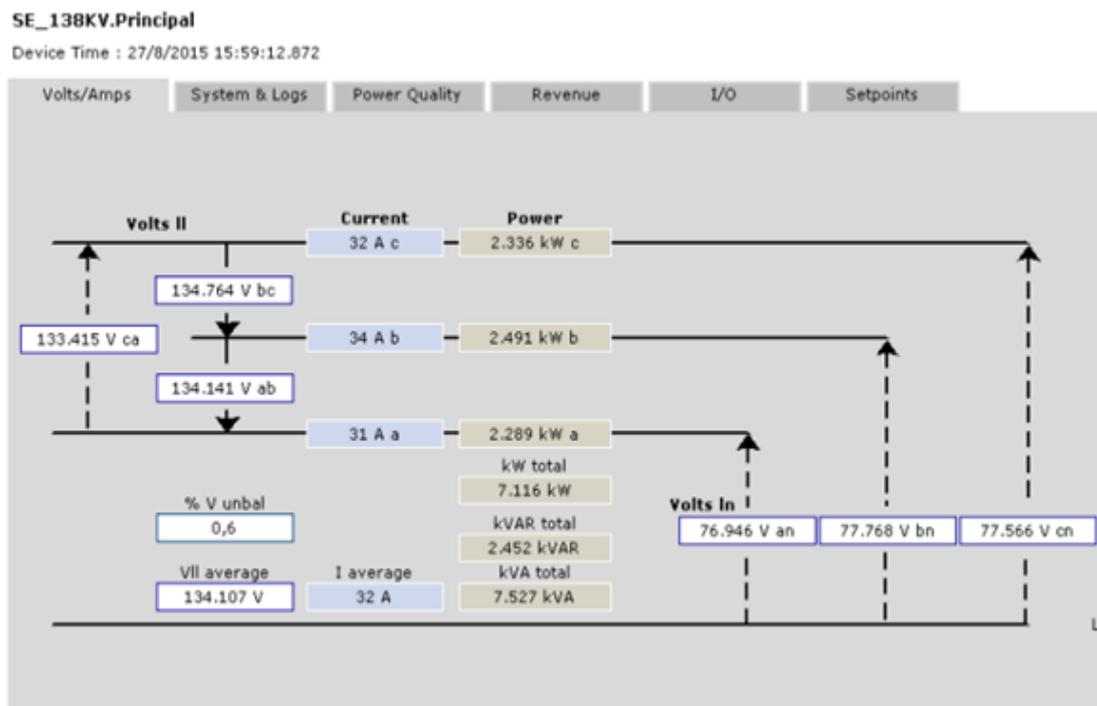
Diante do cenário de redução do consumo de energia e a premissa de redução de custos, a não existência de dispositivos de medição dificulta a realização desde os planos de contenção e de processos de melhoria, e controle de ações mais eficaz e robusto.

A monitoração atual de todos os insumos é dividido em 2 sistemas supervisórios, sendo o primeiro sistema supervisório, supervisão 1, dedicado à medição de energia elétrica e o segundo sistema supervisório, supervisão 2, dedicado à medição de outros insumos, como temperatura, umidade, vazão de água potável, vazão de água industrial, vazão de ar comprimido e vazão de gás natural.

Com o software de monitoração do sistema 1, é possível coletar as informações de consumo de energia elétrica, harmônicos, potência reativa, ativa, aparente, fator de potência, demanda, afundamento de tensão e os picos de tensão. É usado o sistema supervisório PowerLogic ION Enterprise da empresa Schneider Electric.

O software utiliza tecnologias de rede baseadas em padrões industriais para coletar e armazenar dados, a partir dos pontos de conexão e distribuição. PowerLogic ION Enterprise forma uma camada de inteligência no gerenciamento de energia em uma instalação, agindo como uma interface unificada. Cada usuário dispõe de um acesso personalizado a informações relevantes de monitoramento, através da rede corporativa e relatórios configuráveis. A Figura 16 representa a tela principal do sistema supervisório ION Enterprise.

Figura 16. Tela principal do sistema supervisório dedicado a energia elétrica.

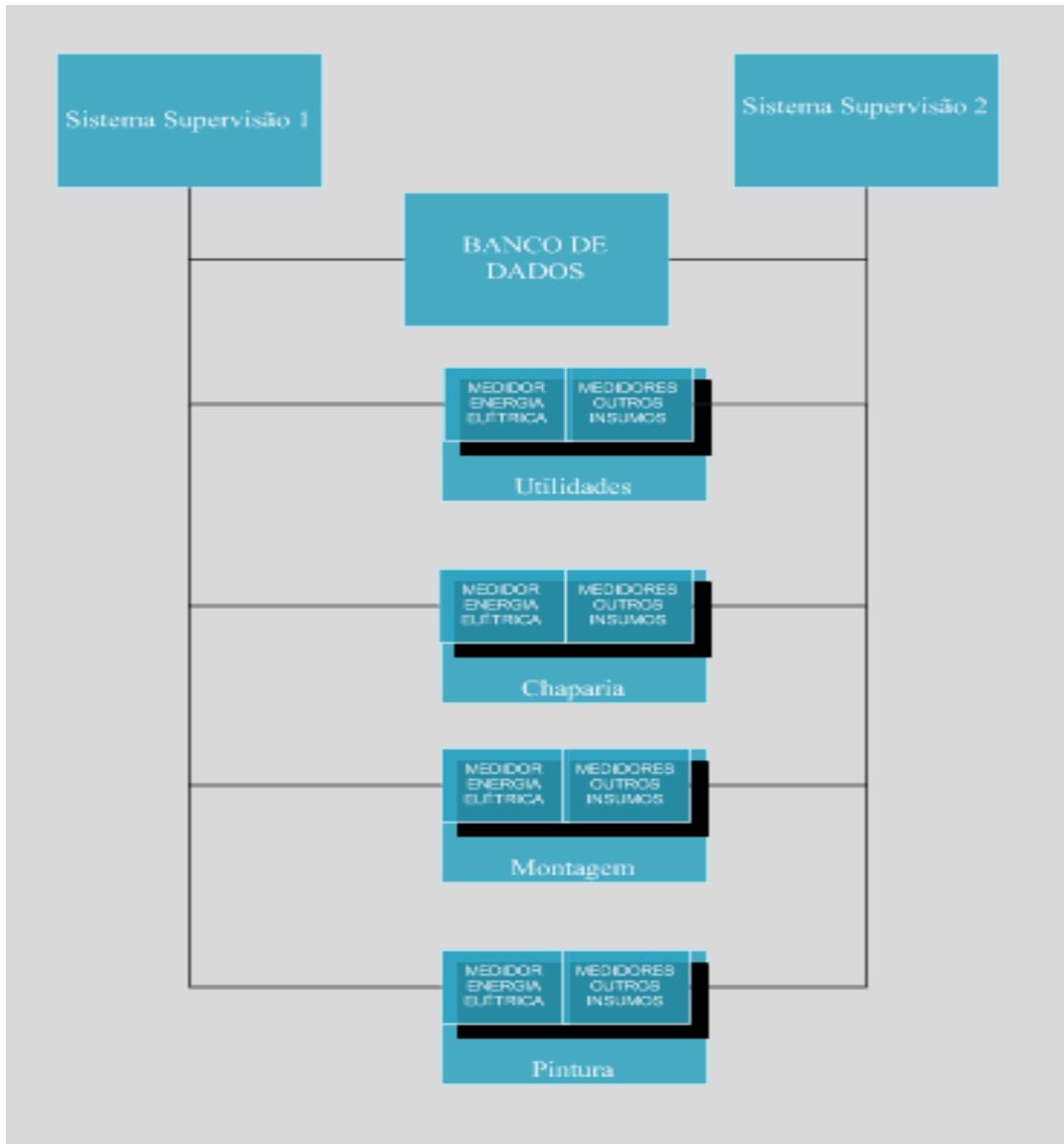


Fonte: Autoria própria

O sistema supervisório 2, é um sistema com uma arquitetura mais robusta, pois há um controlador em cada prédio produtivo que possui um sistema dedicado para aquisição de dados dos sinais de temperatura, umidade, vazão de água potável, vazão de água industrial, vazão de ar comprimido e vazão de gás natural.

A Figura 17 ilustra esta divisão dos sistemas de supervisão, tendo em comum, o mesmo banco de dados.

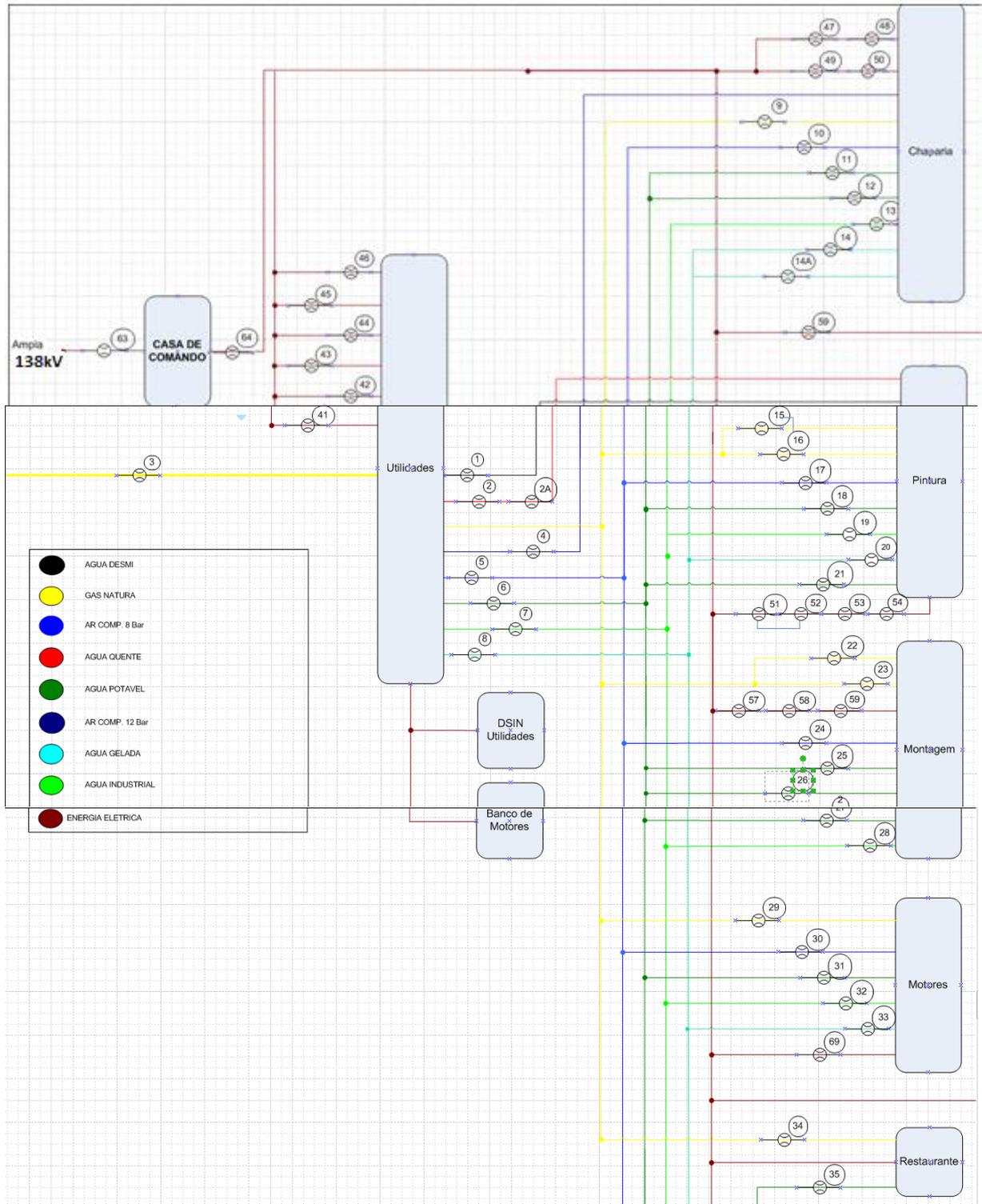
Figura 17. Sistemas de supervisão, divididos em 2 sistemas, energia elétrica e outros insumos



Fonte: Autoria própria

A distribuição dos insumos é medida conforme as instalações de instrumentos de medição pela planta. A Figura 18 apresenta o quantitativo de medidores de energia e fluidos instalados.

Figura 18. Localização dos medidores instalados no Site



Fonte: Aatoria própria

4.3 Balanço energético

Nesta seção é apresentado os consumos de energia elétrica em base semanal dos setores transversais, setor de utilidades e consumo total de toda a planta industrial. Os indicadores de desempenho energético (IDE) foram construídos na aquisição de dados dos períodos de setembro de 2014 a agosto de 2015, em base semanal, ao total foram 47 semanas. Definiu-se que somente semanas de produção que apresentam mais de 1000 veículos foram considerados, retirando as semanas de período de férias ou semanas improdutivas que tenham produzidos abaixo de 1000 veículos, restando 33 semanas para análise.

A Figura 19 apresenta respectivamente as semanas e os meses correspondentes. Nota-se que o meses de dezembro e janeiro estão com poucas semanas, isto porque foi retirado os meses da análise deste trabalho, pois apresentavam um baixo volume de produção. Estes meses representam as férias coletivas, e pela mesma razão, foram retirados; o mês de junho, por não ter produção, foi considerado como sendo de férias coletivas; as outras semanas não listadas neste trabalho evidenciam que a produção foi baixa.

Figura 19. As 33 semanas e os meses correspondentes.

