

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PEDRO HENRIQUE ROSSI DE SOUZA

**PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA – ESTUDO DE CASO: UTFPR – CÂMPUS MEDIANEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

PEDRO HENRIQUE ROSSI DE SOUZA

**PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA – ESTUDO DE CASO: UTFPR – CÂMPUS MEDIANEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Rubisson Duarte Lamperti

Co-Orientadora: Profa. Me. Carine Cristiane Machado Urbim Pasa

MEDIANEIRA

2017

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA  
ELÉTRICA – ESTUDO DE CASO: UTFPR – CÂMPUS MEDIANEIRA**

Por

**PEDRO HENRIQUE ROSSI DE SOUZA**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 9:10 hrs do dia 13 de junho de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho .....

.....  
Prof. Me. Rubisson Duarte Lamperti  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

.....  
Prof. Me. Carlos Laercio Wrasse  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

.....  
Profa. Me. Carine C. M. Urbim Pasa  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

.....  
Prof. Esp. Alencar Servat  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, Salete, e meus irmãos Hudson e Ana, pelo apoio, compreensão e amor concedido durante toda essa trajetória.

Às minhas tias, Cleuza e Cristina, pelos conselhos e incentivos prestados.

Ao meu orientador Professor Me. Rubisson Duarte Lamperti, e minha co-orientadora Profa. Me. Carine Cristina Machado Urbim Pasa, pelo o auxílio, dedicação e sabedoria compartilhada durante a realização deste trabalho.

Ao coordenador do curso de Engenharia de Produção, Neron Alípio Cortes Berghauser pelo trabalho exercido em prol do curso.

Aos servidores da Universidade que contribuíram com o compartilhamento das informações necessárias para a realização do estudo.

Aos professores que ao longo desses anos repassaram seus conhecimentos e experiências que de alguma forma puderam contribuir com a minha formação.

E por fim, a todos amigos que encontrei durante esta jornada.

*"Às vezes as pessoas são bonitas.  
Não pela aparência física.  
Nem pelo que dizem.  
Só pelo que são."  
(SUZAK, Markuz. 2007)*

## RESUMO

SOUZA, Pedro Henrique Rossi de. **Planejamento de um Sistema de Gestão de Energia Elétrica – Estudo de Caso: UTFPR – Câmpus Medianeira**. 2017. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O aumento da diferença entre a oferta e a demanda por energia, paralelamente com o esgotamento dos recursos naturais, juntos, realçaram a necessidade pela busca por alternativas que pudessem mitigar estes problemas. Desde então, políticas, programas e leis foram criadas com o intuito de promover a eficiência energética nos mais diversos segmentos. Neste contexto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas lançou a norma NBR ISO 50001:2011, a qual estabelece requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão de Energia, incluindo procedimentos de planejamento energético. Desta forma o presente trabalho teve como objetivo implementar o processo de planejamento de um sistema de gestão de energia elétrica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira, com base nos requisitos estabelecidos pela norma ISO 50001:2011, tendo em vista a necessidade de combater o aumento do consumo e da demanda por energia elétrica. Na entrada do planejamento foram realizados testes de correlação com o intuito de verificar e interpretar a influência da temperatura no consumo e na demanda de energia elétrica. Na sequência foi realizado uma revisão energética por meio de análise do histórico do faturamento, bem como do histórico de consumo e demanda de energia. Ainda nesta fase realizou-se a identificação das áreas com uso significativo de energia e dos pontos de desperdícios devido ao uso do ar condicionado. Na fase de saída do planejamento foi estabelecido uma linha de base energética através de modelos de previsão. Na sequência foram estabelecidos indicadores de desempenho e por fim um plano de ação com o intuito de contribuir com o desempenho energético futuro da unidade consumidora.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Gestão de Energia Elétrica, ISO 50001.

## ABSTRACT

SOUZA, Pedro Henrique Rossi de. **Planning of an Electric Energy Management System - Case Study: UTFPR - Câmpus Medianeira**. 2017. 78 pages. Monograph (Graduation in Industry Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The increase in the gap between supply and demand for energy coupled with the depletion of natural resources together highlighted the need to search for alternatives that could mitigate these problems. Since then, policies, programs and laws have been created with the aim of promoting energy efficiency in the most diverse segments. In this context, a Brazilian Association of Technical Standards has issued an ISO 50001: 2011 NBR Standard, an energy management system, including an energy planning procedure. In this way, the present work aimed to implement the planning process of an electric power management system at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira, based on the requirements established by ISO 50001: 2011, in view of the need for combat The increase in consumption and demand for electricity. At the entrance of the planning, correlation tests were carried out in order to verify and interpret an influence of non-consumption temperature and electric power demand. An energy review was then carried out by analyzing the billing history, as well as the history of consumption and energy demand. Even at this stage, the areas with significant energy use and the points of despair due to the use of air conditioning were identified. In the phase out of the planning an energy baseline was established through forecasting models. In the sequence, performance indicators were established and finally a plan of action with the purpose of contributing to the future energy performance of the consumer unit.

Keywords: Energy Efficiency, Electric Energy Management, ISO 50001.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de conversão de energia.....	16
Figura 2 - Modelo de sistema de gestão da energia .....	25
Figura 3 - Diagrama conceitual do processo de planejamento energético .....	27
Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito .....	35
Figura 5 - Formulário 5W2H.....	35
Figura 6 - Processo de planejamento energético .....	38
Figura 7 - Interface da agência virtual da Copel.....	42
Figura 8 - Interface do sistema corporativo acadêmico.....	42
Figura 9 - Desperdícios relacionados com o aparelho de ar condicionado .....	59

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Horários de ponta e fora ponta para uma unidade consumidora .....	21
Gráfico 2 - Melhoria do desempenho ao longo do tempo em relação à linha de base .....	29
Gráfico 3 - Investimentos anuais da Eletrobras nos últimos 5 anos (milhões de reais) .....	32
Gráfico 4 - Economia de energia decorrente das ações do Procel nos últimos 5 anos (bilhões de kWh) .....	32
Gráfico 5 - Consumo (kWh) x Temperatura Mínima Mensal (°C) .....	46
Gráfico 6- Demanda (kW) x Temperatura Mínima Mensal (°C) .....	46
Gráfico 7 - Consumo (kWh) x Temperatura Média Mensal (°C) .....	46
Gráfico 8 - Demanda (kW) x Temperatura Média Mensal (°C) .....	46
Gráfico 9 - Consumo (kWh) x Temperatura Máxima Mensal (°C) .....	46
Gráfico 10 - Demanda (kW) x Temperatura Máxima Mensal (°C) .....	46
Gráfico 11 - Consumo (kWh) x Temperatura Mínima Mensal (°C) - Exceto meses de férias .....	47
Gráfico 12 - Demanda (kW) x Temperatura Mínima Mensal (°C) - Exceto meses de férias .....	47
Gráfico 13 - Consumo (kWh) x Temperatura Média Mensal (°C) - Exceto meses de férias .....	48
Gráfico 14 - Demanda (kW) x Temperatura Média Mensal (°C) - Exceto meses de férias .....	48
Gráfico 15 - Consumo (kWh) x Temperatura Máxima Mensal (°C) - Exceto meses de férias .....	48
Gráfico 16 - Demanda (kW) x Temperatura Máxima Mensal (°C) - Exceto meses de férias .....	48
Gráfico 17 - Histórico mensal do faturamento da UTFPR-MD de abril de 2015 a março de 2017 .....	52
Gráfico 18 - Histórico de consumo (kWh) da UTFPR-MD de janeiro de 2014 a dezembro de 2016 .....	53
Gráfico 19 - Histórico de demanda (kW) da UTFPR-MD de janeiro de 2014 a dezembro de 2016 .....	53
Gráfico 20 - Curva de carga da UTFPR – Câmpus Medianeira com intervalo de integração de 30 minutos .....	54
Gráfico 21 - Índice de Potência e Utilização Bloco H .....	56
Gráfico 22 - Índice de Potência e Utilização Bloco I1 .....	56
Gráfico 23 - Índice de Potência e Utilização Bloco I2 .....	56
Gráfico 24 - Índice de Potência e Utilização Bloco I4 .....	56
Gráfico 25 - Índice de Potência e Utilização Bloco I5 .....	56
Gráfico 26 - Índice de Potência e Utilização Blocos J .....	56
Gráfico 27 - Índice de Potência e Utilização Bloco L2 .....	56
Gráfico 28 - Índice de Potência e Utilização Bloco L4 .....	56
Gráfico 29 - Percentual referente ao Índice de Potência e Utilização de cada Bloco da UTFPR – Câmpus Medianeira .....	57
Gráfico 30 - Previsão do consumo (kWh) para os próximos 12 meses .....	64
Gráfico 31 - Previsão da demanda (kW) para os próximos 12 meses .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tensão de Fornecimento - Grupo A.....	20
Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson .....	39
Tabela 3 - Temperaturas (mínima, média e máxima), Consumo e Demanda da UTFPR – Medianeira de maio de 2014 a novembro de 2016 .....	44
Tabela 4 - Coeficiente linear e angular, coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e classificação .....	45
Tabela 5 - Coeficiente linear e angular, coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e classificação (exceto o mês de janeiro, fevereiro e julho) .....	47
Tabela 6 - Índice de Potência e Utilização dos Blocos da UTFPR – Câmpus Medianeira.....	57
Tabela 7 - Análise comparativa dos erros de previsão do consumo .....	63
Tabela 8 - Coeficiente U de Theil - Consumo.....	63
Tabela 9 - Dados previstos de consumo (kWh).....	64
Tabela 10 - Análise comparativa dos erros de previsão da demanda.....	64
Tabela 11 - Coeficiente U de Theil da demanda .....	65
Tabela 12 - Dados previstos de demanda (kW) .....	66

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tensão de Fornecimento - Grupo B .....	20
Quadro 2 - Resumo das modalidades .....	22
Quadro 3 - Modalidade tarifária aplicada ao grupo A4 .....	49
Quadro 4 - Histórico de faturamento de Consumo e Demanda dos meses do ano de 2016 .....	50
Quadro 5 - Histórico mensal da bandeira tarifária do ano de 2016 .....	51
Quadro 6 - Indicadores de desempenho energético da UTFPR – Câmpus Medianeira .....	61
Quadro 7 - Plano de ação 1 - Causa (Meio-Ambiente) .....	67
Quadro 8 - Plano de ação 2 - Causa (Meio-Ambiente) .....	67
Quadro 9 - Plano de ação 3 - Causa (Máquina) .....	67
Quadro 10 - Plano de ação 4 - Causa (Máquina) .....	68
Quadro 11 - Plano de ação 5 - Causa (Método e Mão de Obra) .....	68
Quadro 12 - Plano de ação 6 - Causa (Método e Mão de Obra) .....	68
Quadro 13 - Plano de ação 6 - Causa (Medida) .....	69
Quadro 14 - Plano de ação 7 - Causa (Medida) .....	69

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
EDP	Energias de Portugal
EE	Eficiência Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IDEs	Indicadores de Desempenho Energético
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
MAD	Mean Absolute Deviation
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
MME	Ministério de Minas e Energia
MSD	Mean Squared Deviation
NBR	Norma Brasileira
NEEA	Northwest Energy Efficiency Alliance
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RGR	Reserva Global de Reversão
SGE	Sistema de Gestão de Energia
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.1.1 Objetivo Geral .....	15
1.1.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	16
2.2 ENERGIA ELÉTRICA.....	18
2.2.1 Demanda e Consumo de Energia Elétrica .....	18
2.2.2 Tipos de Demanda .....	18
2.2.3 Grupos Tarifários.....	20
2.2.4 Estrutura Tarifária.....	21
2.3 SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA.....	22
2.4 NORMA ABNT NBR ISO 50001:2011 – VISÃO GERAL E REQUISITOS DO PLANEJAMENTO .....	24
2.4.1 Política Energética .....	26
2.4.2 Planejamento Energético .....	27
2.4.3 Revisão Energética .....	28
2.4.4 Linha de Base Energética .....	28
2.4.5 Indicadores de Desempenho Energético.....	30
2.5 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.....	31
2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE – 5W2H E DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	34
2.6 TRABALHOS RELACIONADOS .....	36
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO.....	40
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	40
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	41
3.4 MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS .....	43
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>44</b>
4.1 ENTRADA DO PLANEJAMENTO .....	44
4.1.1 Análise da Influência da Temperatura no Consumo e na Demanda .....	44
4.2 REVISÃO ENERGÉTICA .....	49
4.2.1 Análise Tarifária .....	49
4.2.2 Histórico do Faturamento .....	50
4.2.3 Histórico de Consumo e Demanda.....	52
4.2.5 Identificação das Áreas com Uso Significativo de Energia.....	55

4.2.4 Levantamento dos Desperdícios .....	58
4.3 SAÍDA DO PLANEJAMENTO .....	60
4.3.1 Indicadores de Desempenho Energético.....	60
4.3.1 Linha de Base Energética .....	62
4.3.3 Plano de Ação .....	66
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia é imprescindível para o desenvolvimento socioeconômico de um país. O modo como a energia é gerada atualmente reflete diretamente na disposição de recursos energéticos que poderão ser aproveitados pelas gerações futuras (EPE, 2005). O aumento pela demanda de energia e os desperdícios relacionados ao seu respectivo uso provocaram impactos diretos na economia global e no meio ambiente. Frente a este quadro, a eficiência energética e os sistemas de gestão de energia surgiram visando superar os problemas relacionados com o uso dos recursos e o aproveitamento energético. Contudo, deve-se levar em consideração o planejamento energético, sendo este o principal alicerce para implementação de boas práticas para o uso racional de energia.

Segundo Reis (2011), o planejamento energético é a principal estratégia para o progresso do desenvolvimento de qualquer região. Em um contexto mais global, existe uma busca pela relação harmoniosa entre o homem e o planeta com objetivo de favorecer a sustentabilidade. Entretanto, torna-se possível aplicar este conceito mais global em sistemas energéticos locais, seja uma cidade, indústria, fazenda, etc. Portanto, a interação entre as soluções energéticas presentes nos dois contextos, local e global, torna-se o principal objetivo final de um planejamento energético.

Neste contexto a norma ABNT NBR ISO 50001 foi criada com o intuito de estabelecer parâmetros para a criação de sistemas de gestão de energia. Segundo a ABNT (2011) a norma estabelece requisitos de um SGE com o intuito de facilitar que uma organização possa desenvolver uma política energética, bem como desenvolver objetivos, metas e planos de ações, levando em consideração requisitos legais e informações referentes ao uso considerável de energia.

Sendo assim os sistemas de gestão de energia estabelecem práticas gerenciais que promovem a eficiência energética nos mais diferentes segmentos, visando desta forma o uso racional da energia. Tiago (2012), afirma que o mercado dos sistemas de gestão de energia cresceu em ritmo rápido nos últimos anos, porém, boa parte das aplicações destes sistemas estão voltadas somente para a indústria, tendo pouca aplicação na gestão de prédios e edifícios, como exemplo, universidades, hospitais, escritórios e comércios.

Sob este foco, surge a necessidade de avaliar o desempenho energético referente ao uso de energia elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, a qual está localizada na cidade de Medianeira, região Oeste do estado do Paraná. A pesquisa se caracteriza como quantitativa descritiva, a qual teve o intuito de coletar informações do perfil de consumo e demanda de energia, bem como possibilitar a implementação de um planejamento energético na unidade consumidora em estudo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Implementar o processo de planejamento de um sistema de gestão de energia elétrica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira, tendo como base a norma ABNT NBR ISO 50001:2011.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

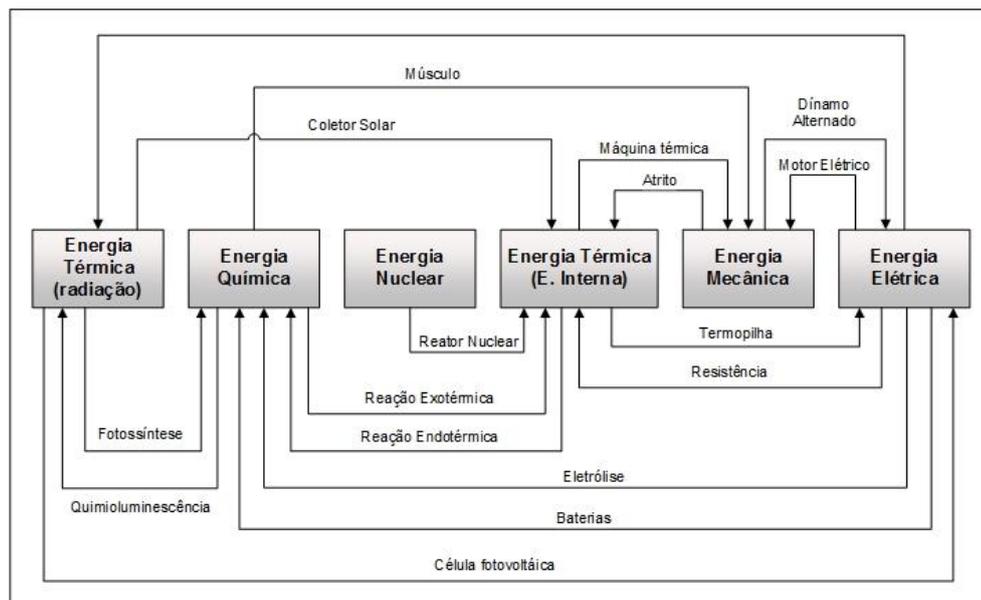
- a) Avaliar a influência da temperatura no consumo e na demanda;
- b) Apresentar a composição tarifária, bem como analisar o histórico de consumo e demanda;
- c) Identificar as salas de aula que apresentam maior potencial de consumo;
- d) Levantar os desperdícios relacionados com o uso do aparelho de ar condicionado;
- e) Criar uma linha de base energética mediante construção de modelos de previsão de consumo e demanda;
- f) Estabelecer indicadores de desempenho energético;
- g) Criar um plano de ação a fim de obter melhorias futuras no desempenho energético.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico é apresentado uma revisão da literatura relacionada ao tema do trabalho proposto, tendo como finalidade levantar os principais conceitos e definições presentes na literatura.