2014		2015		
SEMANA	MÊS	SEMANA	MÊS	
1	SETEMBRO	14	JANEIRO	
2		15		
3		FEVEREIRO	16	
4			17	
5	18			
6	OUTUBRO	19	MARÇO	
7		20		
8		21		
9	NOVEMBRO	22		ABRIL
10		23		
11		24		
12	DEZEMBRO	25	MAIO	
13		26		
		27	JULHO	
		28		
		29		
		30	AGOSTO	
		31		
		32		
		33		

Fonte: Autoria própria

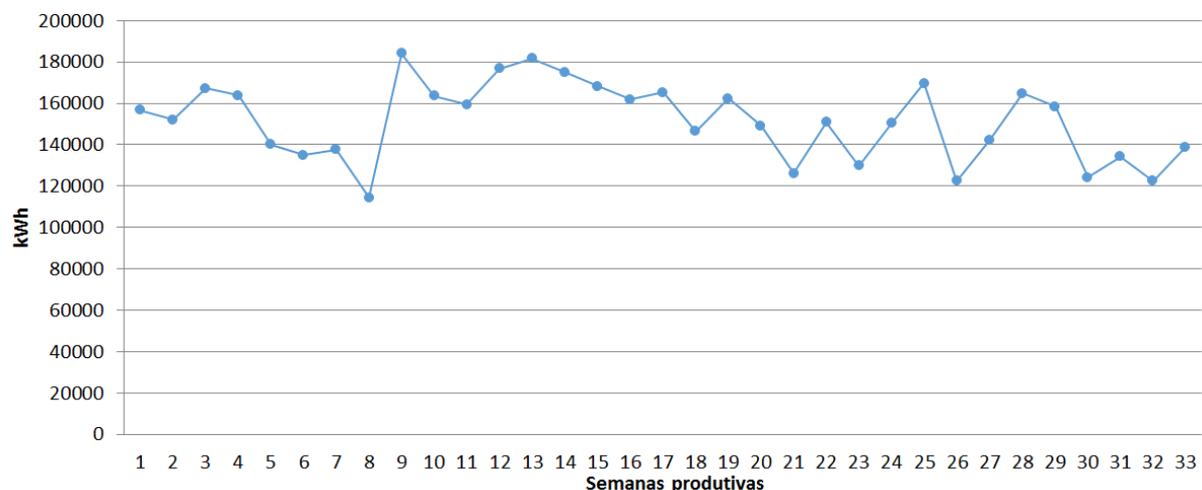
Alguns indicadores serão construídos a partir de informações individuais, como o consumo de energia elétrica em kWh, consumo da central de água gelada (CAC) expresso em m³ e a capacidade de TR produzido na central de água gelada (CAG). Com estas informações e dados individuais dos consumos, o objetivo é desenvolver novos indicadores de desempenho energético da relação entre consumo e uso com o produto final de cada processo; as médias desses IDE's podem ser tomadas como metas iniciais para o sistema de gestão de energia, uma vez construído novos gráficos estatísticos de regressão, que hoje não existem. Este trabalho não tem como objetivo fazer comparações de indicadores da empresa em estudo com outras empresas do mesmo ramo ou empresas que tenham as mesmas utilidades.

4.3.1 Consumo de energia elétrica

As Figuras 20, 21 e 22 representam os gráficos da série temporal dos consumos de energia elétrica na base semanal em kWh, referente aos períodos de setembro de 2014 à agosto de 2015, das áreas transversais e utilidades.

A Figura 20 apresenta o consumo de energia elétrica (EE) na chaparia. O consumo de EE apresenta um padrão regular e estável no tempo podendo prever o comportamento a partir de dados anteriores, nas semanas de 10 à 16. A média de consumo foi de 151.344 kWh por semana com desvio padrão de 18.651 kWh.

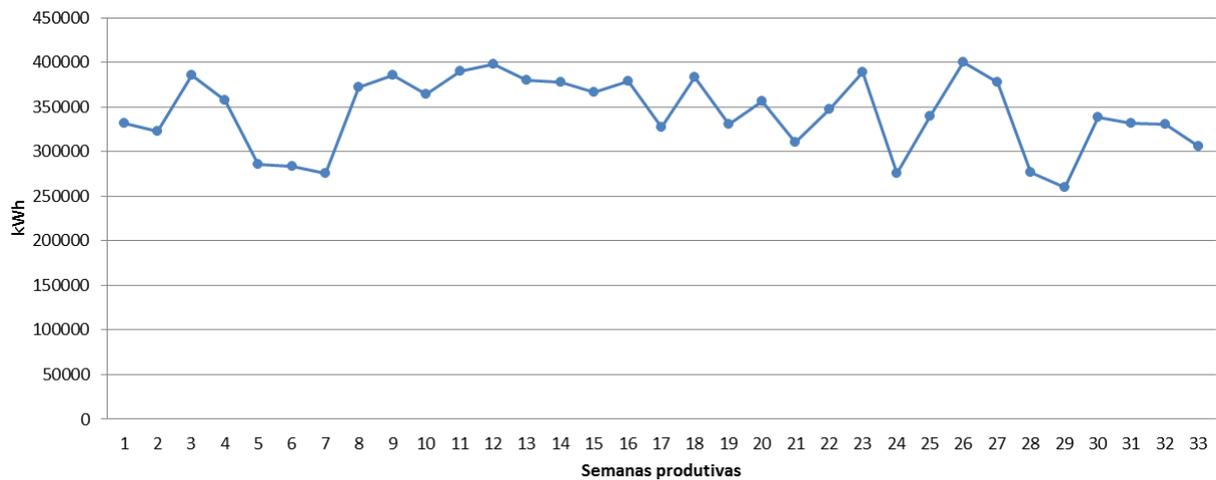
Figura 20. Gráfico de série temporal de consumo de energia elétrica na chaparia



Fonte: Autoria própria

A Figura 21 apresenta o consumo de EE na pintura. O consumo de EE apresenta uma pequena sazonalidade, observando-se as semanas de 09a 16. A média de consumo foi de 343.472 kWh por semana com desvio padrão de 40.969 kWh.

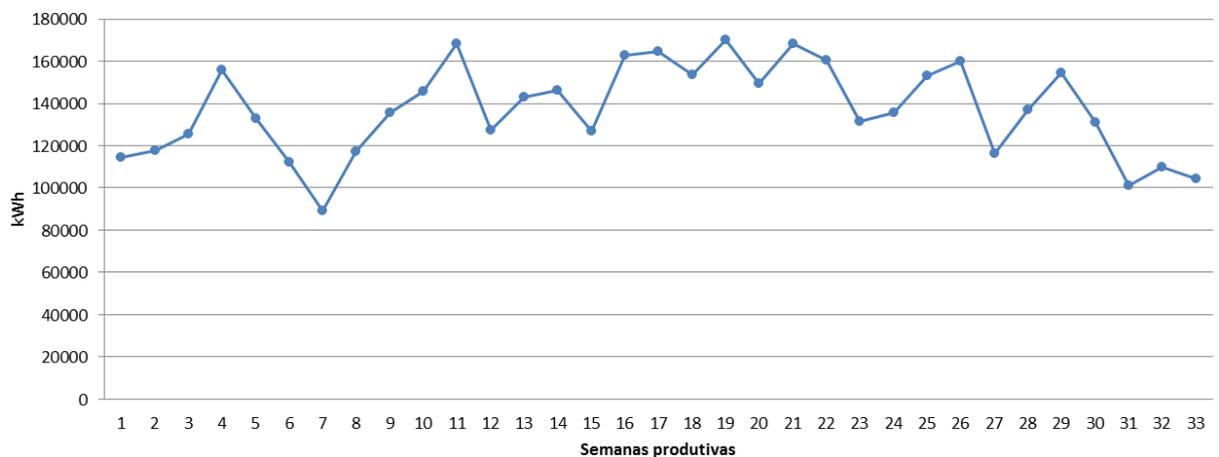
Figura 21. Gráfico de série temporal de consumo de EE na pintura



Fonte: Autoria própria

A Figura 22 apresenta o consumo de EE na montagem. O consumo de EE diferente das anteriores não apresenta sazonalidade. A média de consumo foi de 137.053 kWh por semana com desvio padrão de 21.801 kWh.

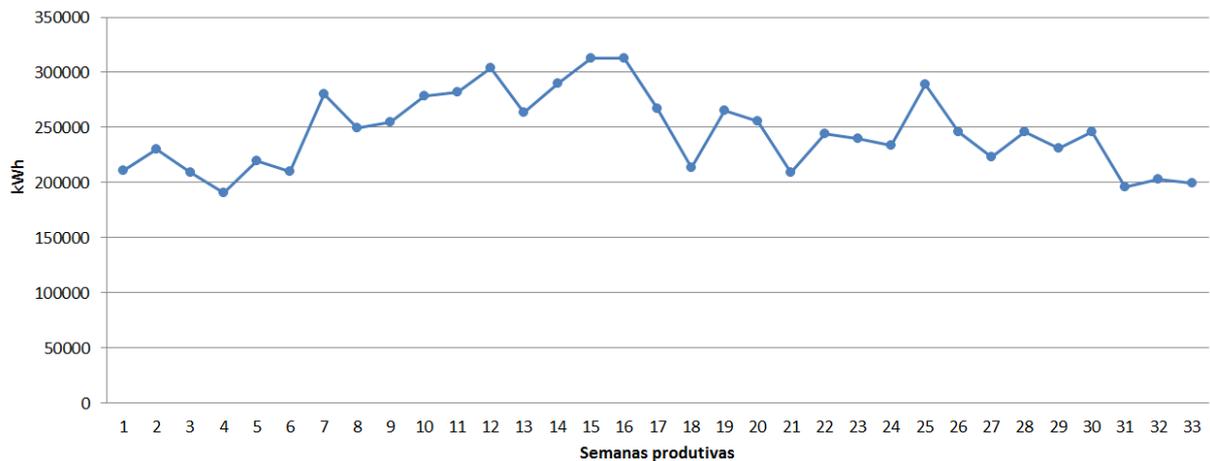
Figura 22. Gráfico de série temporal de consumo de EE na montagem



Fonte: Autoria própria

A Figura 23 apresenta o consumo de EE nas utilidades. O consumo de EE apresenta uma pequena sazonalidade, observando-se as semanas de 10 à 18 e 30 e 31. A média de consumo foi de 245.543 kWh por semana com desvio padrão de 34.787 kWh.

Figura 23. Gráfico de série temporal de consumo de EE nas utilidades



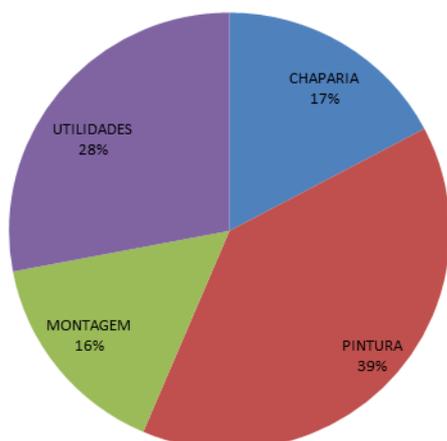
Fonte: Autoria própria

A Figura 24 apresenta a média de consumo de EE em percentual das áreas transversais e utilidades.

Observa-se que o prédio da pintura é o maior consumidor representando 39%, em segundo lugar o setor de utilidades com 28% do consumo total entre os setores transversais.

O prédio da pintura possui muitos motores de potências elevadas, motores com aproximadamente 300CV e também possui o maior parque motriz, devido a inúmeras esteiras e ventiladores.

Figura 24. Média do consumo de EE anual em percentagem dos setores transversais e utilidades.



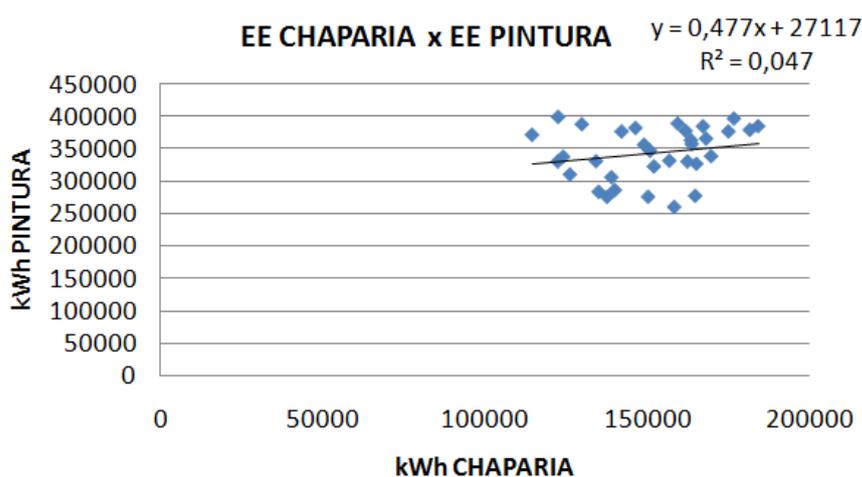
Fonte: Autoria própria

4.3.1.1 Construção de gráficos de correlação e determinação entre os setores transversais e utilidades, consumos de energia elétrica.

Foram desenvolvidos gráficos de regressão estatística de consumo de EE, para verificar a existência de correlação somente entre as áreas transversais produzem o principal produto final, o veículo. As Figuras 25, 26 e 27 correlacionam os consumos de EE entre chaparia e pintura, chaparia e montagem, montagem e pintura, respectivamente.

A Figura 25 permite identificar que não existe correlação de consumo de EE entre as áreas da chaparia e pintura, com coeficiente de determinação de regressão igual a 0,0473. Isto pode ser explicado pelo fato dos processos da pintura serem diferentes dos processos da chaparia. Processos de pintura envolvem alguns processos vitais, também chamados de processos críticos, sendo equipamentos e partes de processos que não podem ser desligados. Exemplos deste tipo de cargas são as bombas de potências variadas, entre 30 e 75 kW, acionadas 24 horas, 7 dias da semana, nos processos de tratamento térmico superficial (TTS) e cataforese. Na chaparia, em horários fora de produção, apenas painéis onde existam controladores programáveis (CP), ficam energizados, cujo o consumo é de alguns miliamperes.