### 2.1 ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Viana et al. (2012), muitos livros abordam o conceito de energia definindo que “*energia é a medida da capacidade de efetuar trabalho*”. Segundo o mesmo autor existe outra definição, proposta por Maxwell em 1872, sendo considerada mais correta que a anterior, afirmando que a “*energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste à esta mudança*”. A energia está disposta de várias formas, podendo desta maneira ser convertida entre si. Sendo assim a Figura 1 apresenta os principais processos de conversão de energia entre as seis formas básicas de energia.



**Figura 1 - Processo de conversão de energia**  
 Fonte: Adaptado de Viana et al. (2012).

Dentre as mais diversas formas de energia as quais possuímos acesso, temos a energia elétrica. Segundo Haddad (2004), por muito tempo a eletricidade esteve muito além da compreensão humana. Contudo com o passar dos anos o conhecimento relacionado a eletricidade foi crescendo e por consequência todos compreendem a sua utilidade e sua devida importância. Logo de imediato a energia elétrica pode ser transformada em outros tipos de energia, sendo elas, energia mecânica, térmica, luminosa, etc. Como característica temos que ela é transportável, tendo suas respectivas vantagens econômicas a longas distâncias, podendo ser aplicada facilmente nos mais variados fins, como no uso doméstico, público, comercial e industrial.

Quando se trata de energia surge uma certa preocupação quanto ao seu respectivo uso, seja ela independente de sua forma, ainda mais quando se trata do seu aproveitamento. Em meio disto surge o termo eficiência energética. Segundo a EPE (2010), a preocupação com a eficiência energética surgiu nos anos de 1970, mais precisamente na época em que houve um choque no preço do petróleo. A partir disto percebeu-se que a utilização de recursos fósseis estava se tornando inviável, tanto pelo o ponto de vista econômico como pelo o ponto de vista ambiental. Contudo, foi notado que uma mesma atividade poderia ser realizada de forma mais eficiente, em outras palavras, poderia ser realizada consumindo menos energia, gerando assim menos impactos financeiros, ambientais, sociais e culturais. Por consequência, práticas e equipamentos começaram a ser analisados em termos de conservação de energia, que através de iniciativas provou-se economicamente viável, ou seja, o custo com a sua implantação tornava-se menor que o custo com a produção e geração de mais energia.

Segundo Leite (2013), a origem do conceito de eficiência energética parte das ciências físicas, que equivale a relação entre a energia fornecida com a energia aproveitada pelos mais diversos aparelhos. Para Martins (1999), compreende-se também que eficiência energética é o conjunto de práticas e políticas que contribui com a redução de custos com energia e com o aumento da parcela de energia ofertada sem que haja alteração na geração. Ainda o mesmo autor, a principal vantagem da eficiência energética é que na maioria dos casos ela é mais barata que a própria produção de energia, em outras palavras, conservar 1kWh é mais vantajoso do que a sua produção.

## 2.2 ENERGIA ELÉTRICA

### 2.2.1 Demanda e Consumo de Energia Elétrica

A demanda corresponde à média das potências elétricas ativas e reativas, sendo elas exigidas pela quantidade de carga em atividade presente na instalação ao longo de um intervalo de tempo distinto (PROCEL, 2011). Segundo Haddad (2004), esta potência média é expressa em quilowatts (kW), sendo calculada por meio da divisão entre a energia elétrica absorvida pela carga instalada, por um  $\Delta t$  respectivo ao tempo de uso.

Já o consumo corresponde ao montante da potência elétrica utilizada em dado período de tempo, sendo este representado em quilowatt-hora (kWh). O consumo de um aparelho elétrico é obtido pela multiplicação da potência do equipamento pelo seu intervalo de tempo de operação, seja ele instalado em uma residência, comércio ou indústria (PROCEL, 2011).

Desta forma torna-se importante ter em mente o conceito de demanda e consumo. Por meio destes conceitos é possível compreender o perfil de consumo e demanda de uma dada instalação. Conhecer a demanda torna-se importante para que seja possível alimentar a energia necessária solicitada pela carga instalada em uso, e por sua vez, compreender o consumo possibilita medir o gasto de um aparelho e o impacto que ele terá na fatura de energia.

### 2.2.2 Tipos de Demanda

Não somente a demanda, mas também outros aspectos relacionados com o fornecimento de energia, ambos estes são regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica, a qual estabelece condições gerais de fornecimento de energia elétrica e definições por meio da Resolução Aneel nº 456, de 29 de novembro de 2000. Como visto anteriormente foi definido o conceito de demanda, portanto, torna-se

necessário especificar os tipos de demanda que compõe o sistema tarifário brasileiro, como apresentado a seguir:

a) Demanda Contratada

Segundo a Copel (2005), a demanda contratada é a demanda de potência ativa que a distribuidora de energia é obrigada fornecer continuamente, de acordo com o valor e prazos de vigência estabelecidos no contrato de fornecimento. O contratante deve pagar a demanda contratada mesmo não sendo utilizada ao longo do período de faturamento.

b) Demanda de ultrapassagem

A demanda de ultrapassagem equivale a quantia da demanda medida que ultrapassa o valor da demanda contratada fixada em contrato, sendo ela representada em quilowatts (kW) (PROCEL, 2011).

c) Demanda faturável

A demanda faturável é utilizada para fins de cobrança, sendo ela aplicada diretamente na tarifa, a qual corresponde pelo maior valor verificado entre a demanda contratada e demanda medida (EDP BANDEIRANTE, 2004).

d) Demanda medida

Já a demanda medida corresponde a maior demanda de potência ativa, sendo identificada mediante medição, integralizada em um período de 15 minutos ao longo do intervalo de faturamento (ANEEL, 2000).

### 2.2.3 Grupos Tarifários

O sistema tarifário brasileiro classifica as unidades consumidores em dois grupos distintos: Grupo A, o qual tem tarifa binômia, e, Grupo B, o qual tem tarifa monômia (PROCEL, 2011). Segundo a Aneel (2010), os subgrupos do Grupo A, exceto o subgrupo AS, são classificados conforme a tensão de atendimento. Já os subgrupos do Grupo B seguem o fundamento de classe de atendimento.

Segundo a Copel (2005), o Grupo A corresponde as unidades consumidores que necessitam de fornecimento igual ou superior a 2.300 V, além disso, quando atendidas em tensão abaixo de 2.300 V no caso de sistema subterrâneo de distribuição. Este grupo obedece a estrutura tarifária binômia, sendo subdividido conforme a Tabela 1 apresenta.

**Tabela 1 - Tensão de Fornecimento - Grupo A**

<b>Subgrupos</b>	<b>Tensão de Fornecimento</b>
A1	≥ 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Subterrâneo

**Fonte: Haddad (2004).**

Conforme a Copel (2005), já o Grupo B é composto por unidades consumidoras que necessitam de fornecimento em tensão inferior a 2.300 V, além disso, quando atendidas em tensão superior a 2.300 V, fazendo parte desta forma da estrutura tarifária monômia, sendo subdivida conforme apresentado no Quadro 2.

<b>Subgrupos</b>	<b>Classe de Atendimento</b>
B1	Residencial
B1	Residencial Baixa Renda
B2	Rural
B2	Cooperativa de Eletrificação Rural
B2	Serviço Público de Irrigação
B3	Demais Classes
B4	Iluminação Pública

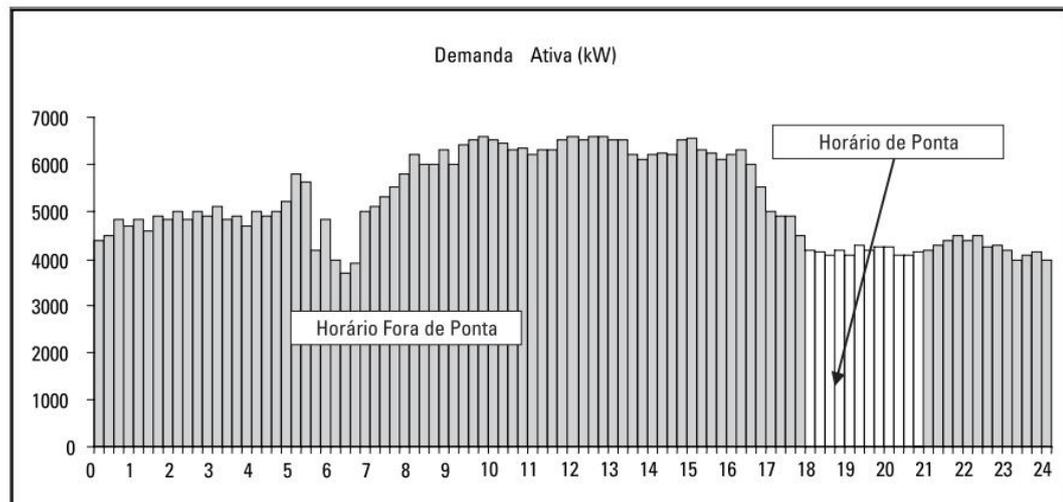
**Quadro 1 - Tensão de Fornecimento - Grupo B**

**Fonte: Haddad (2004).**

## 2.2.4 Estrutura Tarifária

Antes de citar os tipos de estruturas é importante definir o conceito de horário ponta, horário fora ponta, período úmido e período seco.

O horário ponta é o período de tempo estabelecido pela distribuidora de energia composto por 3 horas diárias consecutivas, porém, este período é desconsiderado nos sábados, domingos e feriados. Já o horário fora ponta corresponde ao período de horas consecutivas e complementares em relação ao período definido no horário ponta (COPEL, 2005). Neste contexto o Gráfico 1 representa melhor os períodos mencionados anteriormente.



**Gráfico 1 - Horários de ponta e fora ponta para uma unidade consumidora**  
**Fonte: Haddad (2004).**

Segundo EDP Bandeirante (2004), o período úmido faz referência a estação em que há maior incidência de chuvas no território nacional, que corresponde a um período de 5 meses, de dezembro a abril do ano seguinte. O período seco corresponde a estação em que há maior estiagem de chuva, composto por um período de 7 meses, de maio a novembro.

A estrutura tarifária é definida como o conjunto de tarifas aplicadas nos elementos de consumo e/ou demanda de potência ativa, conforme a modalidade de fornecimento. Deste modo, no Brasil as tarifas do Grupo A são compostas por 3 modalidades de fornecimento, sendo elas: estrutura tarifária convencional, estrutura tarifária horo-sazonal verde e estrutura tarifária horo-sazonal azul (PROCEL, 2011).

A estrutura tarifária convencional se caracteriza por exercer um sistema de tarifa de consumo e demanda de potência em que desconsidera o horário e o período do ano de utilização (HADDAD, 2004). Para EDP Bandeirante (2004), o valor da tarifa exercido sobre o consumo e a demanda é o mesmo durante todo o período. As unidades consumidoras do Grupo A, subgrupos A3a, A4 ou AS são enquadradas na estrutura tarifária convencional somente quando a demanda contratada for menor que 300 kW, contanto que nos últimos 11 meses não tenha 3 registros consecutivos ou 6 registros alternados de demanda acima de 300kW (PROCEL, 2011).

Segundo EDP Bandeirante (2004), o consumo da estrutura tarifária horosazonal verde segue uma restrição de uso por período do dia e período do ano, que por sua vez tem tarifa de cobrança diferenciada, diferentemente da demanda, a qual tem uma única tarifa ao longo do período todo. Por sua vez, a estrutura tarifária horosazonal azul tem tarifas de cobrança diferenciadas para o período de horário, tanto para o consumo como para a demanda. Contudo, o consumo ainda segue a diferenciação de tarifa por período do ano.

Por fim o Quadro 2 resume as modalidades tarifárias conceituadas em função do preço cobrado.

	<b>Azul</b>	<b>Verde</b>	<b>Convencional</b>
Demanda (kW)	Um preço para ponta	Preço único	Preço único
	Um preço para fora ponta		
Consumo (kWh)	Um preço - ponta - período úmido		Preço único
	Um preço - fora ponta - período úmido		
	Um preço - ponta - período seco		
	Um preço - fora ponta - período seco		

**Quadro 2 - Resumo das modalidades**  
**Fonte: Haddad (2004).**

### 2.3 SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

Entende-se como gestão de energia um conjunto de procedimentos administrativos que controla o uso e o consumo da energia visando sempre melhorar

o desempenho nos processos, considerando o transporte, armazenamento e conversão de vetores energéticos. Desde que o sistema tenha uma boa gestão, torna-se possível compreender como a energia é usada e criar um sistema que implemente medidas com o objetivo de reduzir o custo e o consumo com energia. Contudo, um sistema de gestão de energia é capaz de implementar melhorias no desempenho energético das organizações, que por consequência colabora na redução dos custos e na redução dos efeitos climáticos (PINTO, 2014).

De forma mais simples, Castro (2015) destaca os principais procedimentos da gestão de energia, sendo estes apresentados a seguir:

- a) Conhecer quem, como, quando e quanto consome de energia.
- b) Acompanhar o histórico dos consumos de energia.
- c) Implementar ações que visem a conservação de energia e solucionar problemas socioambientais presentes e futuros.
- d) Ter controle sobre os investimentos e ações propostas.

Schneider Eletric (2012) ressalta que os procedimentos incluídos na ISO 50001 são exclusivos para o gerenciamento de energia e são de suma importância para defini-lo. A ISO define que um sistema de gestão de energia é formado por um conjunto de elementos inter-relacionados, sendo composto por uma política energética e seus respectivos objetivos, bem como por processos e procedimentos que visam o alcance das metas.

Já no âmbito da energia elétrica tem-se exigido cada vez mais o gerenciamento racional entre o lado da oferta de energia, por parte dos sistemas elétricos de potência, e também pelo lado da demanda, sendo eles os consumidores do segmento industrial, comercial e residencial, onde ambos lados visam a redução tarifária, a minimização das perdas e a qualidade do fornecimento. Entretanto, a falta de um sistema de gestão energética gera um impacto que pode ser encarado por meio de duas perspectivas: pelo lado da oferta o uso ineficiente pode causar perdas ao sistema e o mal dimensionamento que representa déficit na infraestrutura. Pelo lado da demanda (empresa, comércio ou residência), a falta de otimização no processo de contratação do fornecimento de energia elétrica gera desperdícios de oportunidades, incidências de multas e por consequência um aumento do custo do produto final (BATISTA et al., 2012).

Neste contexto constata-se que a gestão de energia não é uma tarefa fácil, isso porque encontra-se dificuldades na obtenção de dados históricos de consumo de

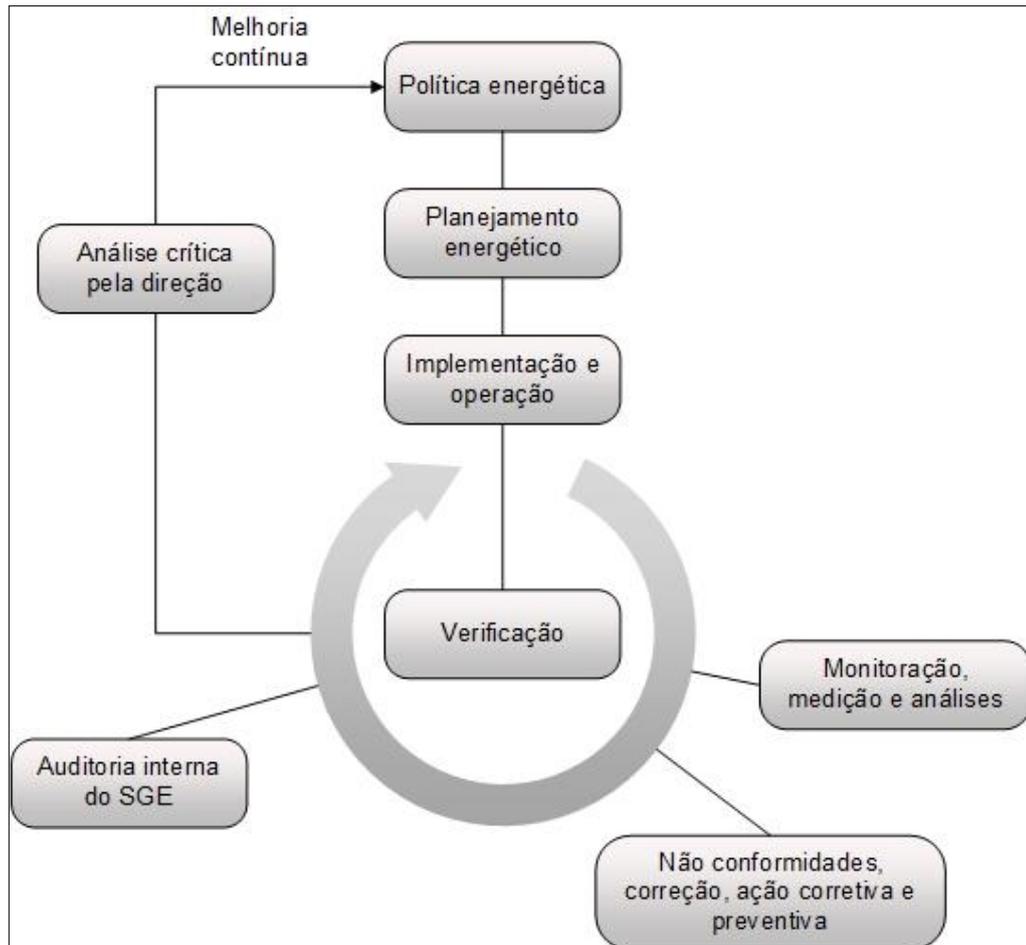
energia elétrica, que por muitas vezes são transformados em informação para auxiliar na tomada de decisão dos gestores. Contudo, um sistema de gestão de energia é controlado sistematicamente e possui acompanhamento diário, características que somadas o tornam mais eficaz que qualquer outro programa de eficiência energética (CASTRO, 2015).

#### 2.4 NORMA ABNT NBR ISO 50001:2011 – VISÃO GERAL E REQUISITOS DO PLANEJAMENTO

A ISO (*International Organization Standardization*) é uma organização internacional não governamental que através de seus membros desenvolvem normas internacionais que são aderidas por 163 organismos nacionais de normalização. Através de seus membros as normas são desenvolvidas e editadas visando apoiar a inovação e colaborar com as soluções de problemas globais. As normas internacionais dão especificações de classe mundial para produtos, serviços e sistemas com o intuito de garantir a qualidade, segurança e a eficiência nas mais diversas atividades, bem como facilitar o comércio internacional (ISO, 2016).

A ISO 50001 é uma norma estruturada pela própria ISO que através de suas estratégias serve de modelo para ajudar as organizações gerir as práticas relacionadas a energia e seus recursos (SCHNEIDER ELETRIC, 2012). A Norma estabelece requisitos de um SGE que somados possibilitam o desenvolvimento e a implementação de uma política energética, tal como estabelecer objetivos, metas e planos de ação, considerando os requisitos legais e informações ligadas ao uso significativo de energia. Considerando o nível de complexidade e o grau de documentação das organizações, a norma oferece flexibilidade quanto ao ajuste de sua aplicação (ABNT, 2011).

Conforme a ABNT (2011), a norma se baseia no ciclo *Plan- Do-Check-Act*, que visa a melhoria contínua e adiciona a gestão energética nas técnicas e atividades das organizações, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2 - Modelo de sistema de gestão da energia**  
**Fonte: Adaptado de ABNT (2011).**

A mesma norma ainda detalha as atribuições de cada componente do ciclo PDCA, sendo eles descritos a seguir:

*Plan* (Planejar): executar a revisão energética e estabelecer linha de base, indicadores de desempenho energético (IDEs), objetivos, metas e planos de ação necessários visando resultados em conformidade com as oportunidades de melhoria de desempenho energético e com a política energética da organização.

*Do* (Fazer): implementar os planos de ação da gestão da energia.

*Check* (Verificar): monitorar e medir processos e características principais das suas operações que determinam o desempenho energético em relação à política energética da organização.

*Act* (Agir): tomar ações para melhorar continuamente o desempenho energético e o SGE.

Segundo Pinto (2014), o PDCA é capaz de conduzir qualquer negócio para o sucesso, independente do ramo ou da atividade, garantindo assim o alcance dos resultados. Primeiramente começa-se pelo planejamento, onde ações são planejadas que na sequência entram em processo de execução. Após esta etapa, verifica-se,

constantemente e repetidamente, tudo aquilo que foi executado com o que foi planejado a fim de eliminar ou pelo menos diminuir os erros na execução. Portanto, o ciclo PDCA estrutura o fluxo de ações que estabelecem o sistema de gestão de energia, possibilitando assim uma melhoria constante no processo.

#### 2.4.1 Política Energética

Segundo o item 3.14 da norma ABNT (2011), a política energética é uma declaração da organização que contém diretrizes e intenções relacionadas ao desempenho energético, devendo ser expressas formalmente pela alta cúpula da direção.

De acordo com a mesma norma, a direção deve garantir que a política energética:

- a) Seja apropriada à natureza e escala do uso e consumo de energia da organização;
- b) Inclua um comprometimento para melhoria contínua de desempenho energético;
- c) Inclua um comprometimento para garantir a disponibilidade de informações e de recursos necessários para atingir objetivos e metas;
- d) Inclua um comprometimento para cumprir com os requisitos legais aplicáveis e outros requisitos aos quais a organização subscreve em relação à eficiência, uso e consumo de energia;
- e) Forneça uma estrutura para estabelecer e revisar objetivos e metas energéticas;
- f) Apoie a aquisição de produtos energeticamente eficientes, assim como de serviços e projetos para melhoria do desempenho energético;
- g) Seja documentada e comunicada em todos os níveis da organização; e
- h) Seja regularmente revisada e atualizada se necessário.

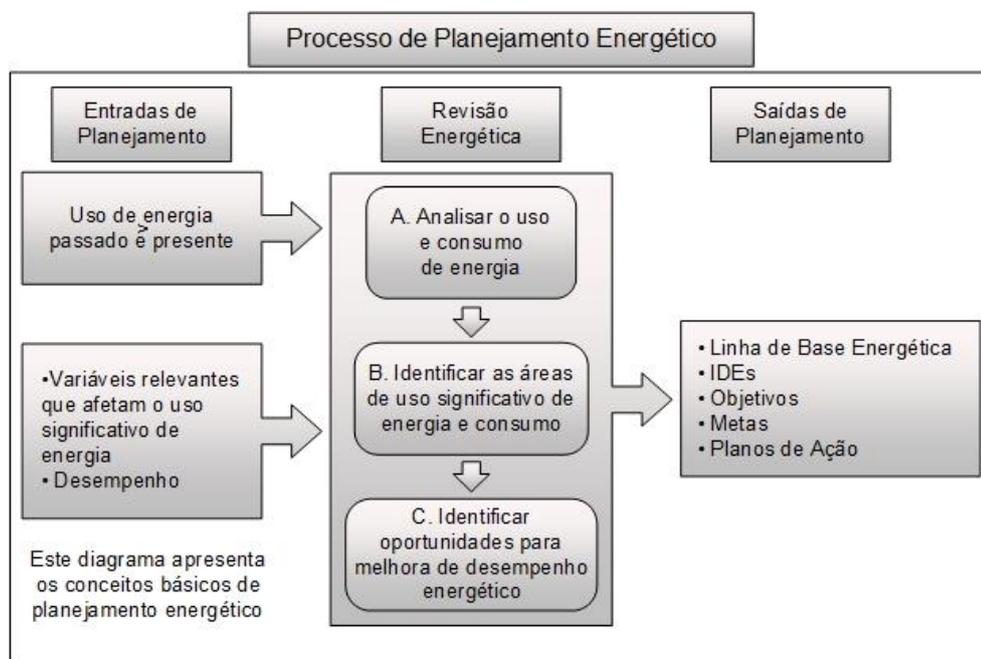
Frezza et al. (2012) enfatiza que o fator determinante para o funcionamento do programa de gestão, seja ele de qualidade, ambiental ou energético, é o comprometimento e o apoio da alta direção. A participação da direção juntamente com a equipe de sistema de gestão possibilita a criação de objetivos e metas na busca por melhorias no futuro.

## 2.4.2 Planejamento Energético

Segundo o item 4.4.1 da norma ABNT (2011), o planejamento energético deve ser coeso com a política energética e responsável por guiar as atividades que melhoram continuamente o desempenho energético. Sendo assim a organização deve conduzir e documentar o processo de planejamento energético.

Em um sistema de gestão energética, mais precisamente dentro do seu respectivo processo de planejamento, situam-se três termos muito importantes: revisão energética, linha de base energética e indicadores de desempenho. A importância desses termos deve-se ao fato que os mesmos são identificados por variáveis práticas, tendo como exemplo, volume de produção e máquinas ociosas por falta de manutenção, que de certa forma intervém diretamente no montante de economia de energia e comprova se o sistema está dentro dos limites aceitáveis (CASTRO, 2011).

A seguir a Figura 3 simplifica o processo de planejamento, dividindo em entradas de planejamento, revisão energética e saídas de planejamento.



**Figura 3 - Diagrama conceitual do processo de planejamento energético**  
Fonte: Adaptado de ABNT (2011).

### 2.4.3 Revisão Energética

O item 3.15 da norma ABNT (2011) define que a atividade de revisão energética tem como responsabilidade determinar o desempenho energético mediante análise do uso e consumo da energia com base em dados internos, visando assim a descoberta de novas oportunidades de melhoria.

Para Frozza (2013), a atividade de análise de uso e consumo de energia consiste em levantar os tipos de energia existentes na planta e determinar como o fluxo das energias se comportam. É de grande importância identificar as áreas com uso significativo de energia, pois assim é possível priorizar as ações de melhoria que serão implementadas no futuro, possibilitando assim obter melhores resultados. Dentro de uma mesma planta existe diversos sistemas energéticos, sendo que alguns deles não representam consumo significativo de energia, que por muitas vezes, são desconsiderados pelo fato da alta demanda de tempo para analisá-los. O processo de revisão energética deve delimitar as fronteiras e os diagramas de fluxo, pois assim é possível criar diferentes grupos de consumo e/ou fornecimento. Por último é necessário realizar a coleta de dados com o intuito de verificar os índices de consumo e propor ações de eficiência energética.

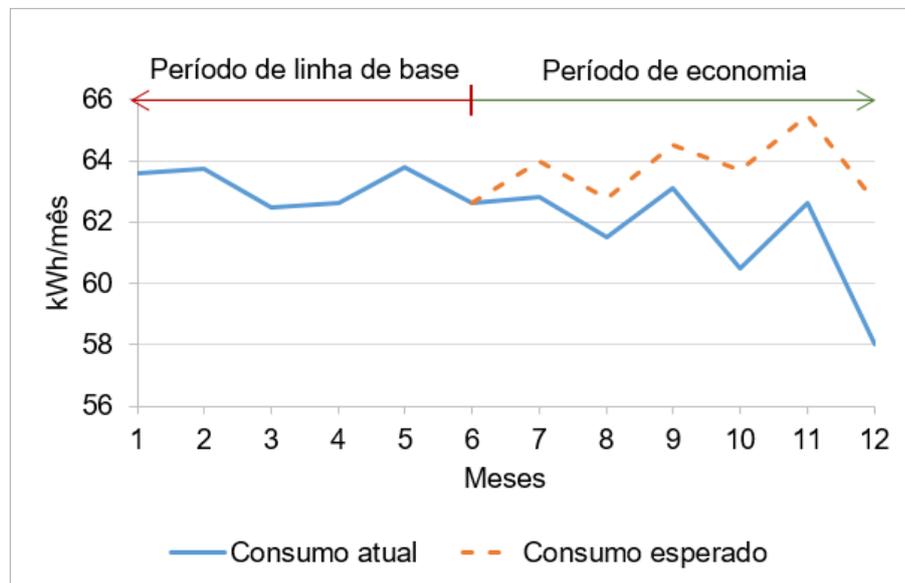
### 2.4.4 Linha de Base Energética

Para a IPIECA (2013), uma das saídas da revisão energética é a linha de base de energia. O que justifica tal afirmação é o fato da linha de base energética ser uma referência quantitativa, podendo ser usada para avaliação dos dados reais futuros, bem como refletir no escopo das atividades sob revisão. Neste contexto, o item 3.5 da norma ABNT (2011) define a linha de base energética como:

- a) A linha de base energética caracteriza um determinado período de tempo;
- b) É aceitável normalizar uma linha de base utilizando variáveis que de certa forma afetam o uso e/ou consumo de energia, como exemplo: quantidade produzida, temperatura, etc;

- c) Uma linha de base é utilizada para cálculos de economia de energia, servindo como referência no antes e depois da implementação de iniciativas de melhoria de desempenho energético.

Para avaliar um sistema de gestão de energia é necessário que as organizações estabeleçam linhas de bases a fim de medir o progresso do desempenho energético, que através de uma metodologia bem definida, permite minimizar distorções referentes as variáveis que afetam a utilização de energia. O Gráfico 2 apresenta o consumo mensal de energia elétrica referente ao período de 1 ano (NEEA, 2013).



**Gráfico 2 - Melhoria do desempenho ao longo do tempo em relação à linha de base**  
**Fonte: Adaptado de Northwest Energy Efficiency Alliance (2013).**

A princípio os 6 primeiros meses fazem parte do consumo atual antes de qualquer iniciativa. A partir do sétimo mês já é possível notar a redução do consumo de energia elétrica obtida por meio da implementação de iniciativas de melhoria. Desse modo o gráfico permite comparar o que foi reduzido com o que era previsto para o mesmo período. Tal período onde é feito as melhorias é denominado “período de economia” (NEEA, 2013).

Para Leite (2013), a linha de base é o conjunto de dados que pode ser usado no futuro para a construção de modelos de previsão de consumo. O intervalo utilizado para a construção da linha de base deve compreender os mais diversos

modos de operação presente na organização, principalmente quando se trata do seu consumo.

Segundo Moreira (2011) os métodos de previsão são classificados pelo tipo de abordagem, sendo dois deles, os métodos causais e séries temporais. No método causal a demanda de um produto está relacionada com variáveis causais, sendo elas internas ou externas à organização. A regressão é o modelo mais popular deste tipo de abordagem, a qual tem por finalidade tentar descobrir uma equação que expresse a relação entre a demanda com uma ou mais variáveis causais.

O termo série temporal é compreendido como um conjunto de dados pertencentes a um intervalo específico de tempo. Desse modo espera-se que o padrão observado em dados passados proporcione informações suficientes para que seja realizado previsões de valores futuros de demanda (MOREIRA, 2011). Segundo Portal Action (2015), a suavização exponencial compreende que observações do passado contém informações relevantes sobre o modelo da série temporal, buscando desta forma identificar um padrão do comportamento das variações que estão contidas nas observações passadas e sendo assim usar este padrão para fins de previsão de valores futuros da série.

#### 2.4.5 Indicadores de Desempenho Energético

Conforme o item 3.14 da norma ABNT (2011), cabe a organização identificar os indicadores mais apropriados para apresentar os valores ou medidas do seu desempenho energético, podendo ser expressos por meio de sistemas de mensuração simples, razão ou modelos mais complexos. Segundo Morales (2007), o cruzamento entre informações administrativas com grandezas elétricas medidas/documentos de determinado país, região, ramo de atividade ou unidade geram os indicadores energéticos.