Figura 25. Regressão estatística entre as áreas chaparia e pintura do consumo de EE

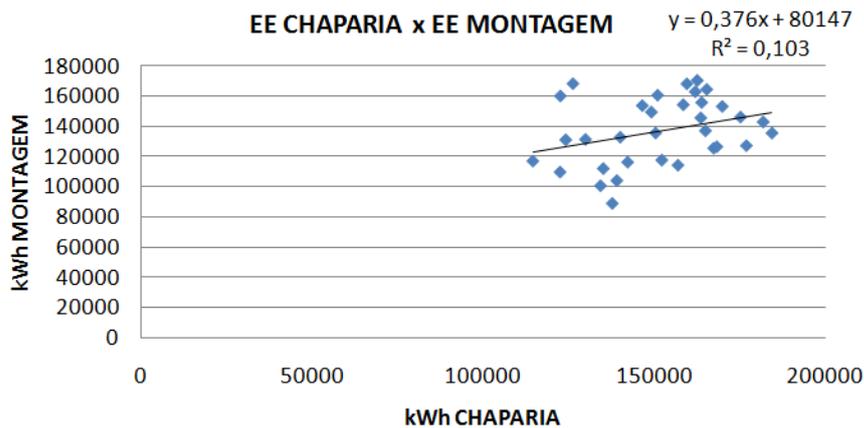


Fonte: Autoria própria

A Figura 26 também permite observar a não correlação de consumo de EE entre as áreas da chaparia e montagem, com coeficiente de determinação de regressão igual a 0,1035. Isto se revelou diverso do esperado, pois nestas áreas em horários sem produção, os mesmos

processos críticos ficam energizados, painéis elétricos que contenham CP. Este caso deve ser analisado, pois em algum momento uma das áreas está com maior consumo do que era esperado.

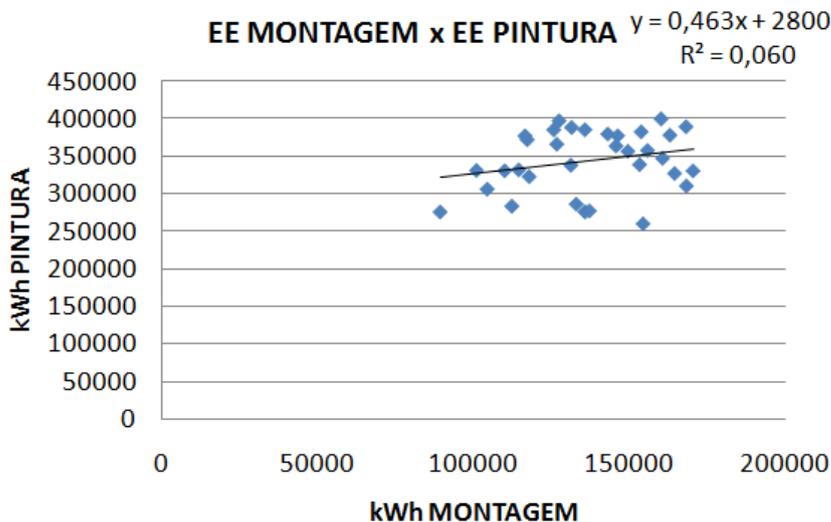
Figura 26. Regressão estatística entre as áreas chaparia e montagem do consumo de EE



Fonte: Autoria própria

A Figura 27 permite visualizar que não existe correlação de consumo de EE entre as áreas da montagem e pintura, com coeficiente de determinação de regressão igual a 0,06. De forma esperada, não existe correlação pelos mesmos motivos apontados da Figura 25, a área de pintura possui processos vitais e desta forma algumas cargas não podem ser desligadas em horários sem produção.

Figura 27. Regressão estatística entre as áreas montagem e pintura do consumo de EE.

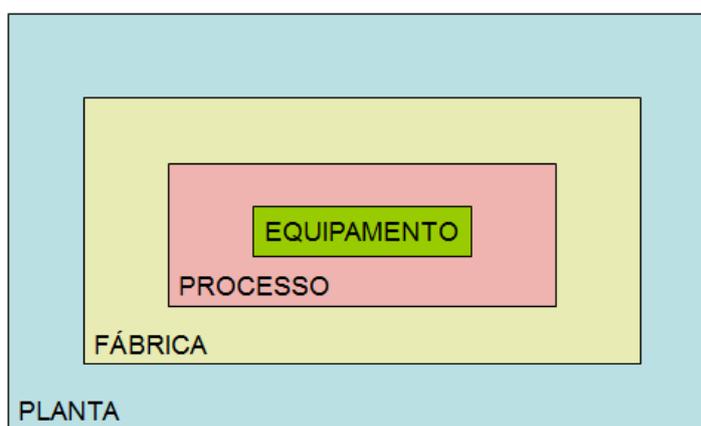


Fonte: Autoria própria

4.3.2 Construção de indicadores de desempenho energético (IDE's)

Para desenvolvimentos de novos IDE's é preciso definir as fronteiras e qual métrica será utilizada. Esta definição se faz necessária para determinar o que se quer como desempenho energético. A fronteira pode ser limitada à área, ou a planta toda. Se a fronteira escolhida é a planta, o produto final de uma planta automobilística é a produção de veículo, ou se a fronteira é um determinado processo, o produto final de um determinado processo é o produto final que aquele prédio produz, por exemplo, produção de ar comprimido, produção de água gelada, conforme a Figura 28.

Figura 28. Fronteiras: limites físicos ou locais e/ou organizacionais definidos pela organização



Fonte: Adaptado de ABNT-NBR ISO 50001.

As fronteiras impostas neste trabalho consistem na construção de novas IDE's em processos do setor de utilidades e nas áreas transversais. Conforme anteriormente explicado na revisão normativa, uma IDE consiste no valor ou medida quantitativa de desempenho energético conforme definido pela organização a qual se quer aplicar. Podem ser expressos como uma métrica simples, razão ou um modelo mais complexo. Seguem alguns exemplos de IDE's:

- consumo ou uso de energia/ produção;
- consumo ou uso de energia/ tempo;
- modelos multivariáveis.

As Figuras 29 e 30 apresentam as IDE's da área de utilidades, que tem como entrada o consumo de EE e a produção de ar comprimido, kWh por m³, expresso por kWh/m³ e kWh/TR, respectivamente. As Figuras evidenciam sempre uma relação de entrada pela saída.

Figura 29. Consumo e uso final em uma central de ar comprimido.



Fonte: Autoria própria

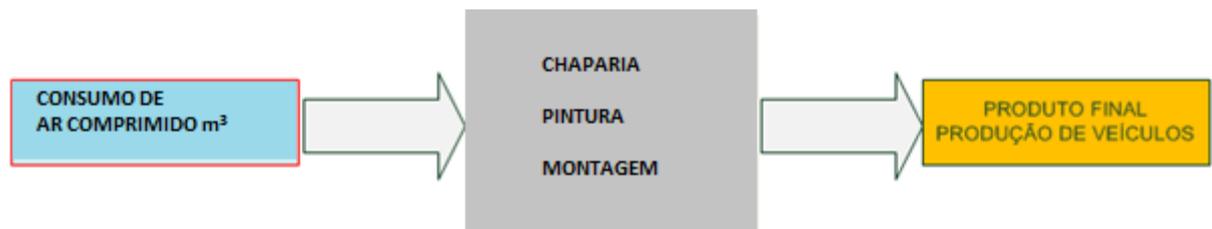
Figura 30. Consumo e uso final em uma central de água gelada.



Fonte: Autoria própria

A Figura 31 apresenta a IDE nas áreas da chaparia, montagem e pintura, na relação entre entrada e produto final, m^3 /veículo, consumo de ar comprimido (AC) em m^3 e produção de veículos, respectivamente.

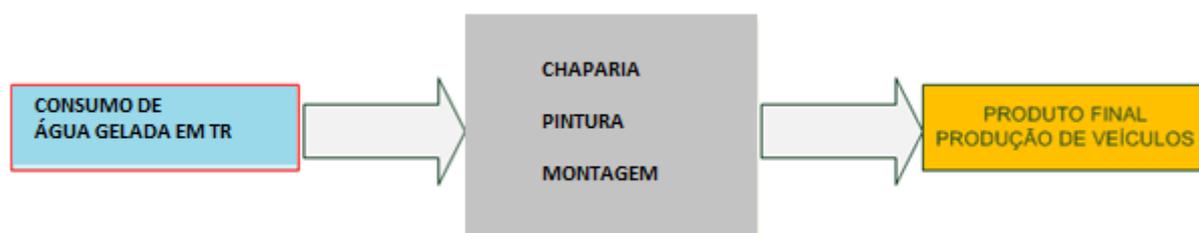
Figura 31. Consumo e uso final na chaparia, pintura e montagem, AC.



Fonte: Autoria própria

A Figura 32 apresenta a IDE nas áreas da chaparia, montagem e pintura, na relação entre entrada e produto final, TR/veículo, consumo de água gelada (AG) em TR e produção de veículos, respectivamente.

Figura 32. Consumo e uso final na chaparia, pintura e montagem, AG.



Fonte: Autoria própria

Os processos CAC e CAG são áreas específicas de utilidades. As Figuras 29a 32 definem uma métrica simples entre consumo e uso final. A partir destas informações de consumo e produto final serão construídos os novos indicadores.

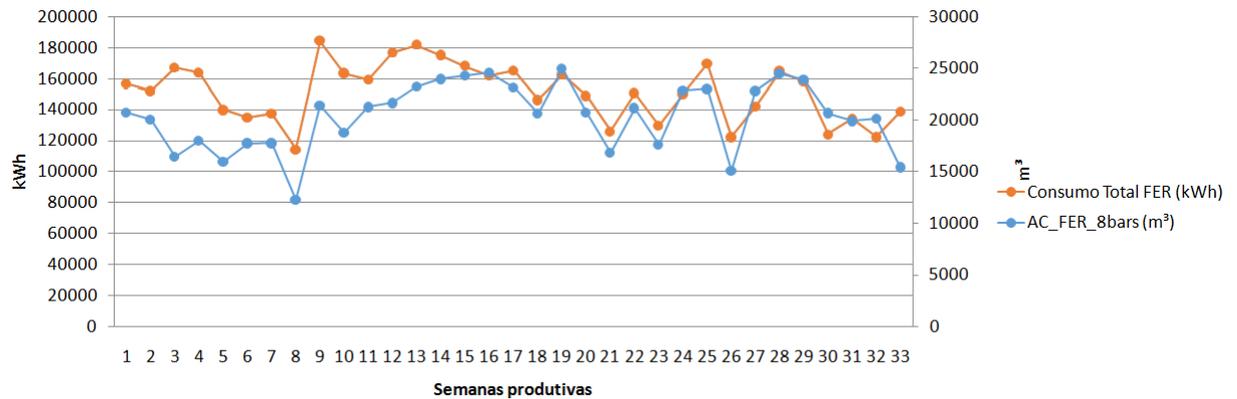
Na CAG emprega-se a unidade TR. Segundo Seelent (2011), TR é a tonelada de refrigeração, um termo comumente utilizado em refrigeração que corresponde a energia necessária para liquefazer, aproximadamente, uma tonelada de gelo em 24 horas (em termos de conversão, $1 \text{ TR} = 3024 \text{ kcal/h} = 3,52 \text{ kW}$).

4.3.2.1 Indicador de desempenho energético na CAC

Nesta seção é comparado os consumos de energia elétrica com o consumo de ar comprimido e construção de um indicador com a métrica de consumo de ar comprimido com a produção de veículo para os setores transversais. As Figuras 33, 34, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 55, 56 de séries temporais apresentadas, estão em base semanal compreendendo o período de setembro de 2014 a agosto de 2015. As mesmas 33 semanas que foram analisadas na EE são analisados os consumos de AC.

A Figura 33 apresenta a série temporal de consumo de EE e AC na chaparia. Observa-se visualmente uma leve incompatibilidade entre as tendências da EE e AC.

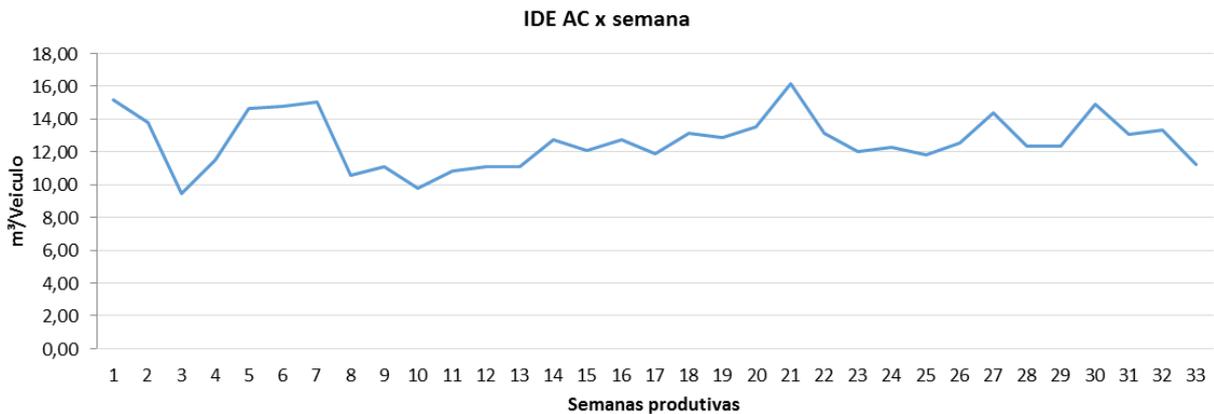
Figura 33. Gráfico de série temporal de consumo de EE e de AC na chaparia.



Fonte: Autoria própria

A Figura 34 apresenta a IDE do consumo de AC pela produção de veículos na chaparia. A média foi de 12,61 m³/veículo com desvio padrão de 1,61 m³/veículo.