Morales (2007) afirma que os IDEs podem ser classificados em três grupos: indicadores globais, específicos e financeiros. Na sequência estes indicadores são descritos a seguir:

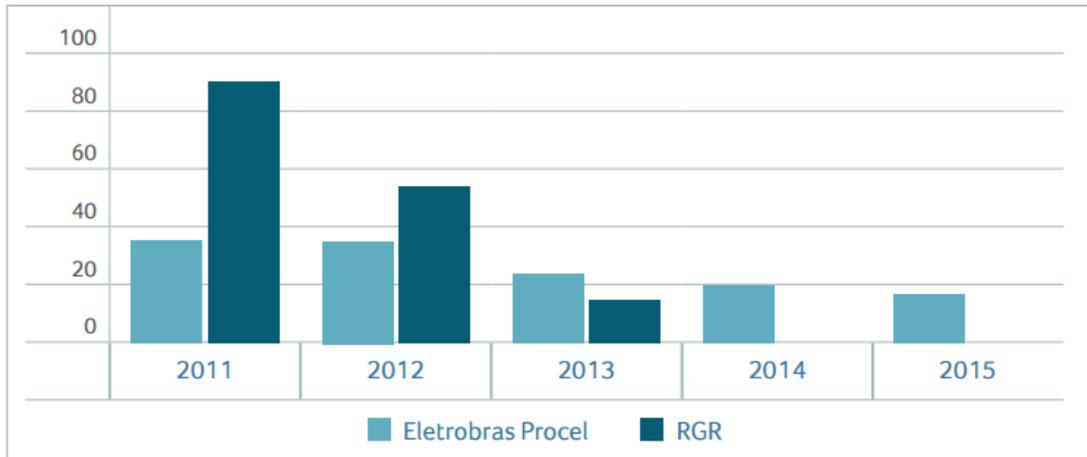
- a) Os indicadores globais apontam a eficiência energética de determinada instalação de forma mais global e técnica, sendo que em alguns casos os mesmos são utilizados na fase inicial de caracterização;
- b) Os indicadores específicos definem a eficiência energética de uma instalação com base em informações físicas, de ocupação e usos finais. Deste modo, os indicadores específicos auxiliam na escolha de determinadas tecnologias atribuídas a equipamentos, além de permitir a realização de comparações com outras unidades que possuem características semelhantes;
- c) Os indicadores financeiros expressam como os recursos são distribuídos ao longo da unidade consumidora, sendo que os seus resultados permitem avaliar a evolução dos custos com energia, bem como identificar a parcela de contribuição das unidades, usos finais, usuários e outros, nesta mesma evolução.

## 2.5 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Além de políticas e planos específicos relacionados a práticas de EE, atualmente o Brasil possui programas de eficiência energética reconhecidos internacionalmente (CEPEL, 2015). Tendo em vista o cenário ao qual o tema do trabalho está inserido, cabe definir os seguintes programas: Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel e Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE.

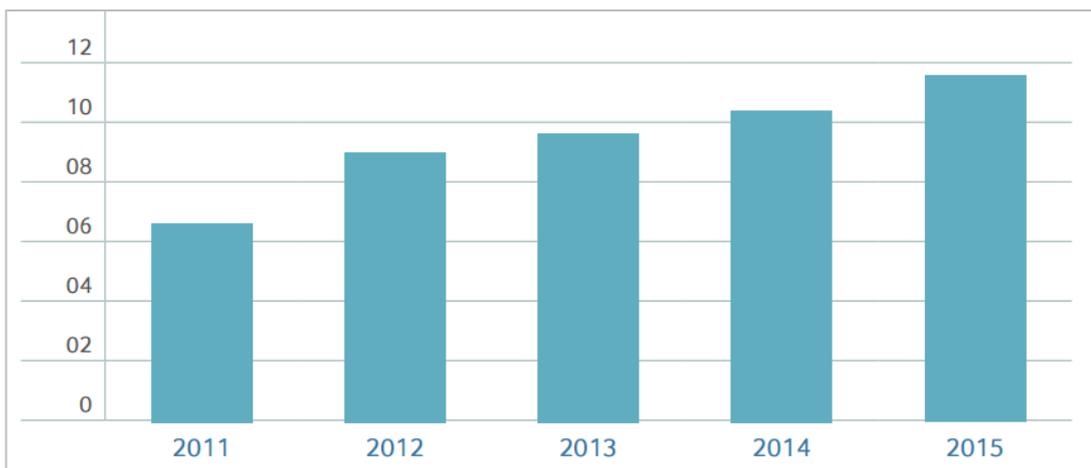
O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica foi fundado em 30 de dezembro de 1985 com intuito de promover o uso racional de energia e conter os seus respectivos desperdícios. Ressalta-se que o governo tem a posse do programa, embora seja coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobras. As ações implementadas pelo Procel visam além de promover somente o uso eficiente de bens e serviços, elas também colaboram no desenvolvimento de hábitos e conhecimentos acerca do consumo racional de energia, além do que, elas retardam os investimentos relacionados ao setor elétrico brasileiro, reduzindo dessa forma os mais variados impactos ambientais a fim de tornar o Brasil um país mais sustentável (PROCEL, 2016).

Neste contexto, o Procel (2016) apresenta dados referentes aos investimentos em ações de eficiência energética, partindo através de recursos providos da Eletrobras e da Reserva Global de Reversão (RGR), conforme o Gráfico 3 apresenta, obtendo um acumulado de R\$2,7 bilhões investidos desde 1986.



**Gráfico 3 - Investimentos anuais da Eletrobras nos últimos 5 anos (milhões de reais)**  
**Fonte: Procel (2016).**

O mesmo relatório ainda apresenta a evolução da economia de energia decorrente das ações do Procel nos últimos 5 anos, conforme apresentado no Gráfico 4, obtendo um acumulado de 92,2 bilhões de kWh economizados desde 1986.



**Gráfico 4 - Economia de energia decorrente das ações do Procel nos últimos 5 anos (bilhões de kWh)**  
**Fonte: Procel (2016).**

Já o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) surgiu em 1984 através de esforços realizados pelo Inmetro juntamente com o Ministério de Minas e Energia.

Inicialmente surgiu uma discussão sobre conservação de energia, tendo como objetivo a racionalização do uso de energia no país por meio de ações que pudessem informar o consumidor final sobre a eficiência energética dos equipamentos, que de tal forma pudesse também estimular uma compra mais eficiente (CEPEL, 2015).

A princípio o programa era restrito à área automotiva, porém com o passar dos anos este programa cresceu, recebendo assim o nome de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), atuando principalmente no segmento de produtos consumidores de energia elétrica. Atualmente o programa é dirigido pelo Inmetro, que através do uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), informa a eficiência energética dos mais diversos aparelhos consumidores de energia elétrica vendidos no país (ELETROBRAS et al., 2013).

Segundo o CEPEL (2015), existe inúmeros aparelhos etiquetados, como exemplo, máquinas de lavar roupa, refrigeradores, congeladores, condicionadores de ar, entre outros. No período de 2006 a 2013, a utilização de etiquetas nas lâmpadas foi responsável por uma economia por volta de R\$ 23 bilhões. Já com o uso de etiquetas em refrigeradores e condicionares de ar, presume-se uma economia por volta de R\$ 6 bilhões, dentro do período de 2000 a 2013.

Tendo em vista os programas citados anteriormente, nos últimos anos houve uma ascensão de novas tecnologias voltadas para eficiência energética, principalmente para lâmpadas e condicionadores de ar. Quanto aos condicionares de ar, a tecnologia *inverter* se destaca. Segundo Komeco (2015), normalmente os condicionadores de ar convencionais operam com picos de energia, ou seja, ligando e desligando o compressor para que seja possível manter a temperatura desejada no ambiente, ocasionando desta forma um alto consumo pois é necessário religar o compressor. Contudo, a tecnologia *inverter* pode proporcionar uma economia em até 40% nos gastos com energia elétrica, uma vez que o mesmo não desliga mantendo desta forma uma temperatura constante dentro do ambiente.

Quanto a iluminação, temos a tecnologia das lâmpadas LED. Segundo Kawasaki (2011), as lâmpadas LED oferecem uma longa vida útil, alta eficiência luminosa e ausência de radiação. Entretanto, cabe ficar atento com as consequências do uso desta nova tecnologia. No caso da troca de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED torna-se necessário analisar a distribuição luminosa para que não haja presença de múltiplas sombras e desconforto visual. Ainda neste contexto, torna-se necessário também analisar o fator de potência e a distorção harmônica. Muitas das

lâmpadas LED apresentam baixo fator de potência a altas distorções, que por consequência torna esse *retrofit* inviável, pois mesmo que haja diminuição no consumo, o baixo fator de potência poderá gerar reativos na rede elétrica, resultando desta forma em multas que poderão ser cobradas pela concessionária.

## 2.7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE – 5W2H E DIAGRAMA DE ISHIKAWA

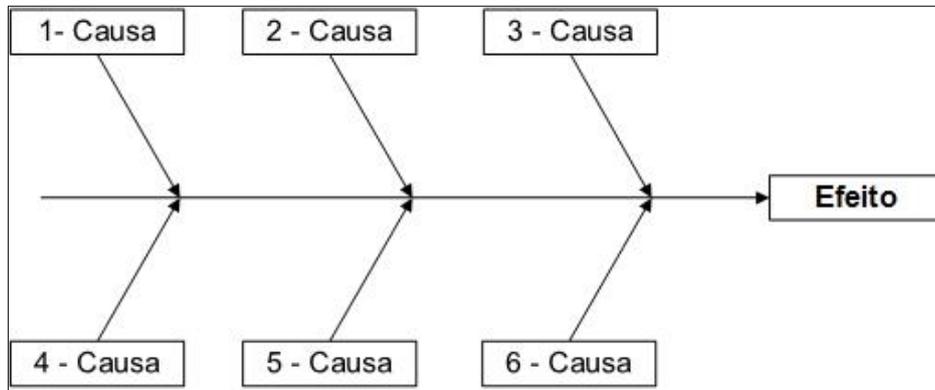
Segundo Moreira (2011), o termo qualidade é compreendido como um atributo intrínseco de um produto ou serviço, porém refere-se também a tudo que é desenvolvido pelas pessoas, seja um aparelho eletrônico, o serviço prestado por uma organização, o ensino aplicado por instituição de ensino, bem como o trabalho exercido por um funcionário ou departamento. Entretanto, encontra-se dificuldade em definir com clareza o que é qualidade, uma vez que todos já sabem, por exemplo, quando algo foi feito com qualidade.

Paladini et al. (2012) afirma que as ferramentas da qualidade são mecanismos que permitem identificar, implantar e avaliar mudanças no comportamento de um dado processo. Obviamente estes recursos são aplicados com o objetivo de propiciar melhorias, entretanto, essas ferramentas não geram melhorias por si só, elas servem apenas para guiar ações, possibilitando desta forma que o usuário siga um passo a passo a fim de conhecer como as mudanças do processo acontecem.

Neste contexto o presente estudo aborda duas ferramentas da qualidade: Diagrama de Ishikawa e 5W2H.

O Diagrama de Ishikawa pode ser chamado também de gráfico de espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito. O mesmo pode ser aplicado nas mais diversas áreas presentes nos processos produtivos, seja para avaliar as ações das pessoas, o desempenho de aparelhos, o comportamento dos recursos, bem como envolver avaliações, métodos, medidas, processos de gerência, ou seja, qualquer campo da organização (PALADINI et al., 2012). Segundo Lobo (2014), o diagrama tem por finalidade representar a relação existentes entre um efeito e suas possíveis causas que contribuem para que ele aconteça. Deste modo o efeito é alocado no lado

direito do diagrama, permitindo desta forma que as suas respectivas causas sejam alocadas no lado esquerdo, disposto assim conforme a Figura 4 apresenta.



**Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito**  
 Fonte: Adaptado de Lobo (2014)

Segundo Nakagawa (2014) a ferramenta 5W2H é utilizada para a implementação de um plano de ação, como a compra de um equipamento ou execução de alguma atividade específica. Em situações como essas o plano de ação pode ser desenvolvido por meio do preenchimento de um formulário em um editor de texto ou planilha. Sendo assim no formulário deve constar as seguintes questões: O que (*what*) será realizado? Por que (*why*) será feito desta maneira? Quem (*who*) será o responsável pela execução? Onde (*where*) as ações serão executadas? Como (*how*) a ação se tornará real? Quanto (*how much*) custará? Neste contexto a Figura 5 exemplifica como o plano de ação deve ser representado.

5W					2H	
What	Why	Who	Where	When	How	How much
O que	Por que	Quem	Onde	Quando	Como	Quanto
Ação, problema, desafio	Justificativa, explicação, motivo	Responsável	Local	Prazo, cronograma	Procedimentos, etapas	Custo, desembolsos

**Figura 5 - Formulário 5W2H**  
 Fonte: Nakagawa (2014)

## 2.6 TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta os principais trabalhos relacionados ao tema da presente pesquisa. Desta forma foi desenvolvido uma síntese explicativa de cada trabalho escolhido.

O primeiro trabalho escolhido teve como objetivo realizar um diagnóstico energético em um terminal portuário tendo como base a norma ABNT NBR ISO 50001. O artigo em questão não abordou a norma por completo, o mesmo focou apenas na parte do planejamento energético. Sendo assim, foram definidas as fronteiras e as respectivas energias que seriam estudadas, sendo elas: óleo diesel, energia elétrica e gás liquefeito de petróleo. Deste modo foram identificados os indicadores de desempenho e as áreas que apresentavam maior potencial de consumo. Entretanto, o artigo em questão não estabeleceu uma linha de base que pudesse servir de referência para o futuro, em outras palavras, não foi desenvolvido nenhum modelo de previsão de consumo. Por fim, foi implementado ações de melhorias por meio de objetivos e metas. Como conclusão a autora relatou que por meio do diagnóstico foi possível levantar as principais fraquezas da instalação a respeito do seu respectivo desempenho energético. A mesma autora ainda afirmou que o trabalho poderia colaborar futuramente com a implementação de um SGE (LEITE, 2014).

A partir deste trabalho constata-se que antes de qualquer implementação da ISO 50001 faz-se necessário realizar um diagnóstico do objeto de estudo a fim de verificar os pontos que apresentam maior potencial de melhorias, bem como planejar antes de agir.

Outro trabalho relacionado teve como objetivo avaliar o percentual de conformidade de uma empresa em relação aos requisitos que ABNT NBR ISO 50001 estabelece a fim de implementar um SGE. Primeiramente foi analisado a compatibilidade entre a ISO 14001 e a ISO 50001 a fim de verificar se de modo isso facilita na implementação de um SGE. Foi necessário também identificar os requisitos em conformidade do estado atual da empresa perante a norma com o auxílio de uma ferramenta que avalia o estudo presente perante ao estado futuro desejado. Na conclusão observou-se que no momento presente do estudo a empresa apresentava baixa conformidade com norma, porém, a organização já vinha demonstrando melhorias no seu desempenho energético por meio de projetos anteriores de

eficiência energética. Por fim o estudo sugere para trabalhos futuros a criação de uma metodologia de planejamento energético da empresa de modo que se adeque com a realidade da mesma (ORBEN, 2016).

Tendo em vista a sugestão da autora, constata-se mais uma vez a importância do planejamento energético. A análise realizada foi capaz de identificar quais pontos estavam em desconformidade, auxiliando desta forma na tomada de decisão, pois assim é possível priorizar as ações que estão presentes no processo de planejamento energético.