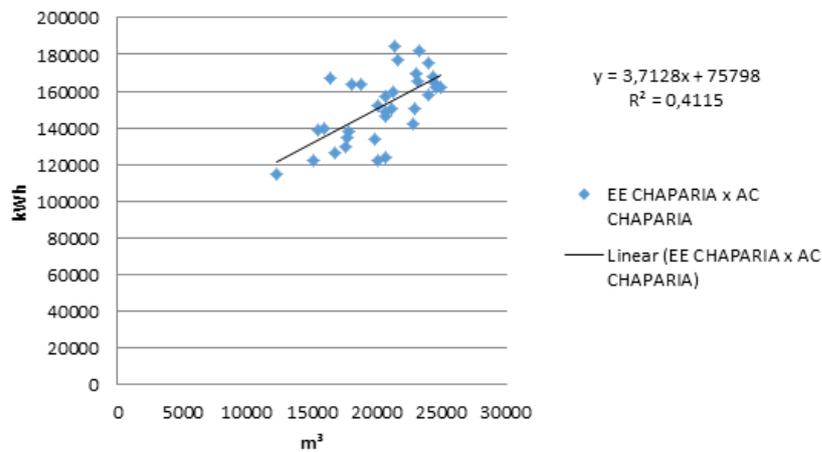
Figura 34. IDE de consumo de AC pela produção de veículos, na chaparia.



Fonte: Autoria própria

A Figura 35, correlaciona os consumos de EE e AC na chaparia. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,4115 apresentando baixa correlação entre os consumos. É esperado esta correlação, pois diferente da EE, não há consumo de AC em horários sem produção de veículos.

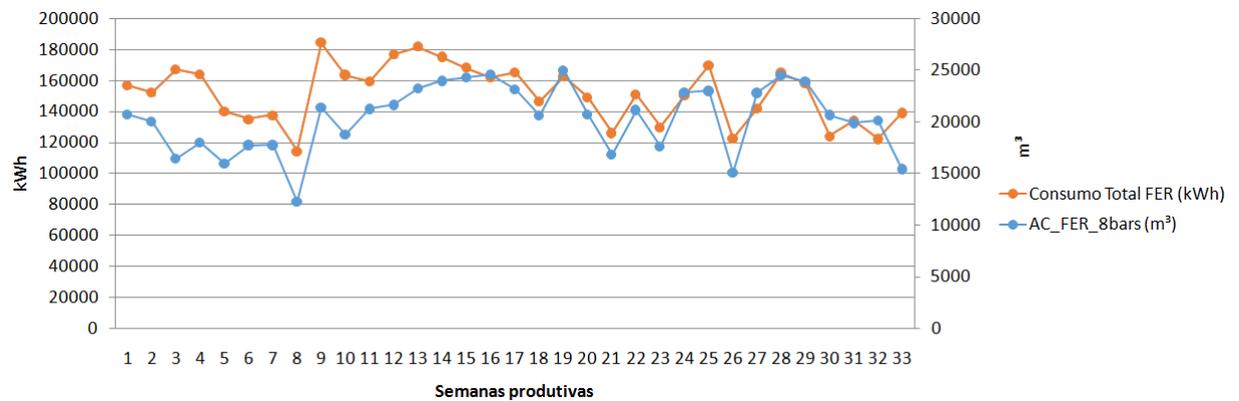
Figura 35. Regressão estatística na chaparia, consumos de AC e EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 36 apresenta a série temporal de consumo de EE e AC na pintura. Observa-se visualmente uma leve incompatibilidade entre as tendências da EE e AC.

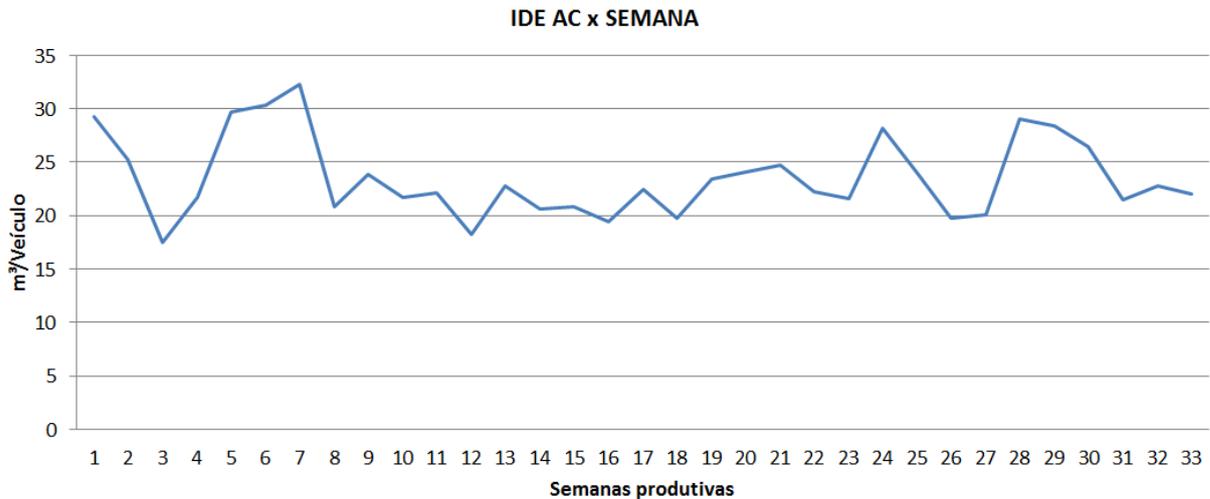
Figura 36. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AC na pintura.



Fonte: Autoria própria

A Figura 37 apresenta a IDE do consumo de AC pela produção de veículos na chaparia. A média foi de 23,5 m³/veículo com desvio padrão de 3,8 m³/veículo.

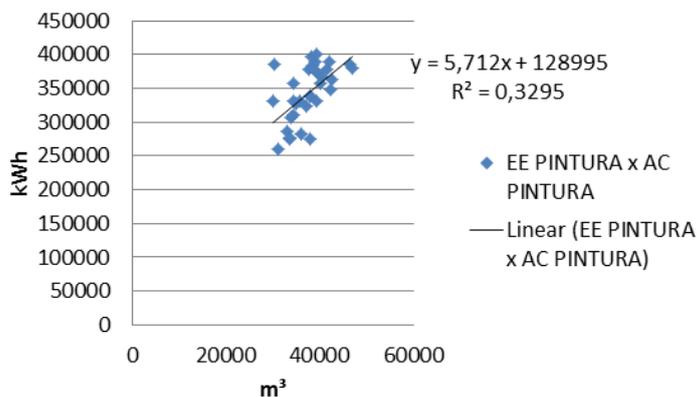
Figura 37. IDE de consumo de AC pela produção de veículos, na pintura.



Fonte: Autoria própria

A Figura 38, correlaciona os consumos de EE e AC na pintura. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,3295 apresentando baixa correlação entre os consumos. É esperado esta correlação, pois diferente da EE, não há consumo de AC em horários sem produção de veículos.

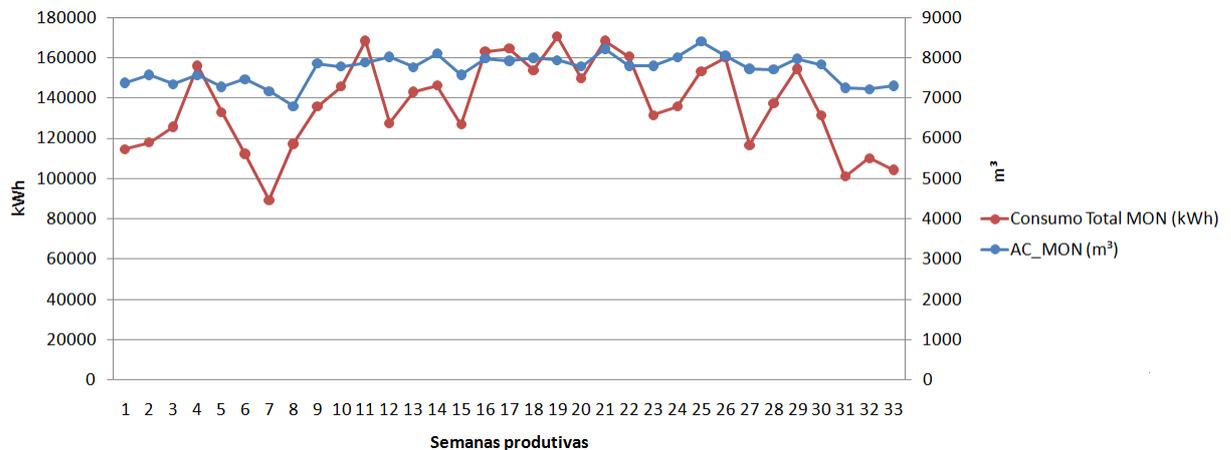
Figura 38. Regressão estatística na pintura, consumo de AC com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 39 apresenta a série temporal de consumo de EE e AC na montagem. Observa-se visualmente uma incompatibilidade entre as tendências da EE e AC.

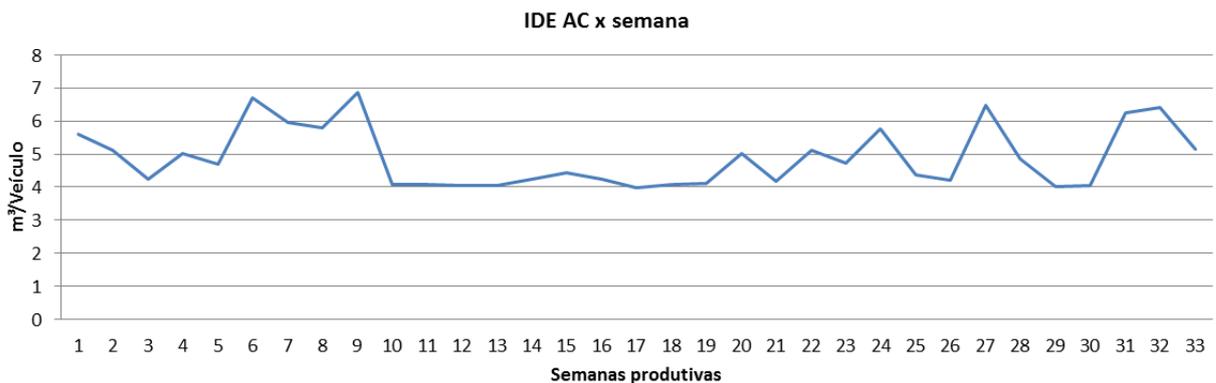
Figura 39. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AC na montagem.



Fonte: Autoria própria

A Figura 40 apresenta a IDE do consumo de AC pela produção de veículos na montagem. A média foi de 4,9 m³/veículo com desvio padrão de 0,9 m³/veículo.

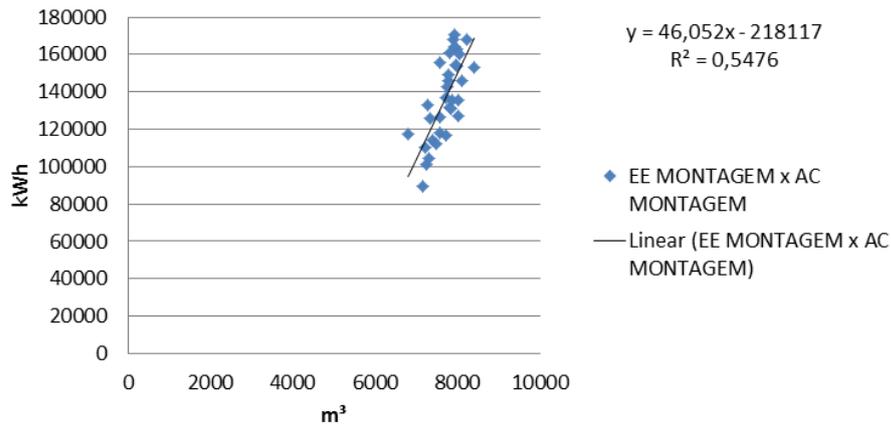
Figura 40. IDE de consumo de AC pela produção de veículos na montagem.



Fonte: Autoria própria

A Figura 41 correlaciona os consumos de EE e AC na montagem. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,5476, apresentando baixa correlação entre os consumos. Ao contrário do esperado, ainda que o R^2 ainda esteja com correlação fraca, era de se esperar que não existisse nenhuma correlação. Isto aponta para o sistema de gestão outro desvio, existindo consumo de energia em horário não produtivos.

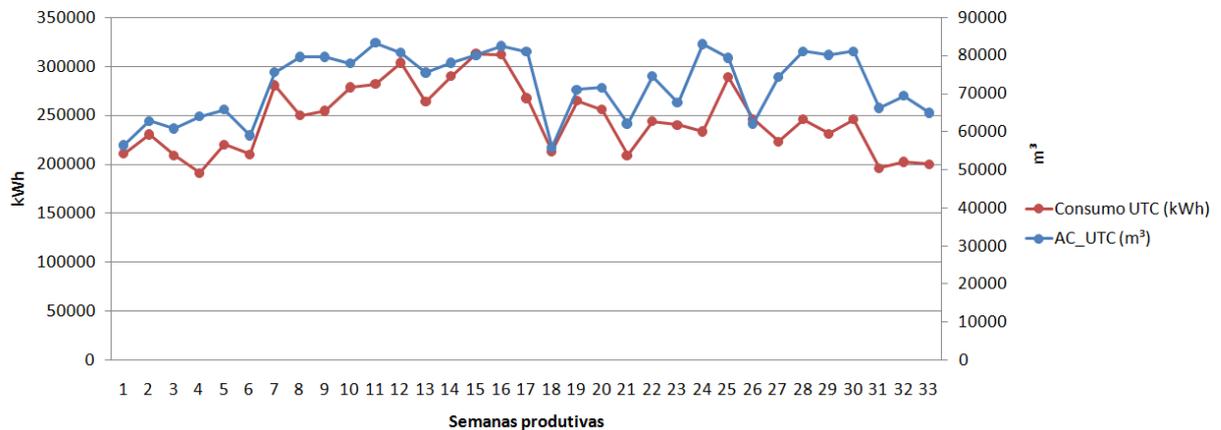
Figura 41. Regressão estatística na montagem, consumo de AC com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 42 apresenta a série temporal de consumo de EE e AC na utilidades. Observa-se visualmente uma leve incompatibilidade entre as tendências da EE e AC.