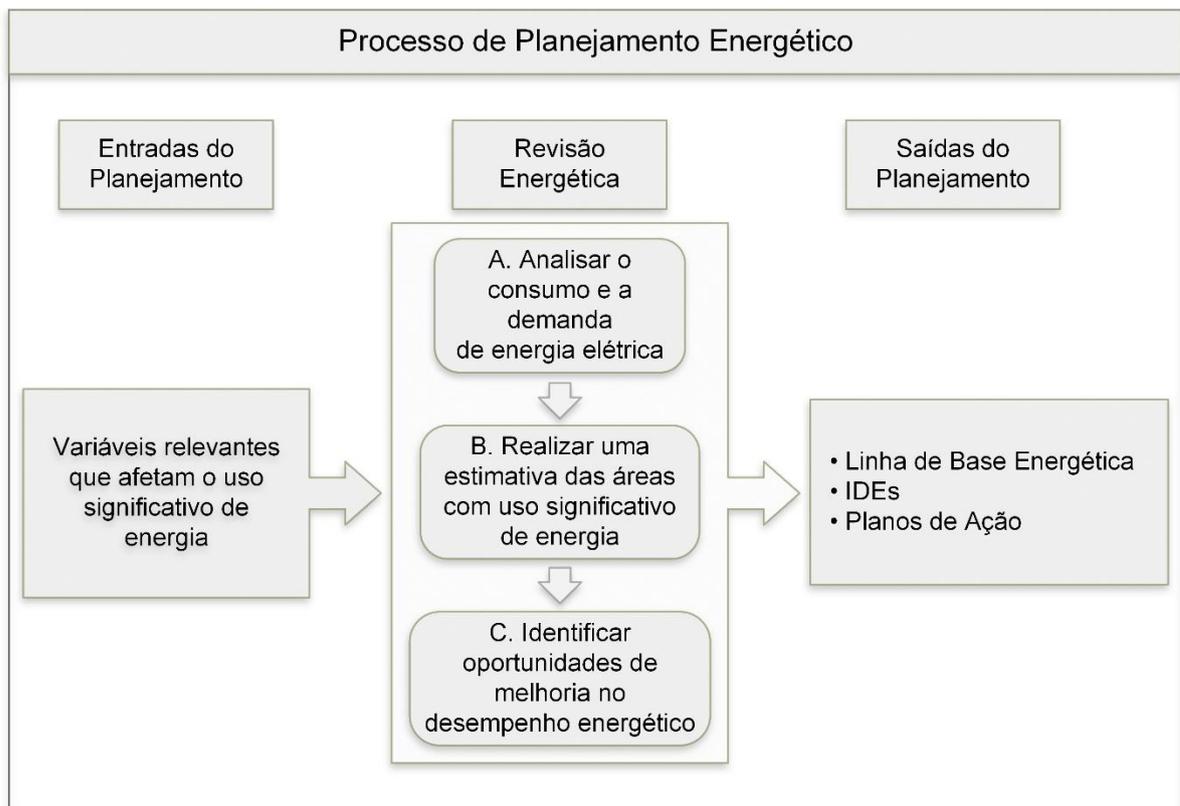
Neste contexto foi identificado outro artigo que aborda a gestão de energia elétrica, mais precisamente, o mesmo buscou a minimização do desperdício de energia elétrica. Primeiramente foi feito uma análise com o intuito de verificar os principais desperdícios com o auxílio de uma folha de verificação. Na sequência, foi aplicado um questionário com o intuito de constatar o conhecimento dos colaboradores acerca do assunto. Na sequência foi dado início na extração das informações coletadas na fase anterior com o intuito de definir melhor os pontos de desperdícios com o auxílio da ferramenta da qualidade, denominada, Diagrama de Causa e Efeito. Dentro disto foi feito uma análise das frequências das causas com o uso da ferramenta Gráfico de Pareto. Por fim, foi elaborado um plano de ação com base na estrutura da ferramenta 5W2H, possibilitando desta forma estabelecer propostas que pudessem colaborar na mitigação dos desperdícios encontrados na fase de análise. Na conclusão, observou-se que o trabalho pode dar uma visão geral dos desperdícios presentes na empresa, bem como apontou novas direções, servindo assim como primeiro passo rumo à Gestão Energética plena (SAMMED et al., 2011).

Neste trabalho verifica-se que os autores exploraram de forma satisfatória as ferramentas da qualidade, tendo como principal foco o levantamento e análise dos desperdícios. Deste modo verifica-se que a análise realizada contribui com o processo de revisão energética, sendo este uma das etapas inseridas na metodologia do processo de planejamento energético.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta a metodologia adotada para a realização do presente estudo.

No estudo foi utilizado o método de estudo de caso, visando desta forma promover a eficiência energética em uma Instituição Pública de Ensino Superior. O desenvolvimento da pesquisa se baseou no Processo de Planejamento Energético presente na norma ABNT NBR ISO 50001, sendo ele dividido em três fases: entradas do planejamento, revisão energética e saídas do planejamento. O método adotado foi adaptado com base na fronteira delimitada, sendo a extensão norte da Universidade, e nas limitações, uso do aparelho de ar condicionado nas salas de aula.



**Figura 6 - Processo de planejamento energético**  
Fontes: Adaptado de ABNT NBR ISO 50001 (2011).

A primeira fase correspondeu a entrada do planejamento. Nesta etapa coube definir as variáveis que apresentam maior influência no desempenho energético da instituição. Sendo assim, partiu-se da premissa que seria necessário avaliar a influência da variável temperatura, através da análise estatística de correlação,

levando em consideração o coeficiente de Pearson e sua respectiva interpretação estabelecida por Shimakura (2006), Tabela 2. Quanto a temperatura sabe-se que nos meses com incidência de maiores temperaturas há um maior consumo, pelo fato da ocorrência do uso frequente do aparelho ar-condicionado.

**Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson**

<b>Valor de r (+ ou -)</b>	<b>Interpretação</b>
0.00 a 0.19	Correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Correlação fraca
0.40 a 0.69	Correlação moderada
0.70 a 0.89	Correlação forte
0.90 a 1.00	Correlação muito forte

**Fonte: Adaptado de Shimakura (2006)**

Na segunda fase compreendeu-se a revisão energética. Nesta etapa realizou-se um estudo da situação atual mediante apresentação da composição tarifária, e, análise do histórico do consumo e da demanda medida. Os resultados foram apresentados por meio de gráficos, tabelas e quadros, juntamente com as respectivas discussões. Na sequência, foi realizado um levantamento a respeito da potência e do nível de eficiência dos aparelhos de ar condicionado presente em cada sala, possibilitando desta forma, identificar as salas de aula que apresentam maior potencial de consumo de energia. Foi necessário também identificar as oportunidades de melhoria no desempenho energético, referente ao uso do aparelho de ar condicionado. Para tal, foi realizado um levantamento dos desperdícios com o auxílio da ferramenta Diagrama de Ishikawa.

Por fim, temos a última fase, as saídas de planejamento. Primeiramente, realizou-se a construção da linha de base energética. Para isto, foram construídos modelos de previsão de consumo e demanda utilizando o método de suavização exponencial, que por sua vez, teve o tempo (mês) como variável independente. Ainda nesta fase, foi estabelecido também os indicadores com o intuito de avaliar o desempenho da unidade consumidora, tendo como base indicadores já existentes na literatura com o intuito de realizar comparações futuras do desempenho da unidade presente. No final foi proposto um plano de ação com o auxílio da ferramenta 5H2W a fim de implementar ações de melhoria no desempenho energético da instituição.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO

A instituição em estudo compõe o grupo dos 13 câmpus pertencentes a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sendo esta uma instituição pública de ensino superior, localizada na cidade de Medianeira, região Oeste do estado do Paraná. Quanto a nível de graduação, atualmente o câmpus oferece 9 cursos, sendo eles: Engenharia Ambiental, Engenharia de Alimentos, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Licenciatura em Química, Tecnologia em Alimentos, Tecnologia em Gestão Ambiental e Tecnologia em Manutenção Industrial. A nível de pós-graduação, no momento atual o câmpus conta com 5 programas de mestrado, sendo eles: Ensino de Física em Rede Nacional, Química em Rede Nacional, Tecnologia de Alimentos, Tecnologias Ambientais e Tecnologia Computacionais para o Agronegócio (UTFPR, 2015)

Em termos de números a UTFPR – Câmpus Medianeira conta com 284 servidores (98 técnicos administrativos e 186 professores) e com 2160 alunos matriculados. Quanto a estrutura física, a instituição possui 34462,4 m<sup>2</sup> de extensão, sendo 21120,64 m<sup>2</sup> de área construída e 13341,76 m<sup>2</sup> de área descoberta (UTFPR, 2016). O expediente do Câmpus corresponde ao horário das 7h00 às 23h00.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa utilizou o método indutivo, no qual se baseia em premissas que conduzem a prováveis conclusões. O mesmo trabalho ainda utilizou o método estatístico, que por sua vez, permite comprovar a relação existente entre os fenômenos (MARCONI E LAKATOS, 2010). Deste modo as premissas surgiram após a realização da revisão bibliográfica, sendo apresentadas com o intuito de contrastar a mais diferentes visões dos autores sobre o tema. Ainda neste contexto, o método estatístico foi utilizado para efeito de análises e construção de modelos previsão.

Quanto aos objetivos gerais o presente estudo se caracteriza como uma pesquisa descritiva, pois, segundo Gil (2010), ela tem como objetivo “identificar possíveis relações entre variáveis”. O mesmo autor ainda aborda que é possível surgir

uma “nova visão” do problema conforme o desenvolvimento da pesquisa, aproximando assim de uma pesquisa exploratória.

Segundo Gil (2010) é possível classificar a finalidade de uma pesquisa por meio de dois grandes grupos, pesquisa básica e pesquisa aplicada. Em especial, a pesquisa aplicada promove a aquisição de conhecimento por meio da aplicação em uma determinada situação. Assim sendo o trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, visto que o mesmo terá aplicação prática com o intuito de analisar, e, se possível, solucionar um problema específico.

Tratando de dados, a pesquisa é classificada como quantitativa, uma vez que os dados serão abordados em forma de grandezas ou quantidade, sendo eles representados por valores numéricos (MARCONI E LAKATOS, 2008). Ainda é possível classificar a pesquisa quanto ao seu delineamento, que, de forma mais global, compreende todo o planejamento do estudo. Assim sendo classifica-se o método empregado como um estudo de caso, conforme Gil (2010), “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou pouco objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

### 3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Conforme citado anteriormente, a presente pesquisa é classificada como um estudo de caso de caráter descritivo. Deste modo a coleta de dados foi realizada mediante observação e análise de documentos.

Gil (2010) afirma que a observação pode assumir três tipos: espontânea, sistemática e participante. Dentro disto, a pesquisa utilizou o método sistemático, pois, segundo o autor “ao se decidir pela adoção dessa modalidade, o pesquisador sabe quais os aspectos da comunidade, da organização ou do grupo são significativos para alcançar os objetivos pretendidos”. Sendo assim, o pesquisador teve noção de como efetuar a coleta de dados, a análise e as respectivas interpretações.

Segundo Gil (2010), “a consulta a fontes documentais é imprescindível em qualquer estudo de caso”. Partindo de premissas já citadas anteriormente, foi

estabelecido quais variáveis seriam avaliadas, sendo que na sequência, realizou-se a identificação das fontes detentoras dos dados.

Os dados de consumo e demanda de energia elétrica dos últimos 36 meses da instituição foram coletados junto a Agência Virtual, sistema ao qual está disponível no site da empresa COPEL – Companhia Paranaense de Energia, no link <<http://www.copel.com/AgenciaWeb/autenticar/loginCliente.do>>. O acesso é feito através da identificação da Unidade Consumidora (UTFPR – Câmpus Medianeira) e do número do documento especificado (CPF ou CNPJ), conforme a Figura 7 apresenta.

**Figura 7 - Interface da agência virtual da Copel**  
Fonte: COPEL (2016).

Com relação aos dados referentes a taxa de ocupação das salas de aulas, os mesmos foram solicitados junto à Secretaria de Gestão Acadêmica - SEGEA, com o auxílio do técnico administrativo responsável por gerir e atualizar o sistema acadêmico atual da instituição. O sistema permite que o usuário realize a busca utilizando tais parâmetros, sendo eles: ano/período, tipo de sala, formato de horário, local, capacidade, horários inicial/final e ambiente, conforme a Figura 8 apresenta.

**Figura 8 - Interface do sistema corporativo acadêmico**  
Fonte: UTFPR – Câmpus Medianeira (2016).

Já os dados de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), foram obtidos através do Instituto Tecnológico SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná. Primeiramente foi enviado um e-mail solicitando os dados referentes as temperaturas médias mensais dos últimos 36 meses. Após o pedido, o instituto solicitou o preenchimento do Termo do Compromisso a fim de garantir seus respectivos direitos.

Por último, realizou-se o levantamento das potências e a verificação do nível de eficiência dos aparelhos de ar condicionado. Deste modo foram anotadas as informações referentes a potência do equipamento e a classe do selo Procel, bem como a sala e o bloco onde o equipamento se encontra. Durante esta etapa foi possível também levantar os desperdícios referentes ao uso do aparelho de ar condicionado por meio de observação.

### 3.4 MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS

Esta seção descreve todo o processo de análise dos dados que foi realizado na pesquisa. Ressalta-se que o foco da análise dos dados da pesquisa foi a análise estatística.

Primeiramente, os dados obtidos foram tabulados em uma planilha com o auxílio do *software* Microsoft Office Excel<sup>®</sup>, versão 2016.

Após esta atividade foi realizado a análise de correlação por meio do coeficiente de Pearson, entre a variável independente (temperatura), juntamente com as variáveis dependentes (consumo e demanda), mediante uso do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>, versão 2016. Já os gráficos de dispersão foram construídos mediante uso do *software* Gretl<sup>®</sup>.

Os modelos de previsão foram construídos pelo método de suavização exponencial. O método levou em consideração os seguintes fatores de determinação: *Mean Squared Deviation* (MSD), *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) e do menor valor do coeficiente de U de Theil. A construção de ambos modelos foi realizada mediante o uso do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>, versão 2016, com o auxílio do suplemento *Action*<sup>®</sup>.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ENTRADA DO PLANEJAMENTO

#### 4.1.1 Análise da Influência da Temperatura no Consumo e na Demanda

O presente estudo partiu da premissa em que existe uma relação entre a temperatura com o consumo e a demanda medida na instituição. Deste modo, foi necessário então avaliar a correlação existente entre as temperaturas (°C) mínima, média e máxima com o consumo (kWh) e demanda (kW). A Tabela 3 apresenta os dados mensais de cada variável entre o período de maio de 2014 a novembro de 2016, sendo que para a temperatura, foram utilizadas as médias mensais para mínima, média e máxima.

**Tabela 3 - Temperaturas (mínima, média e máxima), Consumo e Demanda da UTFPR – Medianeira de maio de 2014 a novembro de 2016**

(continua)

Mês	Temp. Mín. (°C)	Temp. Méd. (°C)	Temp. Máx. (°C)	Consumo Total (kWh)	Demanda Medida (kW)
mai/14	14,15	18,69	24,29	67425	309,31
jun/14	13,94	18,17	23,07	54947	196,99
jul/14	12,38	17,73	24,13	52251	190,08
ago/14	13,95	20,75	28,35	65598	272,16
set/14	17,36	22,41	28,59	89144	426,81
out/14	19,38	25,97	33,29	111803	540,86
nov/14	18,96	24,29	30,08	107720	473,47
dez/14	20,26	25,23	31,33	104548	477,79
jan/15	21,26	26,47	33,45	48290	171,07
fev/15	20,98	25,74	32,29	68330	458,78
mar/15	19,69	24,40	31,35	106965	490,75
abr/15	17,56	22,50	28,87	83072	439,77
mai/15	15,21	19,49	24,77	68995	298,94
jun/15	13,94	19,44	25,88	68308	288,57
jul/15	13,35	17,59	22,66	42068	185,76
ago/15	17,96	23,54	29,83	63498	364,6
set/15	16,95	23,02	29,81	94344	540
out/15	19,87	24,55	30,27	100539	527,9

(conclusão)

Mês	Temp. Mín. (°C)	Temp. Méd. (°C)	Temp. Máx. (°C)	Consumo total (kWh)	Demanda Medida (kW)
nov/15	19,53	23,46	28,26	86212	457,05
dez/15	20,67	24,77	29,76	65532	362,88
jan/16	21,59	26,76	33,27	36946	154,65
fev/16	22,22	26,50	32,52	55419	287,71
mar/16	19,02	23,42	28,91	92820	474,33
abr/16	19,22	24,52	30,99	115653	533,95
mai/16	13,44	17,29	22,19	70661	283,39
jun/16	9,50	14,56	21,16	62687	180,57
jul/16	11,59	17,87	24,40	48884	200,44
ago/16	13,75	19,07	25,05	60045	251,42
set/16	12,26	19,62	26,84	73624	413,85
out/16	16,89	22,46	28,52	63245	568,51
nov/16	22,80	28,10	33,80	101763	507,16

Fonte: Autor

A Tabela 4 apresenta os valores dos coeficientes linear de Pearson com sua respectiva interpretação, conforme proposto por Shimakura (2006). Na mesma tabela é apresentado também os valores dos coeficientes da reta de regressão, bem como os valores do coeficiente de determinação. Contudo, notou-se que somente a variável de temperatura mínima apresentou correlação fraca, sendo que as demais apresentaram correlação moderada. Quanto ao coeficiente de determinação, notou-se que o modelo linear não apresenta um bom ajuste, fato que comprova e remete à procura de outro modelo para compor a linha de base energética.

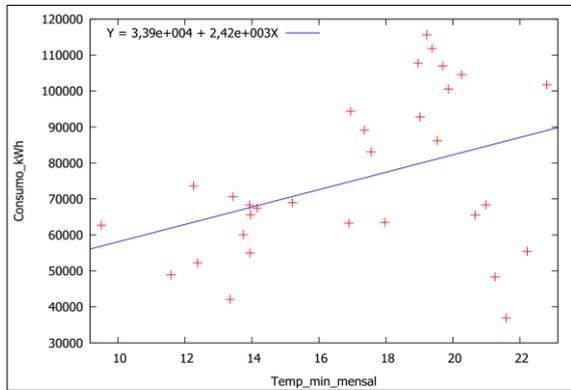
**Tabela 4 - Coeficiente linear e angular, coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) e classificação**

Variável	Coeficiente linear da regressão	Coeficiente angular da regressão	r	r <sup>2</sup>	Classificação
Temp. Mín x Consumo	33900	2420	0,39	0,15	Fraca
Temp. Mín x Demanda	50,4	18,4	0,49	0,24	Moderada
Temp. Méd x Consumo	15300	2700	0,43	0,18	Moderada
Temp. Méd x Demanda	-94,6	20,7	0,54	0,29	Moderada
Temp. Máx x Consumo	3420	2530	0,42	0,18	Moderada
Temp. Máx x Demanda	-176	19,1	0,52	0,28	Moderada

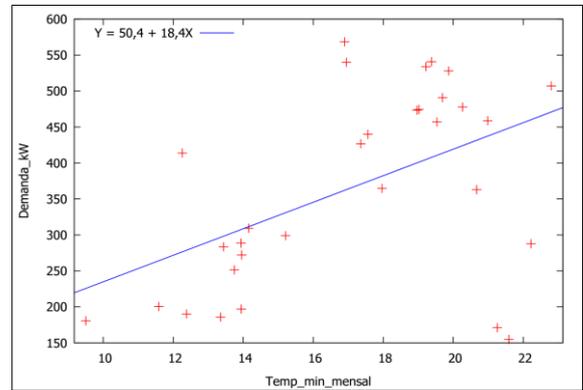
Fonte: Autor

Na sequência, os gráficos apresentam o diagrama de dispersão dos valores mensais, de temperatura de mínima, média e máxima com o consumo e demanda.

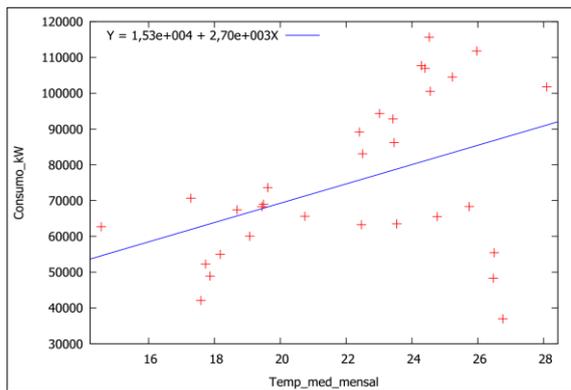
Por meio dos gráficos notou-se moderada correlação entre as variáveis, fato confirmado pelos valores dos coeficientes de Pearson e de determinação apresentados anteriormente.



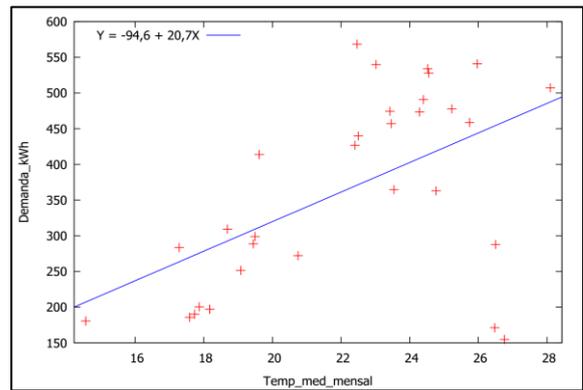
**Gráfico 5 - Consumo (kWh) x Temperatura Mínima Mensal (°C)**  
 Fonte: Autor



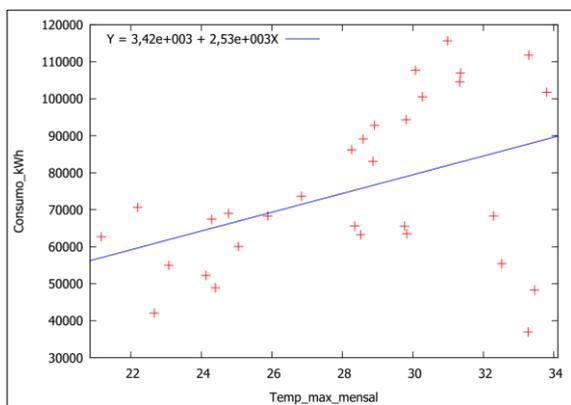
**Gráfico 6- Demanda (kW) x Temperatura Mínima Mensal (°C)**  
 Fonte: Autor



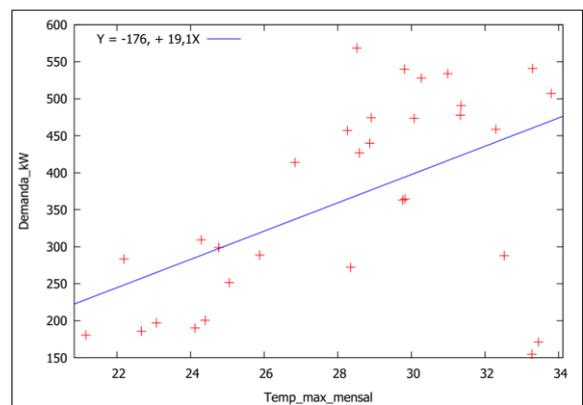
**Gráfico 7 - Consumo (kWh) x Temperatura Média Mensal (°C)**  
 Fonte: Autor



**Gráfico 8 - Demanda (kW) x Temperatura Média Mensal (°C)**  
 Fonte: Autor



**Gráfico 9 - Consumo (kWh) x Temperatura Máxima Mensal (°C)**  
 Fonte: Autor



**Gráfico 10 - Demanda (kW) x Temperatura Máxima Mensal (°C)**  
 Fonte: Autor

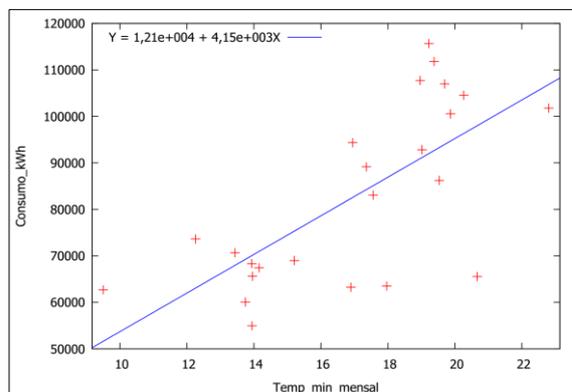
Com base nos gráficos de dispersão foi possível notar alguns pontos distantes da reta do modelo linear, tanto na demanda, como no consumo. A maioria destes pontos referem-se aos meses de férias, onde ocorre o recesso dos discentes e dos docentes, bem como a redução das atividades dos técnicos administrativos, reduzindo assim o uso da energia como um todo. A partir disto, tornou-se necessário realizar outra análise dos coeficientes excluindo os meses de janeiro, fevereiro e julho, conforme a Tabela 5 apresenta.

**Tabela 5 - Coeficiente linear e angular, coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) e classificação (exceto o mês de janeiro, fevereiro e julho)**

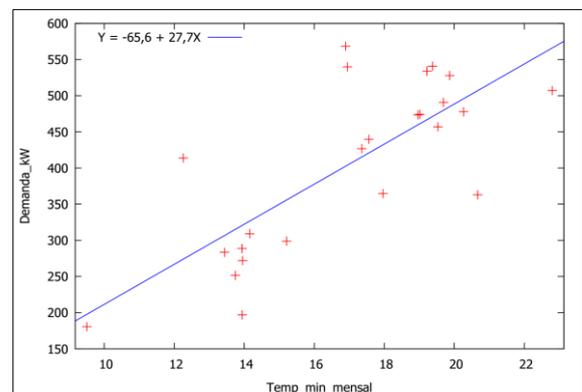
Variável	Coeficiente linear da regressão	Coeficiente angular da regressão	r	r <sup>2</sup>	Classificação
Temp. Mín x Consumo	12100	4150	0,70	0,49	Forte
Temp. Mín x Demanda	-65,6	27,7	0,76	0,58	Forte
Temp. Méd x Consumo	-15100	4420	0,73	0,49	Forte
Temp. Méd x Demanda	-269	30,5	0,82	0,68	Forte
Temp. Máx x Consumo	-39500	4330	0,76	0,57	Forte
Temp. Máx x Demanda	-422	29,4	0,83	0,7	Forte

Fonte: Autor

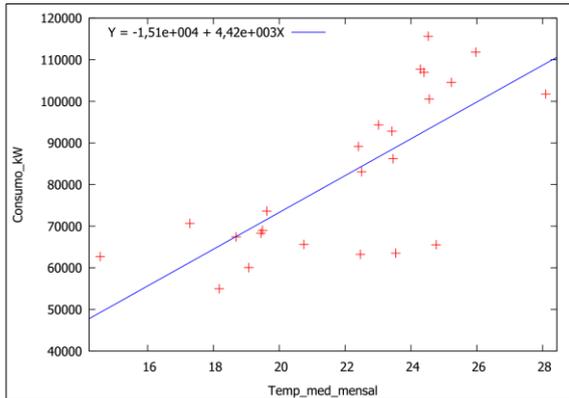
A partir da Tabela 4, verificou-se que os valores do coeficiente de correlação e de determinação aumentaram com a exclusão dos meses de janeiro, fevereiro e julho no processo de análise. Ressalta-se, que através da Tabela 3, verificou-se também que a temperatura máxima apresentou maiores coeficientes de correlação com consumo e demanda.



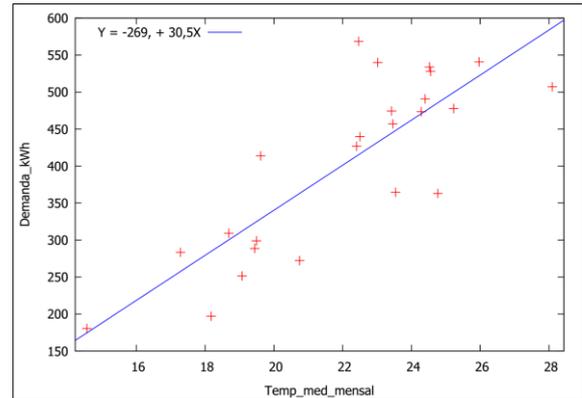
**Gráfico 11 - Consumo (kWh) x Temperatura Mínima Mensal (°C) - Exceto meses de férias**  
Fonte: Autor



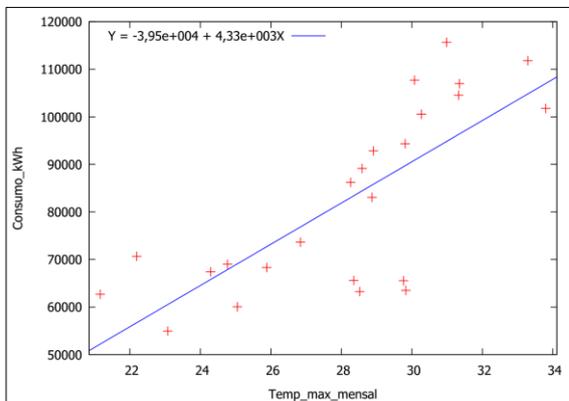
**Gráfico 12 - Demanda (kW) x Temperatura Mínima Mensal (°C) - Exceto meses de férias**  
Fonte: Autor



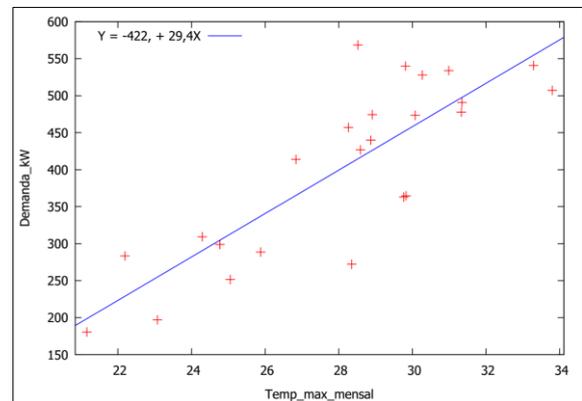
**Gráfico 13 - Consumo (kWh) x Temperatura Média Mensal (°C) - Exceto meses de férias**  
Fonte: Autor



**Gráfico 14 - Demanda (kW) x Temperatura Média Mensal (°C) - Exceto meses de férias**  
Fonte: Autor



**Gráfico 15 - Consumo (kWh) x Temperatura Máxima Mensal (°C) - Exceto meses de férias**  
Fonte: Autor



**Gráfico 16 - Demanda (kW) x Temperatura Máxima Mensal (°C) - Exceto meses de férias**  
Fonte: Autor

A demanda foi a variável dependente que apresentou maior correlação com a temperatura máxima. O que justifica tal fato, é que a demanda medida corresponde ao maior valor instantâneo registrado em kW durante o período de faturamento. Portanto, o fato de utilizar duas variáveis com registro de máxima implica em uma maior correlação, quando comparada aos outros casos.

O consumo, sendo ele expresso em kWh, corresponde por um valor acumulado durante o período de faturamento. Na análise de correlação, observou-se que para todas as temperaturas o valor do coeficiente de correlação do consumo esteve sempre abaixo da demanda. Portanto, no caso do consumo, possivelmente deve existir mais variáveis que afetam o seu comportamento. Um exemplo poderia ser o número de alunos, sendo que a cada semestre, o número de ingressos e egressos se alteram.

## 4.2 REVISÃO ENERGÉTICA

### 4.2.1 Análise Tarifária

No momento presente, a UTFPR – Câmpus Medianeira está registrada na modalidade tarifária Horosazonal Verde, pertencente ao grupo A4, seguindo assim os seus respectivos critérios de tarifação.

Para esta modalidade de tarifação, o consumo se divide entre horário ponta e fora ponta, diferentemente da demanda, que apresenta apenas diferenciação de tarifa entre a demanda medida com a demanda por ultrapassagem. O valor de consumo ponta corresponde a 3,7 vezes mais que o consumo fora ponta. Já a demanda por ultrapassagem, corresponde aproximadamente 2 vezes mais que a demanda medida, localizada abaixo da demanda contratada, conforme descrito no Quadro 3.

<b>Horosazonal Verde A4 (2,3 a 25kV)</b>		
<b>Tarifas</b>	<b>Resolução ANEEL</b>	<b>com Impostos: ICMS e PIS/COFINS</b>
<b>Demanda (R\$/kW)</b>		
Demanda (R\$/kW)	10,56	16,24
Demanda Ultrapassagem (R\$/kW)	21,12	32,49
<b>Consumo (R\$/kWh)</b>		
Ponta	1,03178	1,58735
Fora de Ponta	0,27396	0,42147
<b>Resolução ANEEL Nº 2.214, de 28 de março de 2017 - Vigência em 01/05/2017</b>		

**Quadro 3 - Modalidade tarifária aplicada ao grupo A4**  
**Fonte: Adaptado de Copel (2017)**

O horário de funcionamento da UTFPR – Câmpus Medianeira corresponde das 7h00 às 23h00, sendo que o horário noturno tem início às 18h40 e término às 22h55. Portanto, torna-se impossível diminuir as cargas em atividade e readequar os

turnos de funcionamento no horário ponta, o qual corresponde das 18h00 até as 21h00.

#### 4.2.2 Histórico do Faturamento

O Quadro 4, por sua vez, apresenta o histórico do faturamento do ano de 2016 da unidade consumidora em estudo. Nota-se que o quadro foi separado em consumo e demanda, sendo que para a demanda, mais precisamente para a coluna de ultrapassagem, as linhas em branco significam que para o correspondente mês não houve incidência de multas por ultrapassagem da demanda contratada.

Mês	Consumo		Demanda		Total (R\$)
	Ponta (R\$)	Fora Ponta (R\$)	Contratada (R\$)	Ultrapassagem (R\$)	
jan/16	2496,41	11906,95	3105,00	-	17508,36
fev/16	3776,02	17850,09	3105,00	-	24731,11
mar/16	12960,26	27711,57	3272,87	335,75	44280,45
abr/16	16289,52	34481,93	3684,25	1158,51	55614,21
mai/16	10363,39	20932,26	3105,00	-	34400,65
jun/16	9018,01	18398,80	3211,25	-	30628,06
jul/16	5870,09	12072,45	4752,00	-	22694,54
ago/16	7742,10	14685,59	4752,00	-	27179,69
set/16	10103,61	17842,24	4752,00	-	32697,85
out/16	8953,45	15253,12	6003,46	2502,93	32712,96
nov/16	13811,32	24702,95	5355,60	1207,21	45077,08
dez/16	12292,97	22117,48	4872,06	-	39282,51

**Quadro 4 - Histórico de faturamento de Consumo e Demanda dos meses do ano de 2016**  
Fonte: Autor

No ano de 2016, o gasto total com consumo chegou a R\$ 351632,58 e com a demanda chegou a R\$ 55174,89, ambos valores calculados sem impostos. Em relação ao faturamento total do consumo, 68% correspondeu ao consumo fora ponta, sendo que o restante, os outros 32% correspondeu ao consumo ponta. Quanto ao

valor total de faturamento da demanda, 9% correspondeu por pagamentos referente às multas por ultrapassagem e o restante referente ao pagamento da demanda contratada.