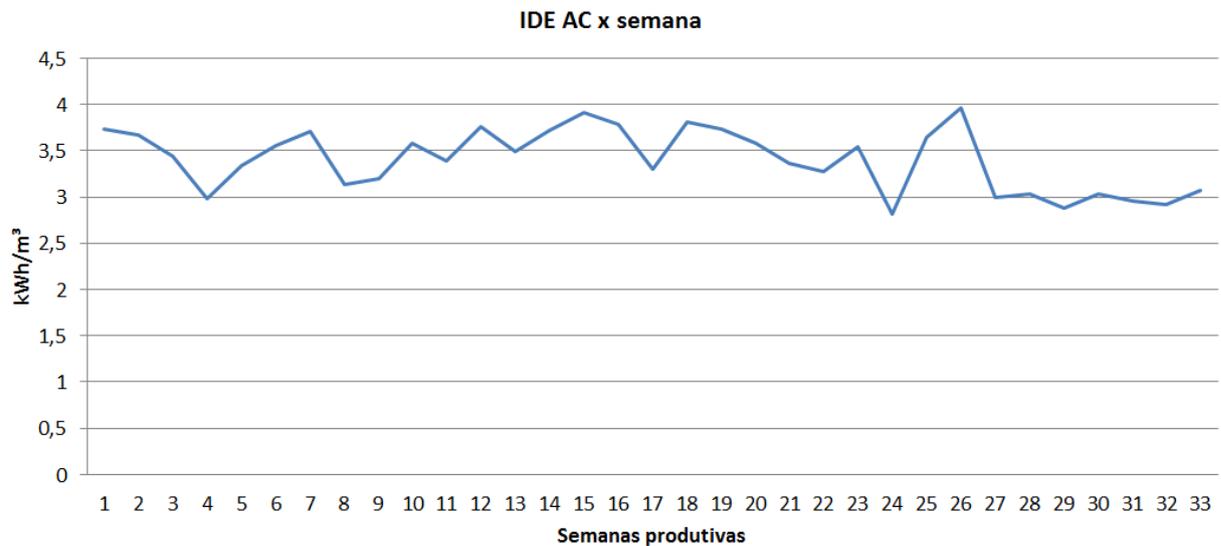
Figura 42. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AC no setor de utilidades.



Fonte: Autoria própria

A Figura 43 apresenta a IDE do consumo de EE pela produção de AC na utilidades. A média foi de 3,4 kWh/m³ com desvio padrão de 0,33 kWh/m³.

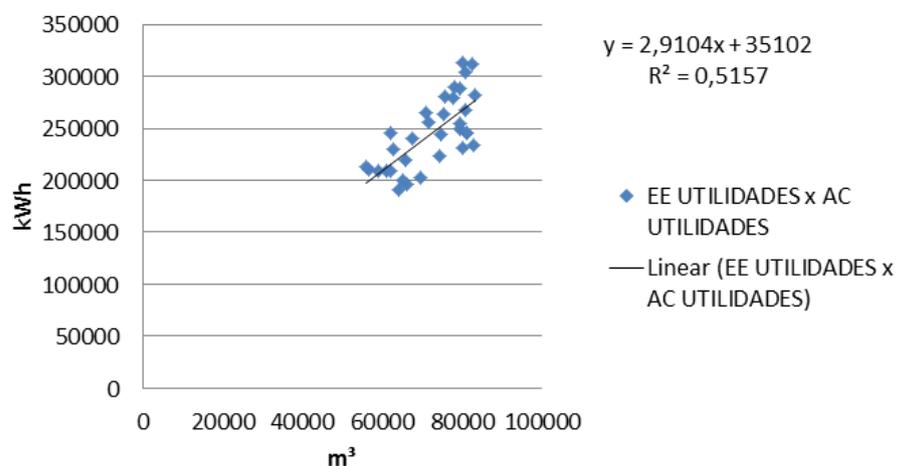
Figura 43. IDE de consumo de EE pela produção de AC no setor de utilidades.



Fonte: Autoria própria

A Figura 44 correlaciona os consumos de EE e AC no setor de utilidades. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,5157 apresentando baixa correlação entre os consumos. Conforme esperado, pois a EE consumida no setor de utilidades é em função de alguns dispositivos pneumáticos no prédio da pintura, considerados processos vitais da planta. Estas cargas são os sistemas de climatização dos servidores, que operam 24 horas por dia e 7 dias da semana.

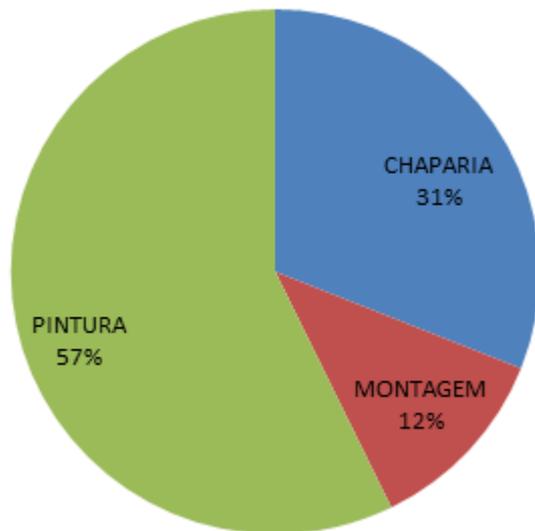
Figura 44. Regressão estatística no setor de utilidades, consumo de AC com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 45 apresenta a média de consumo de AC em percentual das áreas transversais.

Figura 45. Média do consumo de AC anual em porcentagem das áreas transversais.



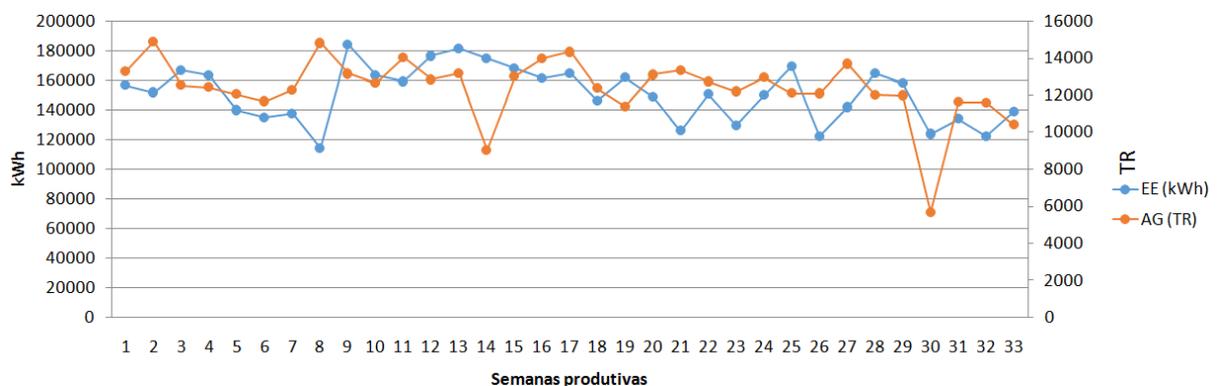
Fonte: Autoria própria

4.3.2.2 Indicador de desempenho energético na CAG

Neste item serão comparados os consumos de energia elétrica com o consumo de água gelada ea construção de novos indicadores com a métrica de consumo de água gelada com a produção de veículo para os setores transversais. As Figuras 46, 47, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 58 de séries temporais apresentados encontram-se em base semanal, compreendendo o período de setembro de 2014 a agosto de 2015. As mesmas 33 semanas que foram analisadas na EE serão as mesmas analisando os consumos de água gelada (AG).

A Figura 46 apresenta a série temporal de consumo de EE e AG na chaparia. Observa-se visualmente uma incompatibilidade entre as tendências da EE e AG.

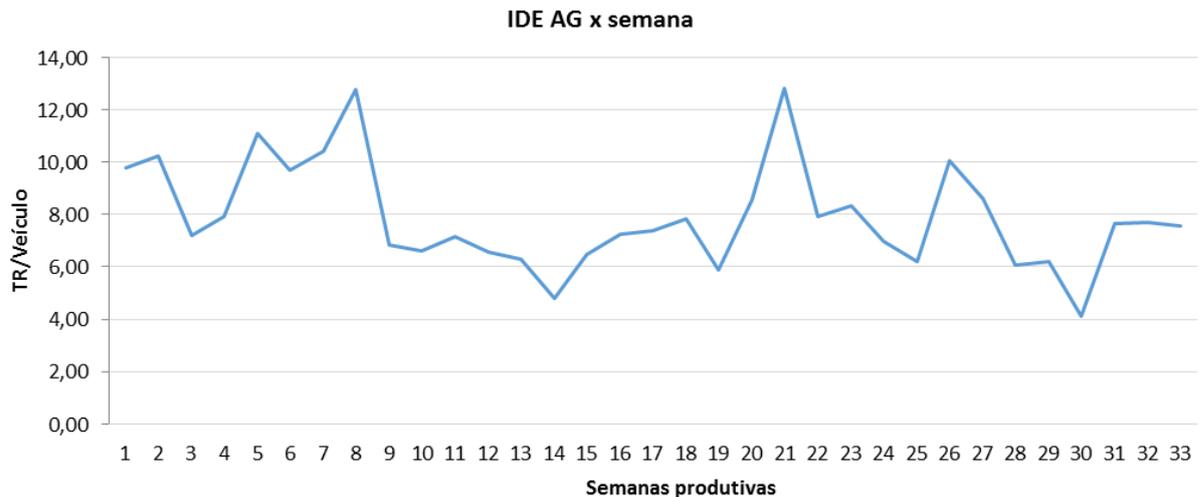
Figura 46. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG na chaparia.



Fonte: Autoria própria

A Figura 47 apresenta a IDE do consumo de AG pela produção de veículo na chaparia. A média foi de 7,91 TR/Veículo com desvio padrão de 2,03 TR/Veículo.

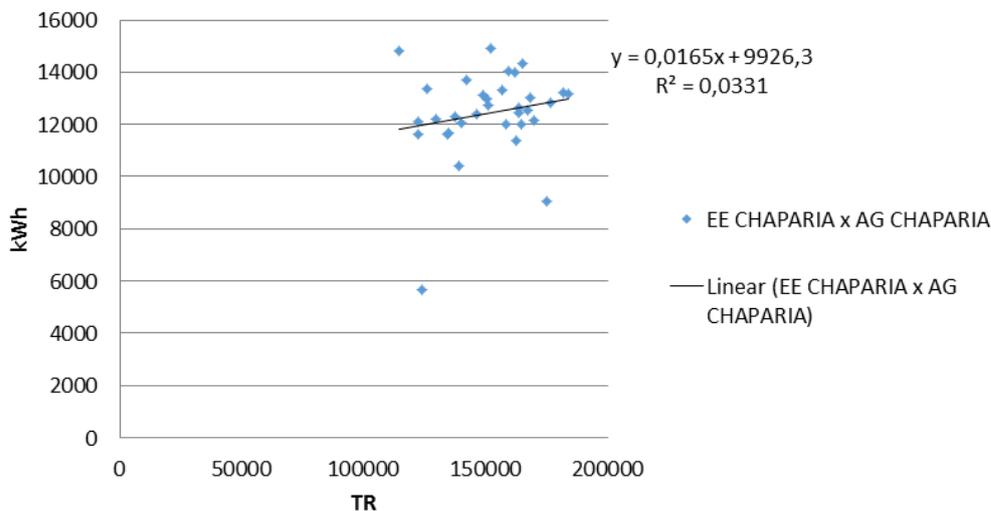
Figura 47. IDE de consumo de AG pela produção de veículo na chaparia.



Fonte: Autoria própria

A Figura 48 correlaciona os consumos de EE e AG na chaparia. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,0331 apresentando nenhuma correlação entre os consumos. O resultado apresentado é esperado, pois a AG é usada para a climatização e para o trocador de calor do resfriamento das pinças de solda. Não poderia existir correlação, pois o consumo de AG depende da temperatura externa, em temperatura baixa, a climatização é desligada e também há menor troca entre o trocador de calor com a AG.

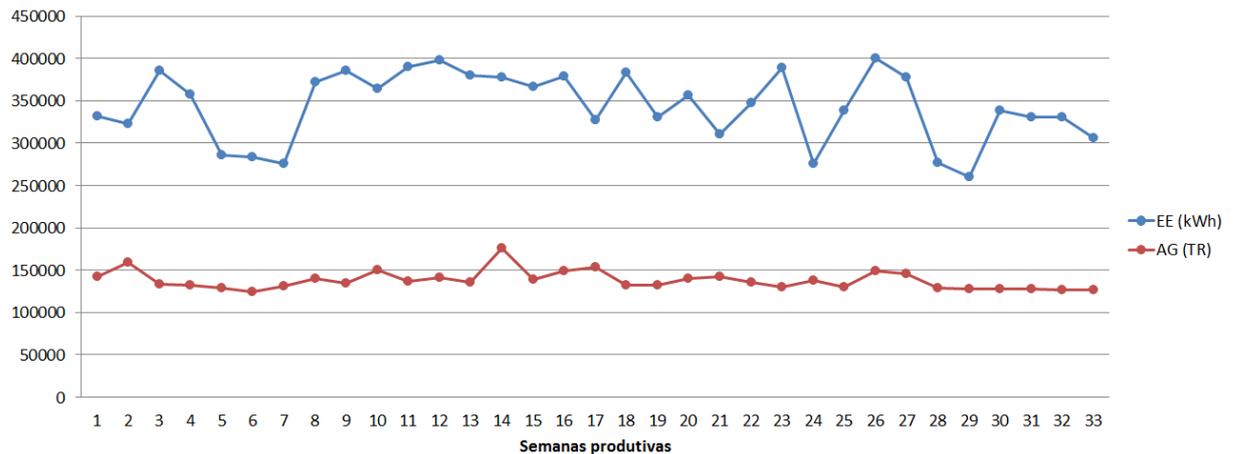
Figura 48. Regressão estatística na chaparia, consumo de AG com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 49 apresenta a série temporal de consumo de EE e AG na pintura. Observa-se visualmente uma incompatibilidade entre as tendências da EE e AG.