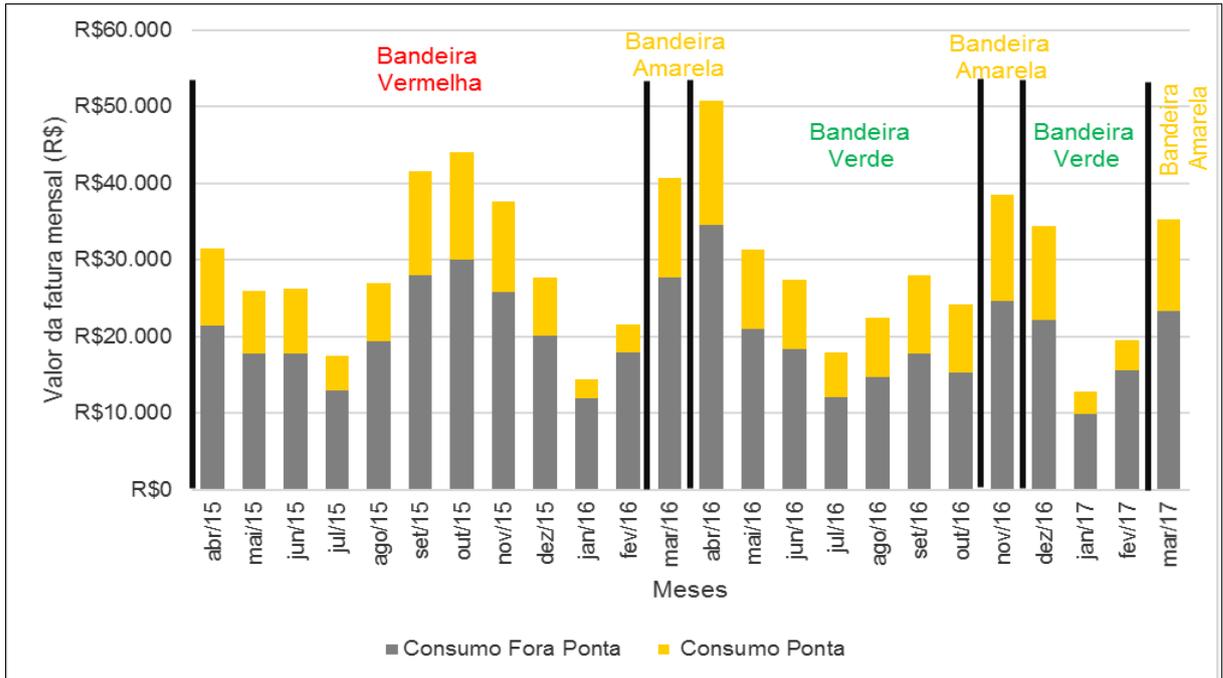
Cabe salientar, que a partir do ano de 2016 houve inúmeras alterações nas bandeiras tarifárias. Segundo a EDP (2016), a bandeira tarifária verde não sofre nenhum acréscimo na tarifa. Para a bandeira amarela, a fatura sofre acréscimo de R\$ 0,020 por kWh consumido. Já para a vermelha, a mesma tem acréscimo com base no Patamar 1 e 2, sendo respectivamente de R\$ 0,030 e R\$0,045 por kWh consumido. A seguir, o Quadro 5 apresenta o histórico mensal do ano de 2016, sendo ele referente as bandeiras citadas.

Meses	Tipo de Bandeira	Acréscimo na Fatura
Janeiro	Vermelha (Patamar 1)	0,030 por kWh consumido
Fevereiro	Vermelha (Patamar 1)	0,030 por kWh consumido
Março	Amarela	0,020 por kWh consumido
Abril	Verde	Sem acréscimo
Maio	Verde	Sem acréscimo
Junho	Verde	Sem acréscimo
Julho	Verde	Sem acréscimo
Agosto	Verde	Sem acréscimo
Setembro	Verde	Sem acréscimo
Outubro	Verde	Sem acréscimo
Novembro	Amarela	0,020 por kWh consumido
Dezembro	Verde	Sem acréscimo

**Quadro 5 - Histórico mensal da bandeira tarifária do ano de 2016**

**Fonte – Adaptado de EDP (2017)**

Já o Gráfico 17, por sua vez, apresenta o histórico das faturas de energia entre o período de abril de 2015 a março de 2017, levando em consideração o consumo ponta e fora ponta. O histórico analisado levou em consideração também as alterações das bandeiras tarifárias. Estas medidas foram implantadas devido ao acionamento das termoelétricas, motivada pela crise hídrica vivenciada no país nos últimos 2 anos.



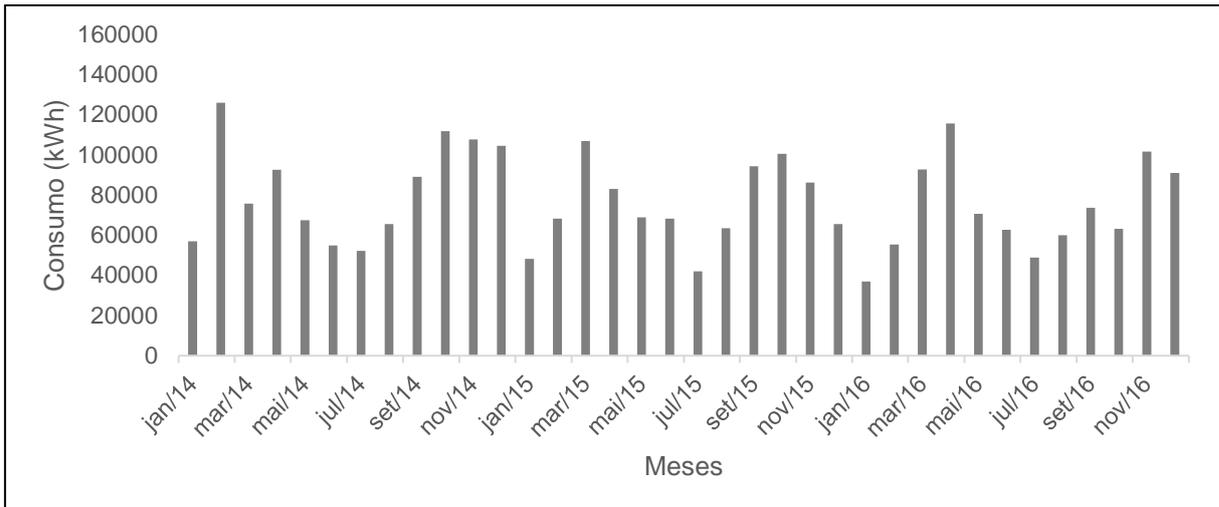
**Gráfico 17 - Histórico mensal do faturamento da UTFPR-MD de abril de 2015 a março de 2017**  
**Autor: Autor**

Considerando o período de abril a dezembro, o consumo do ano de 2015 foi menor que 2016, diferença de 15036 kW consumido. Entretanto, para o mesmo período, o faturamento de 2015 foi maior que 2016, diferença de R\$4176,08. Portanto, nota-se que a diferença no faturamento foi justificada pelas alterações nas bandeiras tarifárias e não pelo aumento do consumo, visto que o ano de 2015 teve acréscimo na tarifa pela bandeira vermelha.

#### 4.2.3 Histórico de Consumo e Demanda

Nesta etapa do trabalho foi realizado a construção do histórico do perfil de consumo e demanda mensal dos últimos 3 anos da UTFPR – Câmpus Medianeira, de janeiro de 2014 a dezembro de 2017.

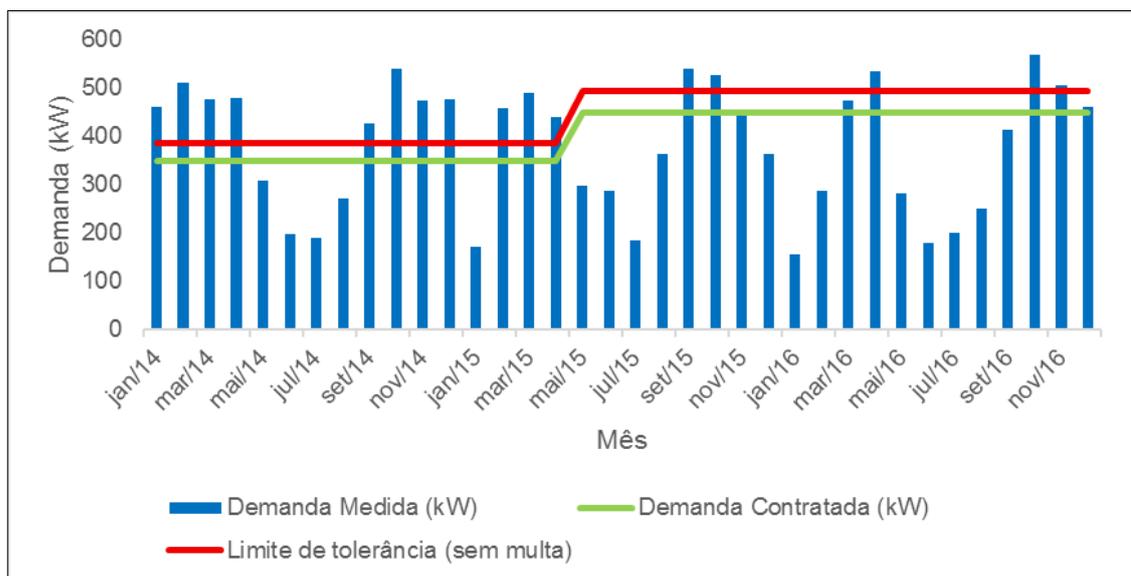
O histórico analisado confirmou que de 2014 a 2016 o consumo vem alterando a cada ano. O ano de 2015 obteve um total de energia consumida de 896153 kWh, tendo uma redução de aproximadamente 11% comparado ao ano de 2014, o qual obteve um total de 1005002 kWh. De 2015 para 2016, o aumento do consumo foi de aproximadamente de 3%.



**Gráfico 18 - Histórico de consumo (kWh) da UTFPR-MD de janeiro de 2014 a dezembro de 2016**  
 Fonte: Autor

No período considerado, o mês que obteve maior consumo foi mês de fevereiro de 2014, com um total de consumo de 126104 kWh. Comparando o mesmo mês com os anos seguintes, nota-se uma diferença significativa, a qual é explicada pelo fato de que no ano de 2014 o calendário estava em processo de ajuste. No mês de fevereiro de 2014 os docentes e discentes ainda estavam em atividade, terminando o segundo semestre letivo de 2013, sem férias, diferentemente nos anos seguintes.

Já o Gráfico 19 apresenta o histórico de demanda de janeiro de 2014 a dezembro de 2016, representando as demandas medidas e a demanda contratada da Unidade Consumidora.



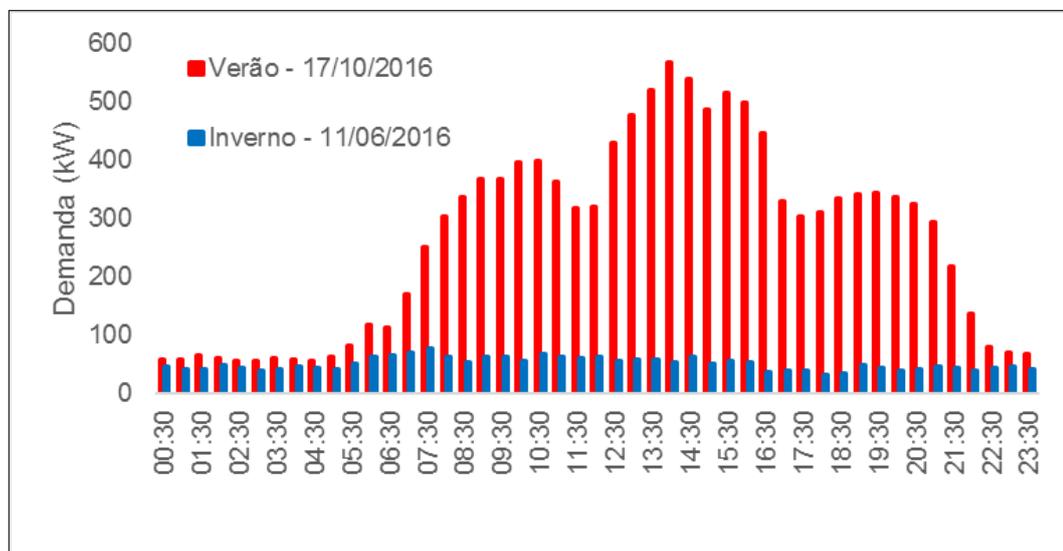
**Gráfico 19 - Histórico de demanda (kW) da UTFPR-MD de janeiro de 2014 a dezembro de 2016**  
 Fonte: Autor

Nota-se que no período analisado 50% dos meses tiveram ultrapassagem na demanda, sendo um total de 518,93 kW para ano de 2014, 507,2 kW para o ano de 2015 e 295,32 kW para o ano de 2016. A redução pode ser explicada devido ao ajuste da demanda contratada no de 2015, a qual foi aplicada a partir do mês de maio.

Torna-se interessante ressaltar que qualquer alteração na demanda deve ser solicitada com antecedência. Segundo a Copel (2016), para aumentar a demanda a solicitação deve ser realizada no mínimo com 30 dias de antecedência. Já para a redução da demanda, a solicitação deve ser feita com 90 dias de antecedência para os consumidores pertencentes ao subgrupo A4 e 180 dias para os demais subgrupos.

O Gráfico 19 confirma as hipóteses anteriores, as quais afirmavam que existe uma forte relação entre a temperatura e demanda. Uma das justificativas foi que a maioria dos meses que tiveram ultrapassagem de demanda foram justamente os que fizeram parte das estações Primavera-Verão e Verão-Outono, as quais apresentaram elevadas temperaturas, que por consequência, acarretou no uso frequente do ar condicionado. Já os meses que apresentaram baixas temperaturas, sendo estes o que compõe a estação de inverno, não apresentaram nenhuma ocorrência de ultrapassagem da demanda.

Contudo, a oscilação gradual e periódica da temperatura nas 4 estações gera uma variação da demanda. Sendo assim, o Gráfico 20 apresenta um comparativo da curva de carga de dois dias distintos.



**Gráfico 20 - Curva de carga da UTFPR – Câmpus Medianeira com intervalo de integração de 30 minutos**  
**Fonte: Autor**

A curva em vermelho, referente ao dia 17 de outubro de 2016, representa a curva de carga do dia que registrou a maior temperatura máxima no ano (36,8 °C), segundo os dados fornecidos pela Simepar. Deste modo tornou-se possível comparar com a curva do dia 11 de junho de 2016, a qual é referente ao dia que apresentou a temperatura mínima mais baixa do ano (1,6 °C). Na curva em vermelho nota-se um pico de demanda entre às 13h30 e 14h30, período do dia em que as temperaturas atingem seu valor máximo.

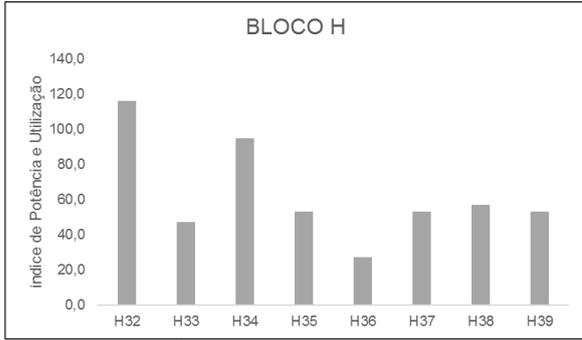
Deste modo, nota-se que as duas curvas variam de forma semelhante, aumentando nos horários de aula e diminuindo nos intervalos entre os turnos. Em dias quentes, pode-se afirmar que os picos de demanda nos turnos de horário de aula ocorreram devido ao desconforto térmico, que de certa forma ocasiona em um maior uso do aparelho de ar condicionado. Entretanto, ressalta-se que na análise realizada da curva de carga não foi levado em consideração o número de pessoas, nem mesmo a taxa de utilização das salas de aulas.