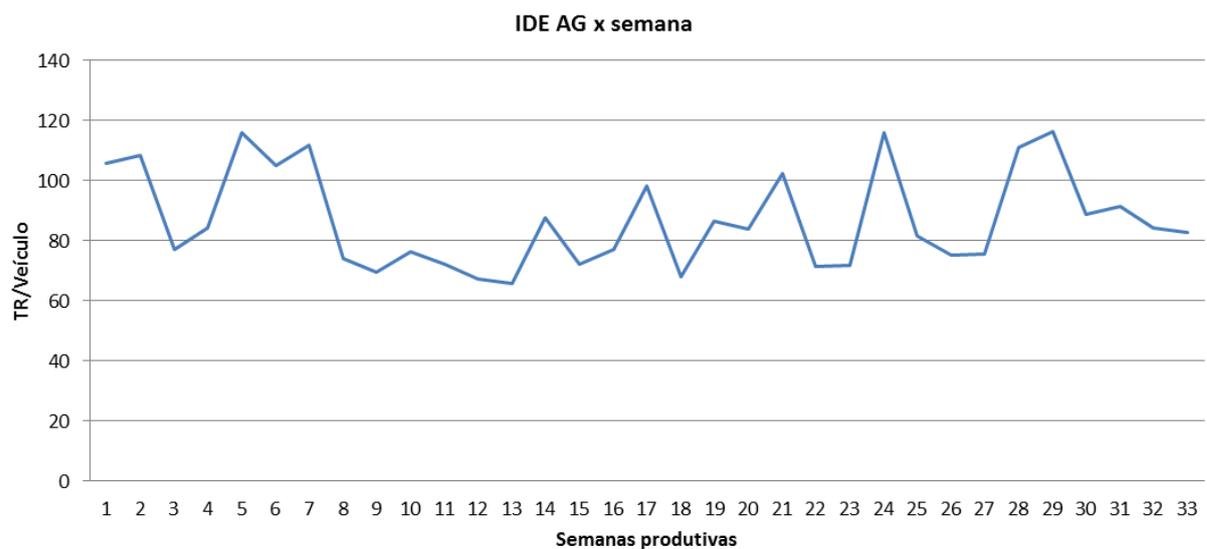
Figura 49. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG na pintura.



Fonte: Autoria própria

A Figura 50 apresenta a IDE do consumo de AG pela produção de veículo na pintura. A média foi de 87 TR/Veículo com desvio padrão de 16,3 TR/Veículo.

Figura 50. IDE de consumo de AG pela produção de veículo na pintura.

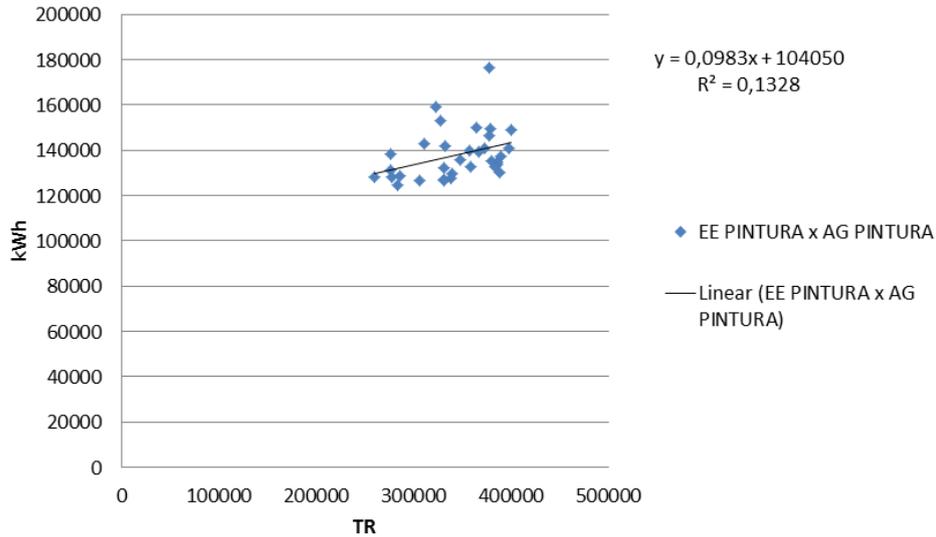


Fonte: Autoria própria

A Figura 51 correlaciona os consumos de EE e AG na pintura. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,1328, não revelando correlação entre os consumos. O

resultado apresentado é esperado, pois a AG é usada para a climatização de todo o prédio. Não poderia existir correlação, pois o consumo de AG depende da temperatura externa.

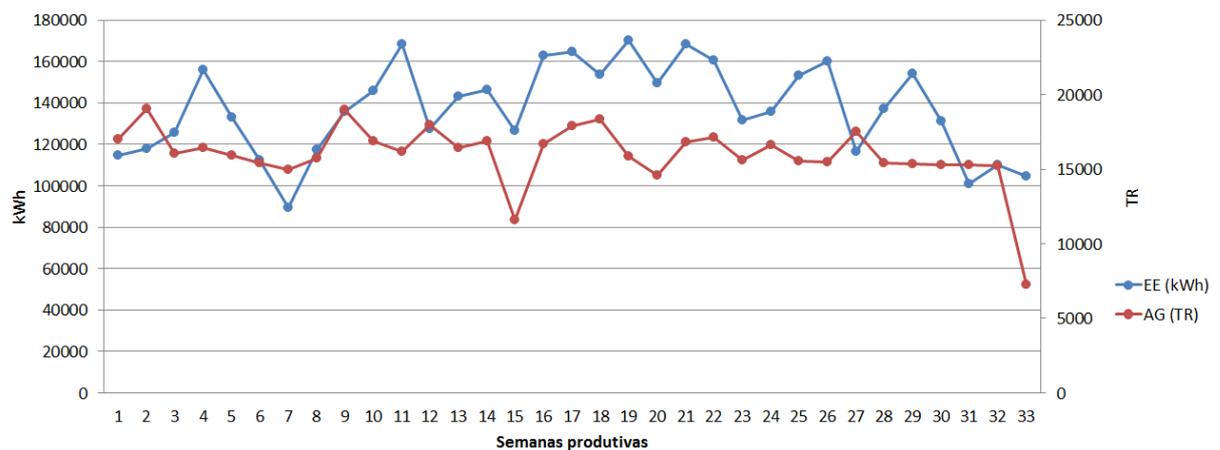
Figura 51. Regressão estatística na pintura, consumo de AG com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 52 apresenta a série temporal de consumo de EE e AG na montagem. Observa-se visualmente uma incompatibilidade entre as tendências da EE e AG.

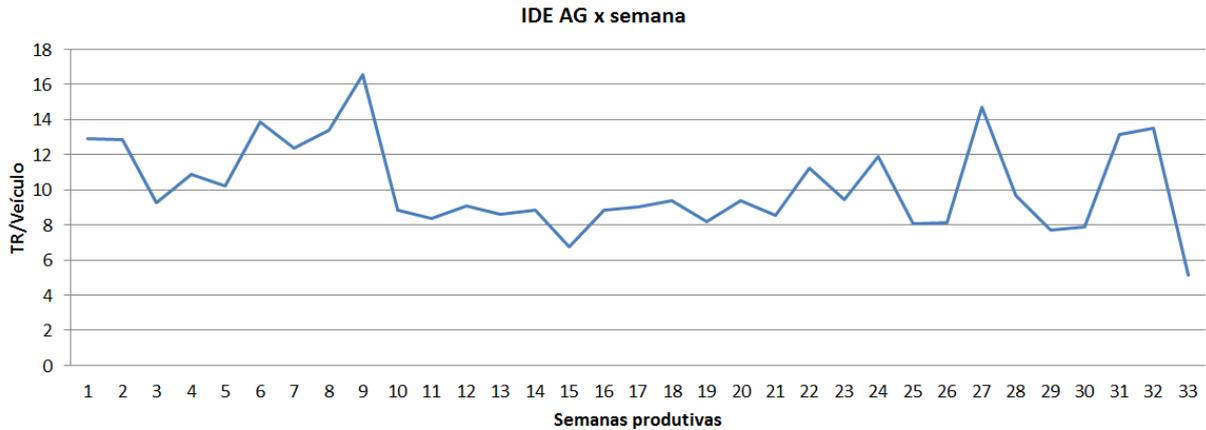
Figura 52. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG na montagem.



Fonte: Autoria própria

A Figura 53 apresenta a IDE do consumo de AG pela produção de veículo na montagem. A média foi de 87 TR/Veículo com desvio padrão de 16,3 TR/Veículo.

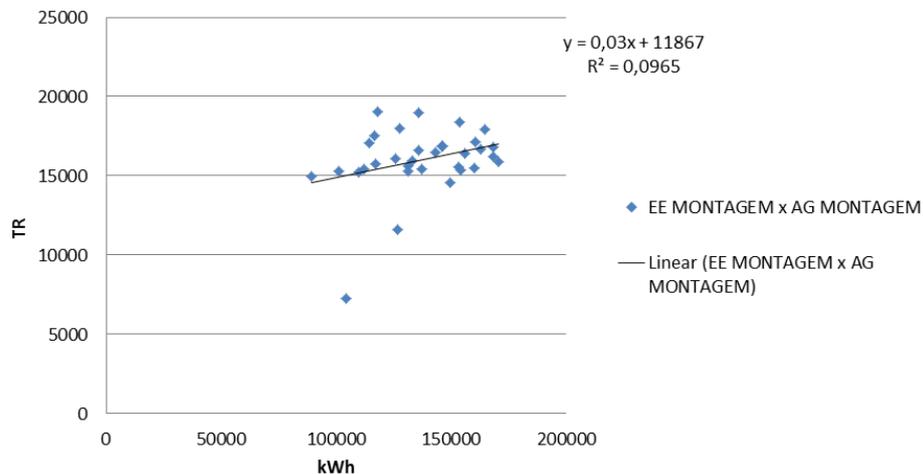
Figura 53. IDE de consumo de AG pela produção de veículo na montagem.



Fonte: Autoria própria

A Figura 54 correlaciona os consumos de EE e AG na montagem. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,0965 apresentando nenhuma correlação entre os consumos. O resultado apresentado é esperado, pois a AG é usada somente para a climatização de conforto. Não poderia existir correlação, pois o consumo de AG depende da temperatura externa.

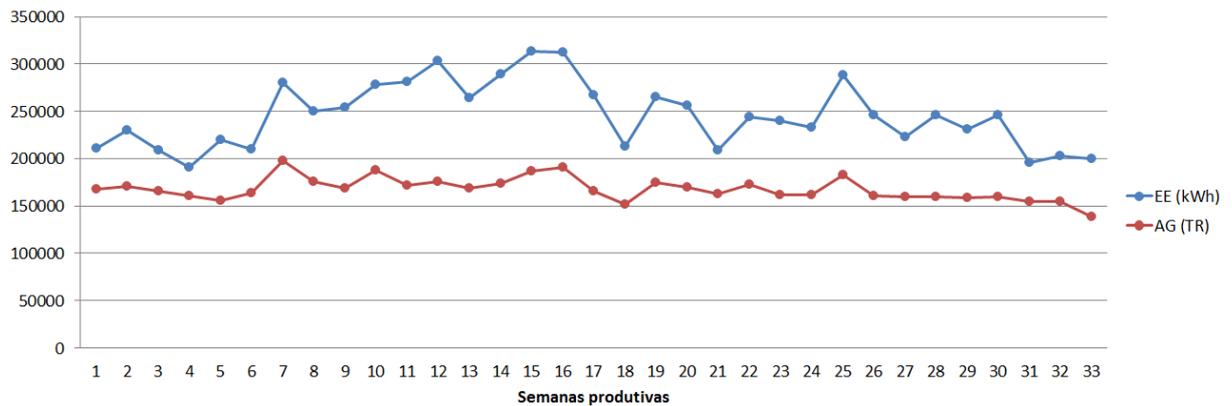
Figura 54. Regressão estatística na montagem, consumo de AG com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 55 apresenta a série temporal de consumo de EE e AG na utilidades. Observe visualmente uma incompatibilidade entre as tendências da EE e AG.

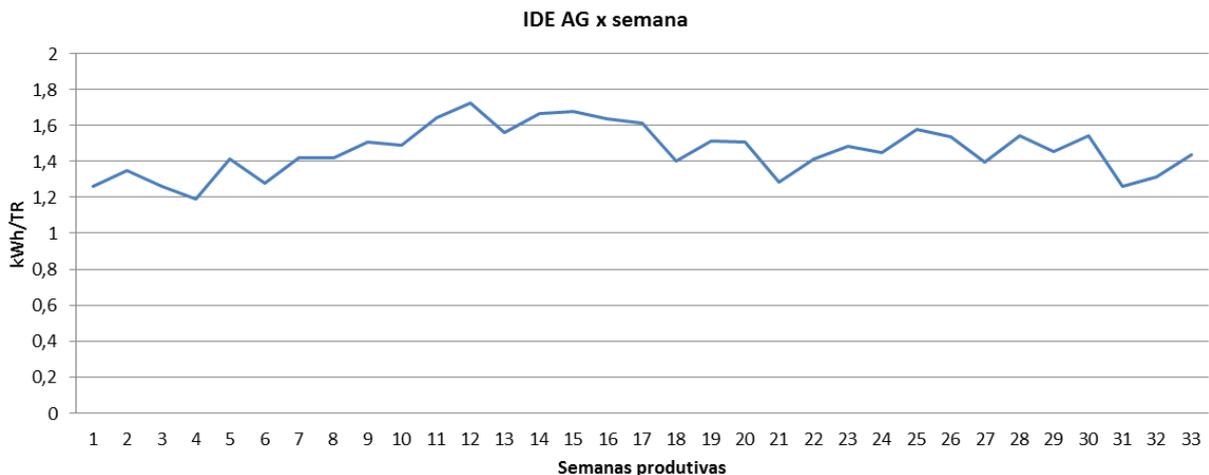
Figura 55. Gráfico de série temporal de consumo de EE e AG no setor de utilidades.



Fonte: Autoria própria

A Figura 56 apresenta a IDE do consumo de EE pela produção de AG na utilidades. A média foi de 1,46 kWh/TR com desvio padrão de 0,14 kWh/TR.

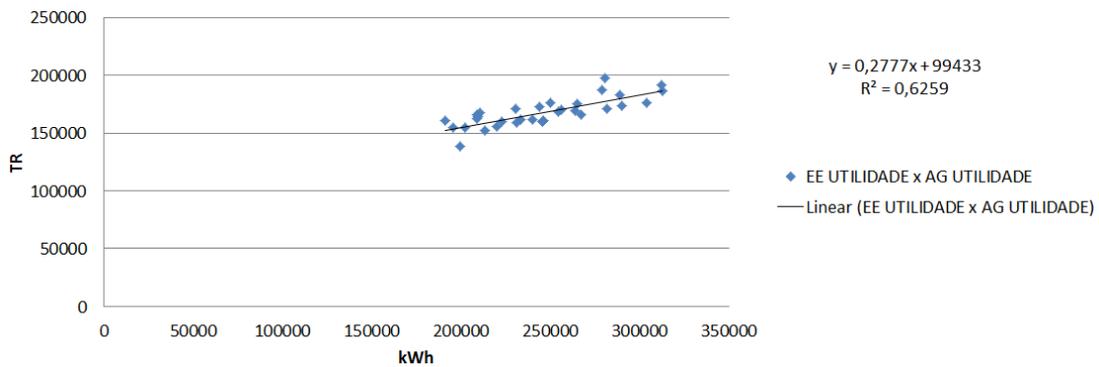
Figura 56. IDE de consumo de EE pela produção de AG no setor de utilidades.



Fonte: Autoria própria

A Figura 57 correlaciona os consumos de EE e AG no setor de utilidades. O coeficiente de determinação de regressão (R^2) foi de 0,6259 apresentando considerável correlação entre os consumos. Conforme esperado, o consumo de EE no setor de utilidades é em função dos chillers que alimentam processos vitais da planta, quando as máquinas estão energizadas, produzem a AG, de modo que estão correlacionados.

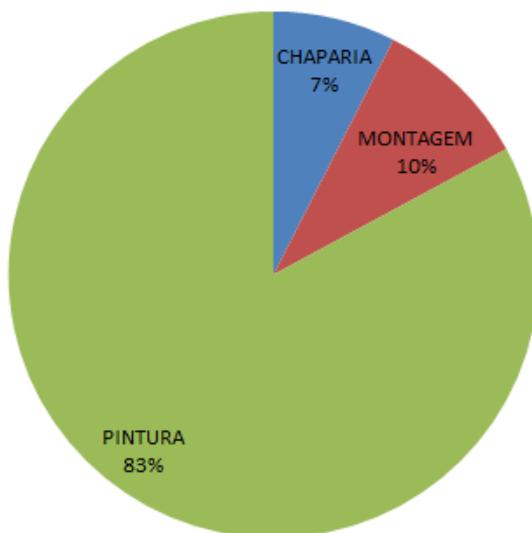
Figura 57. Regressão estatística na utilidades, consumo de AG com o consumo de EE.



Fonte: Autoria própria

A Figura 58 apresenta a média de consumo de AG em percentual das áreas transversais. O maior consumidor de representando 83% do consumo total, é a pintura.

Figura 58. Média do consumo de AG anual em porcentagem das áreas transversais.



Fonte: Autoria própria

4.3.2.3 Fatores relevantes que impactam no desempenho energético

Alguns fatores relevantes, podem variar o desempenho energético de qualquer IDE. Alguns fatores relevantes de forma empírica são:

- Temperatura;
- Volume de produção;
- Pequenas paradas nos equipamentos;
- Qualidade de energia;

- Afundamentos de tensão;
- Consumo quando a produção está parada.

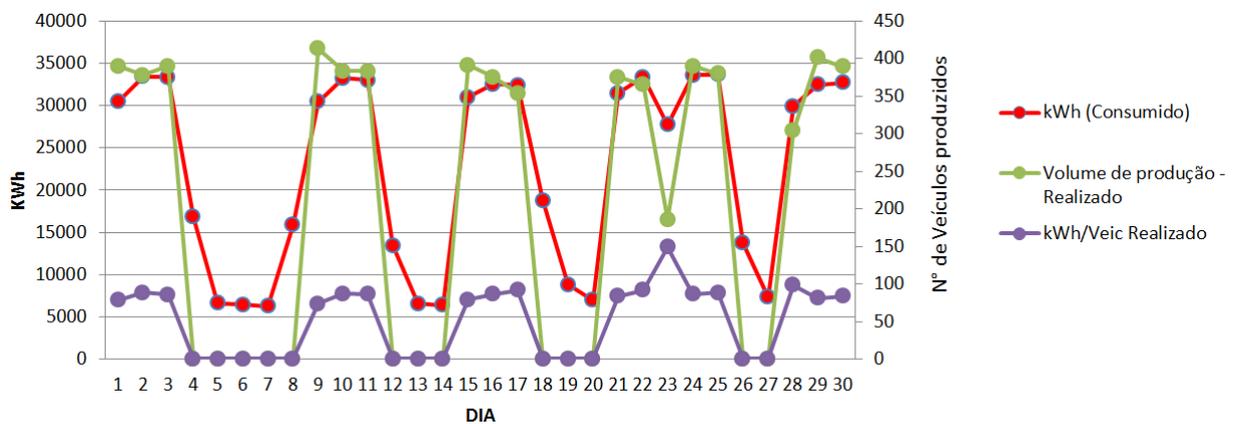
É apresentado neste trabalho, o fator volume de produção. Foi escolhido uma base diária, no período de 30 dias.

4.3.2.3.1 Produção de veículos

As Figuras 59, 60 e 61 apresentarão o volume de produção realizado, EE consumida, e a IDE de consumo de EE pela produção de veículos. Será usado a base diária no período de 30 dias, referente ao mês de setembro de 2015, das áreas transversais.

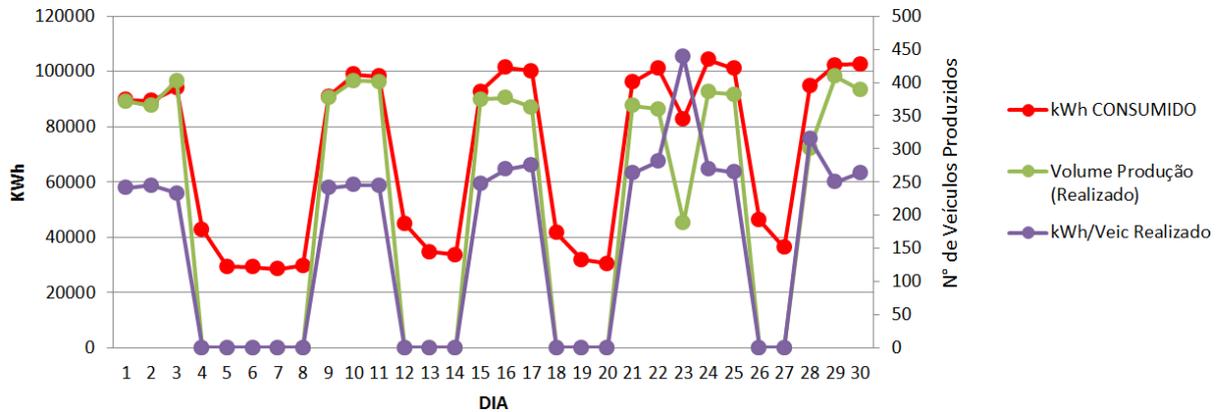
De forma clara, a Figura 59 evidência que o desempenho energético é impactado com a redução de produção de veículos. No dia 23 a montadora produziu 186 unidades, o resultado foi o desempenho energético de 148,98 kWh/Veículo no prédio de produção da chaparia. Para este mesmo dia era prevista a produção de 390 veículos, que resultaria em um desempenho de 89,74 kWh/Veículo.

Figura 59. Série temporal contendo volume de produção, consumo de EE e IDE na chaparia.



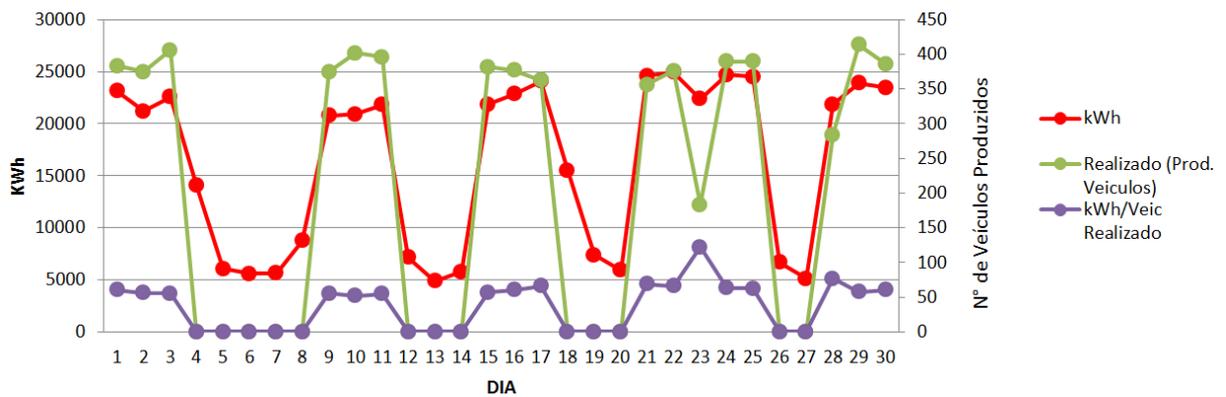
Fonte: Autoria própria

Figura 60. Série temporal contendo volume de produção, consumo de EE e IDE na pintura.



Fonte: Autoria própria

Figura 61. Série temporal contendo volume de produção, consumo de EE e IDE na montagem.



Fonte: Autoria própria

A IDE mostra os resultados conjugados desses indicadores para cada unidade, que quanto menor, significa mais eficiência no processo, devido ao menor consumo energético para cada unidade de veículo produzido. Isto explica o empenho das montadoras de veículos, na busca de reduções de consumo de energia, com objetivo de diminuir o impacto na redução do volume de produção, de forma que não transfira para o consumidor final o aumento do custo pago pela energia na fabricação de veículos.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Análise dos resultados dos consumos de energia elétrica, ar comprimido e água gelada

A apresentação dos dados dos consumos de EE, AC e AG informam quem são os maiores consumidores. Das áreas transversais, o setor de pintura é o maior consumidor de energia elétrica, com 39% do consumo total entre as utilidades e as áreas transversais. Também é o setor de pintura que lidera o consumo de ar comprimido, com 58% do consumo total das áreas transversais, e o consumo de água gelada, com 83% do consumo total disponível para as áreas transversais.

Em segundo lugar, representando os maiores consumidores de EE encontra-se a área de utilidades, representando 29% do consumo total. Os gráficos de regressão das Figuras 25a 27 apresentam que a correlação R^2 é sempre menor que 0,8. Isto indica que a porcentagem de correlação é fraca entre os prédios, quando se comparam os consumos de energia elétrica. Cada área trabalha de forma individualizada. Isto ocorre porque em uma determinada semana há maior consumo em uma área do que em outra. Partindo do princípio que se a montadora para ou reduz sua produção na semana, todas as áreas deveriam reduzir o consumo em uma mesma proporção. O que acontece hoje é que algumas áreas aproveitam a redução da produção ou parada para efetuarem pequenas manutenções que não poderiam executar com a fábrica em produção de veículos, e outros prédios não as realizam, fazendo isto em datas posteriores ou em datas diferentes de outros prédios.

Observa-se visualmente um descasamento entre as tendências da EE, AC e AG. Dificilmente haverá correlação entre eles. Não se percebem claramente componentes sazonais. Ao longo do período em que tal pesquisa foi realizada, observou-se um esforço para controlar o consumo de EE e, ao mesmo tempo, o consumo de AC foi relaxado. Além disso, observam-se alguns picos. As figuras 36, 39 e 42 representam as tendências de consumo de EE e AC para as áreas transversais. Ao contrário do esperado, o coeficiente de determinação da regressão (R^2) é muito baixo para ambos os casos. A comparação entre os consumos de EE e AC não apresenta qualquer correlação. A dispersão dos pontos é acentuada.

Em períodos de férias coletivas, geralmente junho e julho, nota-se que a área transversal chaparia é a que mais reduziu seu consumo. Isto aconteceu por ação do gerente geral da chaparia, que determinou que todos, sem exceção, estivessem de férias – ou seja, nenhuma pessoa trabalhou naquele período.

As séries temporais realçam o descasamento entre os IDE's de EE e AC. As médias desses IDE's podem ser tomadas como metas iniciais para o sistema de gestão de energia. Também deve ser tomada como meta a melhoria do R^2 entre os consumos de EE e AC com a produção de veículos. Quando se fala em processos de AG, deve-se lembrar que esse consumo deve ser influenciado pela temperatura, posto que boa parte dela se destina ao conforto térmico.

Entende-se que a redução do uso de ar comprimido quando não se está usando energia elétrica é um processo que se encontra sob controle. Isto se obtém pelo fato de todas as válvulas do tipo *on-off* instaladas na entrada dos prédios, alimentando-os, serem associadas a controladores programáveis que, de forma automática, fecham-nas quando não há produção.

Os gráficos temporais de consumo de energia elétrica, água gelada e os gráficos de regressão linear referentes à água gelada não apresentaram correlação satisfatória entre estes dados. Outras ações devem ser estabelecidas para reduzir o consumo de água gelada, uma vez que a diminuição do consumo de energia não reflete diretamente na redução do consumo de água gelada, e isto, em princípio, deveria estar ocorrendo. Em alguns casos, como o que ocorre no setor de pintura, alguns processos considerados vitais, que não podem ser desligados, como os banhos de cataforese, tratamento superficial (TTS) e a fosfatização, são processos que utilizam a água gelada, grandes potências de bombas centrífugas estão em funcionamento 24 horas, 7 dias da semana.

5.1.1 Ganhos na contratação de demanda

A demanda contratada e a demanda realizada apresentadas na Tabela 1 e na Figura 15, respectivamente, encontram-se com diferenças, observando-se que no período em análise demandou-se um valor menor do que está o contratado. Seria importante desenvolver uma ação para redução da demanda contratada. Deve se atentar ao item previsto no art. 93 da Res. ANEEL 414/10, na qual se informa a tolerância permitida, caso a nova demanda ultrapasse o valor contratado. Esta ação deve ser priorizada, sabendo-se que, em horário de ponta, a distribuidora cobra de seus clientes uma taxa média anual 59,9% superior se comparado ao horário de fora de ponta. Estima-se que a economia anual com a redução da demanda ultrapasse R\$800.000,00 por ano.

5.1.2 Ganhos na central de ar comprimido

Evidencia-se que em um final de semana, quando não é fechada a válvula automática, há perda de ar, este vazamento representa 8% do consumo total da chaparia, duas ações a serem realizadas, deve-se ter uma ação para implementar novos indicadores de desempenho energético e formar uma equipe denominado equipe caça vazamentos.

5.1.3 Ganhos na instalação de inversores de frequência no controle de vazão

Cerca de 60% da energia elétrica consumida pelo setor industrial norte-americano e europeu se deve aos motores elétricos. No Brasil se estima que o consumo para fins motrizes seja de pouco mais de 50%, em razão da maior densidade de indústrias eletrointensivas. Geralmente, a parcela de consumo de energia elétrica com o acionamento de bombas responde de 30% até 85% do consumo total da planta. Em instalações de tratamento de água e efluentes esse percentual supera 90% (FILIPPO, 2006). O foco é dispendar tempo e análise nos maiores consumidores. A gestão de energia aponta o maior consumidor de EE como sendo a pintura. Depois da primeira análise, convém saber dentro do prédio da pintura, quais os processos representam o maior consumo. Abaixo seguem os principais processos:

- Cabine vedação
- Transportadores
- Cabines de AR / TTS
- Cataforese

Estes processos utilizam sistemas de bombeamento em circuito fechado, em funcionamento por 24 horas e 7 dias da semana. Hoje estes sistemas operam com partida direta e com as válvulas estranguladas.

Foram realizados testes em 10 bombas centrífugas, trocando-se as partidas diretas com as válvulas estranguladas, por inversores de frequência, deixando as válvulas abertas totalmente, variando a velocidade na mesma proporção que o estrangulamento de cada válvula. Na Tabela 2 seguem os modelos e potência de cada bomba, sendo que a experiência foi realizada empiricamente.

Tabela 2: Potência do motor das bombas e a porcentagem das válvulas estranguladas respectivamente.

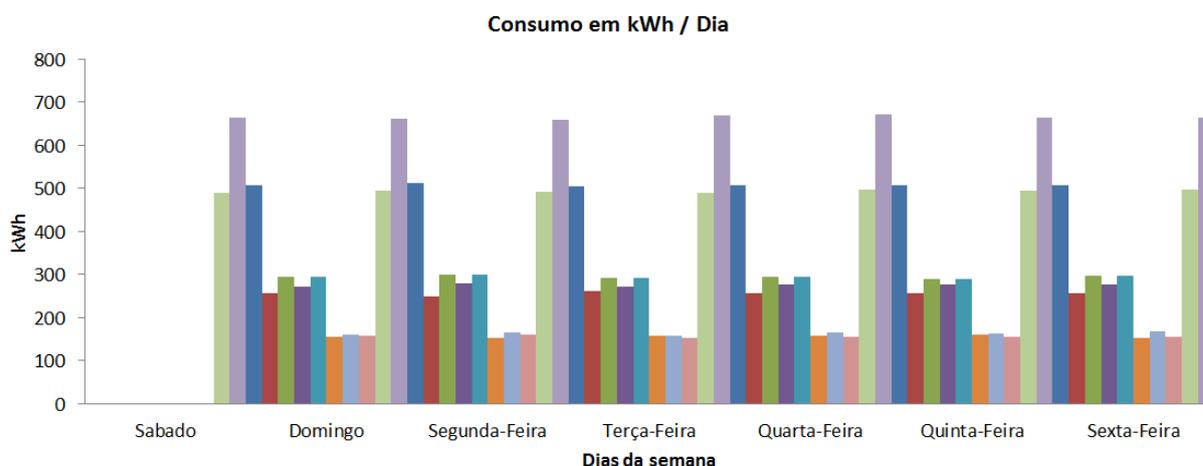
ALIM. PAINEL	NOME DO PROCESSO	POT. BOMBA	MODELO INVER. DE FREQ.
PFAT01	D2	30 kW	ATV61HD37kW(50HP)N4
	R1	15kW	ATV61HD37kW(50HP)N4
	R2	22kW	ATV61HD37kW(50HP)N4
PFAT02	R3	15kW	ATV61HD37kW(50HP)N4
	R4	22kW	ATV61HD37kW(50HP)N4
PFBT01	U1	9,2 kW	ATV61HD11kW(15HP)N4
	U2	11 kW	ATV61HD11kW(15HP)N4
	U3	9,2 kW	ATV61HD11kW(15HP)N4
PFBT02	B2	30 kW	ATV61HD45kW(60HP)N4
	UF	45 kW	ATV61HD45kW(60HP)N4

Fonte: Autoria própria

O levantamento dos dados foi realizado coletando o consumo de energia elétrica de cada processo com o aparelho multimedidor FLUKE 4320.

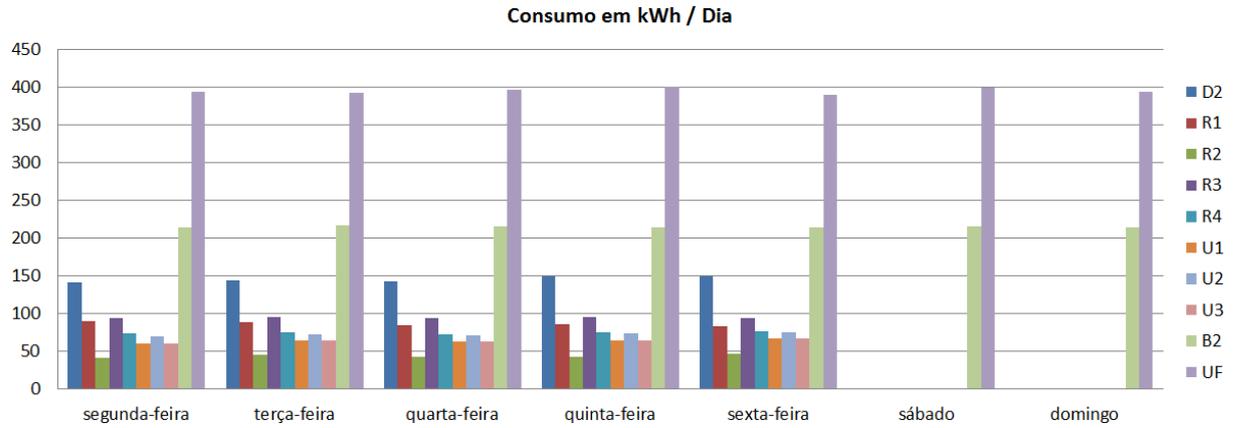
As Figuras 66 e 67 representam os consumos das bombas em dias da semana com a partida direta e o consumo após a instalação dos inversores de frequência, respectivamente. Os vários processos estudados podem ser diferenciados pelas cores. A Figura 67 informa o que cada cor representa. As letras acompanhadas com números – D2, R1, R2, R3, R4, U1, U2, U3, B2 e UF – são processos no TTS e cataforese da área da pintura. Em todos estes processos foram realizados testes com os inversores de frequência.

Figura 62. Consumo de EE das bombas dos processos da pintura, partida direta.



Fonte: Autoria própria

Figura 63. Consumo de EE das bombas dos processos da pintura, inversores de frequência.



Fonte: Autoria própria

Com tais resultados, evidencia-se uma redução significativa nos sistemas de bombeamento. Os inversores foram instalados apenas para testes e até a presente data não o foram definitivamente. A montadora está comprando a montagem dos mesmos de forma definitiva. Estima-se que o ganho anual na economia de energia seja de R\$ 145.000,00.

6 CONCLUSÃO

Uma das etapas mais importantes de um trabalho de gestão energética é a coleta dos dados a serem utilizados na análise, pois com eles pode-se compor indicadores, informar a todos os envolvidos da organização o quanto está sendo consumido, fazer comparações em base diária, semanal, mensal e anual. Aliado a outras variáveis como temperatura, produção, parada de máquinas, o consumo de EE pode ser explicado, como visto nos fatores relevantes que impactam o consumo de EE.

Os dados registrados diariamente não são apenas números sem representação ou sem significado: são consumos registrados que devem sempre manter todos os envolvidos no processo produtivo motivados a realizar ações para a redução deste consumo.

Ferramentas estatísticas foram de importância fundamental, serviram como vigia entre os consumos. O grande descaso observado é em horários sem produção.

Criar novos indicadores de processo teve como premissa a ISO 50001. Estes indicadores servirão de comparação para a própria montadora, sendo a média das 33 semanas, a meta inicial, servindo como linha de base para estas IDE's. Estas IDE's poderão ser comparadas com outras indústrias do ramo automobilístico.

Para os trabalhos futuros, os valores das IDE's criadas, serviram de comparação com outras indústrias do ramo automobilístico e verificar se o desempenho desta montadora está entre as melhores, se verificar é o *bench* entre as automobilísticas, ou quanto é necessário reduzir para ser referência. Propor melhorias para melhorar estes desempenhos, explorando quais fatores afetam significativamente estas IDE's.

Outros assuntos poderão ser explorados, como a melhoria de IDE's através de ações de eficiência energética, dando detalhes de como podem impactar positivamente a IDE, buscando informações relevantes de outras organizações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT.NBR ISO 50001.Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientações para uso.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Anfavea. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira.** jan. 2015. Disponível em: <http://www.lopesmachado.com/downloads/anuario_anfavea_2015.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CARPEHEART, B. L.; TURNER, W. C.; KENNEDY, W. J. **Guide to energy management.**4th ed. The Fairmont Press and Marcell Dekker Inc., 2003.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. **Action research for operations management.** International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

ENERGY INTELLIGENT EUROPE (EIE).(2004). Action, not talk and for an “Energy efficiency watch”’[.http://www.eufors.org/index.php?id=97](http://www.eufors.org/index.php?id=97).

EROL, P.; THOMING, J.**ECO-optimization of pre-treatment processes in metal finishing. Computers and Chemical Engineering.** Computers & Chemical Engineering,v. 30, n. 4,p.587-598, 2005.

FILIPPO, G. **Conservação de energia elétrica em sistemas fluido mecânicos. Revista Eletricidade Moderna,** n. 387, p. 68-84, jun. 2006.

FROZZA, J.F., LAFAY, J.-M., BALDIN, V., MARANGONI F.; **Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia utilizando ABNT NBR ISO 50001;** VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão; Junho, Rio de Janeiro, 2012.

GALISTKY, C.; WORREL, E.**Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the vehicle assembly industry.** Berkeley: Berkeley National Laboratory, mar. 2008.

GUIA AUTOMOTIVO BRASIL, 2015. 49 f.

GUIMARÃES, R. **Comportamento mecânico, elétrico e hidráulico de um sistema de bombeamento sob o enfoque da eficiência energética.** 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2007.

KRAUSE, C. B. et al. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica.** Rio de Janeiro: IBAM/ELETRORÁS/PROCEL, 2002.

LEI,F.;HU,P.A **baseline model for office building energy consumption in hot summer and cold winter region**. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT AND SERVICE SCIENCE,4.,Wuhan,2009.**Proceedings...**Wuhan: Scientific Research Publishing, 2009.

LEITE, F.C. **Modelamento da eficiência energética para o gerenciamento sustentável no setor industrial pela medição e verificação**. 2010.94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

MAY G, TAISCH; PRABHU, M; BARLLETA, VI. **Energy related key performance indicators – state of the art, gaps and industrial needs**. Advances in production management systems. Sustainable production and service supply chains. IFIP Adv Inform Commun Technol, 2013; 414(1):257–67.

MCKANE, A, **Industrial Energy Management: Issues Paper**, prepared for UNIDO Experts Group Meeting: Using Energy Management Standards to stimulate persistent application of Energy Efficiency in Industry, Vienna, Austria, 21-22 March2007.

MCKANE, A. **How ISO 50001 – Energy Management can make industrial energy efficiency standard practice**, July 2010.

MCKANE, A., P. THERKELSEN. **Energy Policy**, July 2013.

MIGUEL, P. A. C. **QFD no desenvolvimento de novos produtos: um estudo sobre a sua introdução em uma empresa adotando a pesquisa-ação como abordagem metodológica**. Produção, v. 19, n. 1, p. 105-128, 2009.

MIYATA, M. **Estimation of Energy Baseline by Simulation for On-going Commissioning and Energy Saving Retrofit**, ICEBO2006- Shenzhen-China, Vol. VI-6-2,2006.

PETTERS, P. **Minimização do efluente gerado em pré-tratamento de pintura automotiva: um caso industrial**. 2008. 215 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2008.

RODRIGUES, W. **Critérios para o uso eficiente de inversores de frequência em sistemas de bombeamento de água**. 2007. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Campinas, Campinas. 2007.

ROWLEY, J.; SLACK, F. **Conducting a literature review**. Management Research News, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004

SAIDEL, M. A. **A gestão de Energia Elétrica na USP: O programa permanente para uso eficiente de energia elétrica**. Texto apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Livre Docente. São Paulo, 2005.

SEELANT, J. **Refrigerador de bebidas de alto rendimento**. V. 53, pp. 48-50, Medianeira, 2011.

TAISCH, M. **Social sustainability: Perspectives on the role of manufacturing. Vol. 414, pp. 62-69**, Amsterdam (2013)

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**.14.ed. aumentada. São Paulo: Cortez, 2005.