#### 4.2.4 Identificação das Áreas com Uso Significativo de Energia

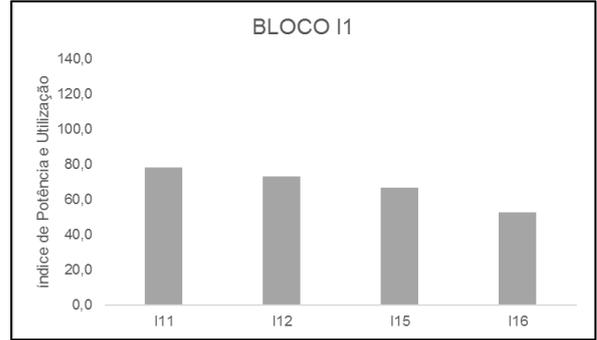
A próxima etapa diz respeito a identificação das áreas com uso significativo de energia. Tendo em vista a estrutura atual, bem como os dados de administração obtidos, nesta etapa, o estudo presente delimitou-se em estimar quais salas de aulas apresentavam maior potencial de consumo de energia elétrica frente ao uso do ar condicionado. As demais áreas da unidade consumidora não foram avaliadas, visto que não foi possível quantificar a taxa de utilização das mesmas.

Para tal, foi estabelecido um indicador de desempenho que relaciona a potência instalada do aparelho de ar condicionado, a capacidade da sala e a sua respectiva taxa de utilização. Salienta-se, que a fórmula do indicador avaliado é apresentada na etapa de saída do planejamento.

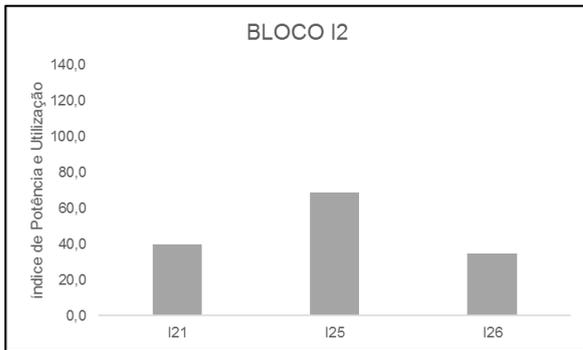
Deste modo, os gráficos a seguir apresentam os índices de cada sala, sendo eles separados por blocos.



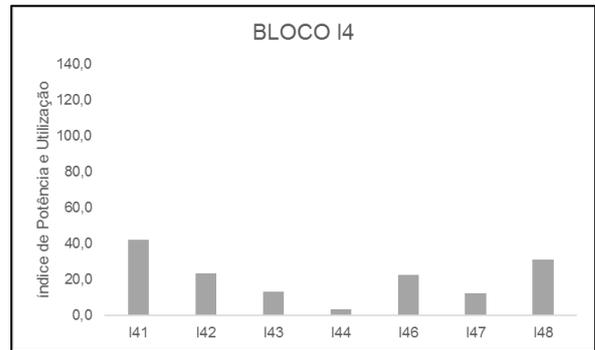
**Gráfico 21 - Índice de Potência e Utilização Bloco H**  
Fonte: Autor



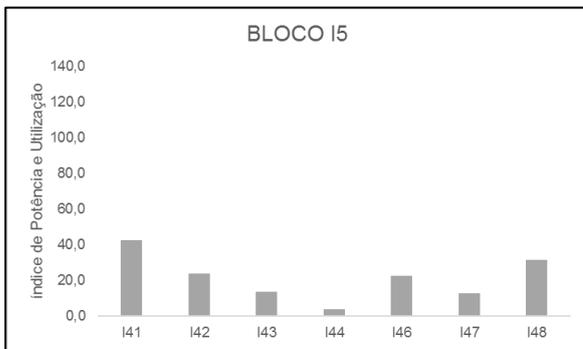
**Gráfico 22 - Índice de Potência e Utilização Bloco I1**  
Fonte: Autor



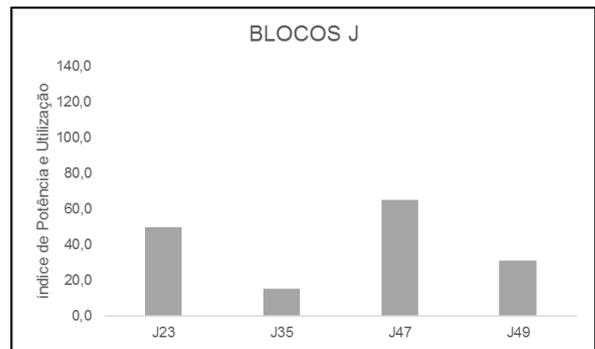
**Gráfico 23 - Índice de Potência e Utilização Bloco I2**  
Fonte: Autor



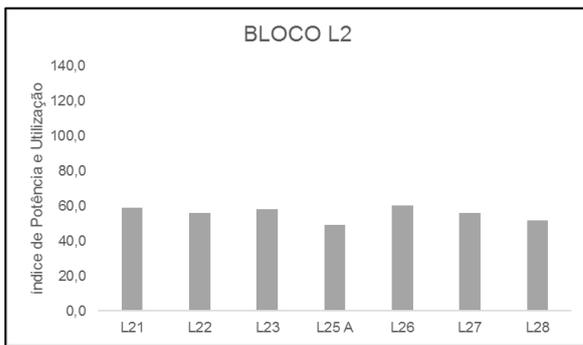
**Gráfico 24 - Índice de Potência e Utilização Bloco I4**  
Fonte: Autor



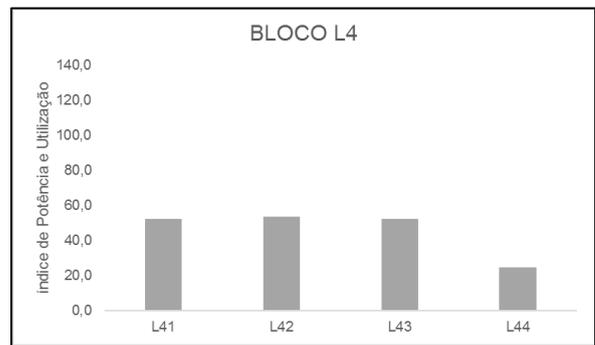
**Gráfico 25 - Índice de Potência e Utilização Bloco I5**  
Fonte: Autor



**Gráfico 26 - Índice de Potência e Utilização Blocos J**  
Fonte: Autor



**Gráfico 27 - Índice de Potência e Utilização Bloco L2**  
Fonte: Autor



**Gráfico 28 - Índice de Potência e Utilização Bloco L4**  
Fonte: Autor

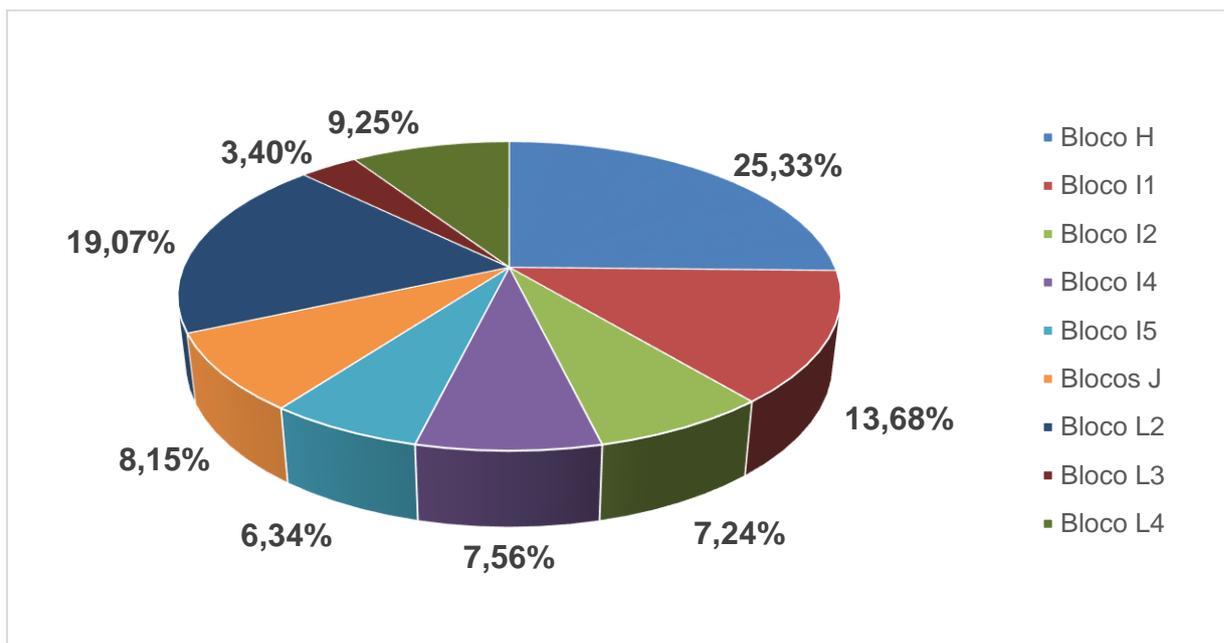
Na sequência, realizou-se a soma dos índices das salas correspondente a cada bloco e o cálculo dos respectivos percentuais, com o intuito de identificar qual bloco apresenta maior índice. Ressalta-se que os blocos J foram considerados como apenas um bloco, visto que não foi possível identificar a taxa de utilização de grande parte das salas que compõe o mesmo, conforme o Tabela 5 apresenta.

**Tabela 6 - Índice de Potência e Utilização dos Blocos da UTFPR – Câmpus Medianeira**

Bloco	Índice Total de Potência e Utilização (W/ocupante)	Percentual (%)
Bloco H	499,7	25,33
Bloco I1	269,8	13,68
Bloco I2	142,9	7,24
Bloco I4	149,1	7,56
Bloco I5	125,1	6,34
Blocos J	160,7	8,15
Bloco L2	376,2	19,07
Bloco L3	67,0	3,40
Bloco L4	182,4	9,25

Fonte: Autor

Já o Gráfico 29 representa de forma visual o percentual do índice de cada bloco.



**Gráfico 29 - Percentual referente ao Índice de Potência e Utilização de cada Bloco da UTFPR – Câmpus Medianeira**

Fonte: Autor

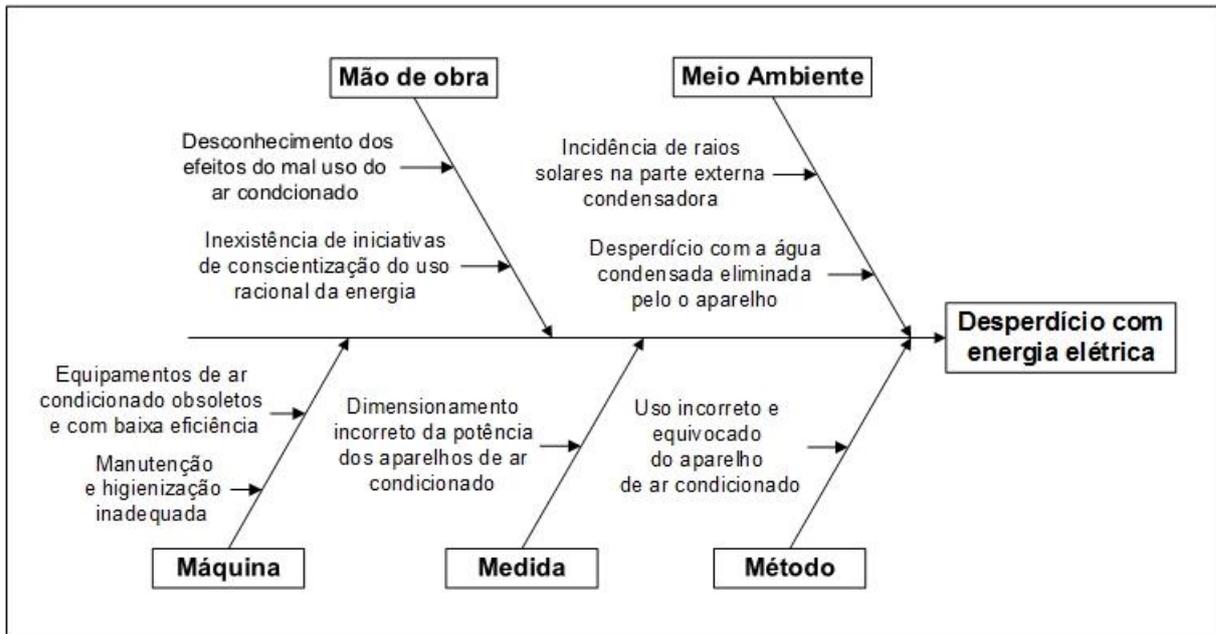
Com base nos gráficos anteriores e na Tabela 5, verificou-se que o Bloco H e o Bloco L2 apresentaram os índices mais altos do total calculado. Quanto aos índices dos blocos I2, I4, I5 e J, os mesmos apresentaram valores próximos entre si. Já o Bloco L2, por sua vez, apresentou o menor índice do total, visto que o bloco apresenta o menor número de aparelhos de ar condicionado instalado.

Quanto ao Bloco H, as salas H32 e H34, ambas apresentaram os dois índices mais alto do bloco. Neste caso, tonou-se possível verificar que a explicação do elevado índice se justificou além da taxa de utilização, mas também pelo fato dos aparelhos de ar condicionado estarem superdimensionados. Muito recentemente, a administração do Câmpus optou em aumentar o número de salas de aula do Bloco H por meio da redução da capacidade, entretanto, os aparelhos de ar condicionado das salas H32 e H34 se mantiveram. Já os aparelhos das demais salas do bloco foram trocados por outros com capacidade de refrigeração menor e nível de eficiência maior.

Já o índice do Bloco L2 é explicado pela alta taxa de utilização e pelas cargas ali instaladas. Neste bloco foram instalados 6 aparelhos de ar condicionado, cada um com 6300 kW de potência, com capacidade de refrigeração de 60000 Btu/h. Segundo o Inmetro (2017), o aparelho em questão é menos eficiente visto que pertence a faixa de classificação C.

#### 4.2.5 Levantamento dos Desperdícios

Tendo em vista a comprovação da influência da temperatura no consumo e na demanda, nesta etapa, o presente estudo se limitou em avaliar os desperdícios relacionados com o aparelho de ar condicionado. Deste modo, foi construído o Diagrama de Ishikawa, Figura 9, no qual é representado as causas observadas utilizando a metodologia dos 6 M's, sendo eles: material, mão de obra, meio ambiente, máquina, medida e método. Contudo, no diagrama a seguir o termo material não foi utilizado, pois não foi possível detectar nenhum desperdício correspondente ao mesmo por meio de observação.



**Figura 9 - Desperdícios relacionados com o aparelho de ar condicionado**

Fonte: Autor

Quanto a mão de obra, observou-se que boa parte dos responsáveis pelo uso do ar condicionado, sendo eles, alunos e servidores, desconhecem o real impacto que o mau uso do aparelho reflete, bem como desconhecem boas práticas que poderiam minimizar o problema. Do mesmo modo, notou-se a inexistência de iniciativas que poderiam colaborar com o uso consciente do aparelho, bem como no uso total da energia em si.

Já com o meio ambiente, foi observado também como as partes externas dos aparelhos de ar condicionado foram instaladas. Sendo assim, notou-se que grande parte das condensadoras estão expostas ao calor e incidência de raios solares. Segundo Capelli (2013), é necessário evitar instalar o condensador em locais aquecidos. O autor ainda afirma que uma variação de 3°C na temperatura do ar corresponde à variação de 1% do consumo de energia. A mesma condensadora analisada ainda gera água condensada, que por sua vez, não é reaproveitada.

Na sequência temos o Método. Para este o que mais pesou foram os hábitos relacionados com o uso do ar condicionado. Por muitas vezes é permitido o acesso de alunos e professores em salas de aulas que não estão em uso. Em muitos desses casos ocorre o uso muito abaixo da capacidade instalada na sala de aula. Outro fator considerado, foi a temperatura de uso, que por muitas vezes os aparelhos são utilizados em sua capacidade máxima de refrigeração sem que haja esta necessidade.

Quanto as medidas, foi observado que foram feitas algumas alterações nas disposições das salas de aula. Uma boa parte das salas de aula do bloco H3 foram divididas de modo que possibilitou a redução da sua capacidade para obter uma maior taxa de utilização. Deste modo foram instalados aparelhos de ar condicionado com tecnologia *inverter*, que por sua vez, apresentam alto índice de eficiência devido seu modo de operação. Entretanto, algumas salas e departamentos foram criados. Para estes alguns aparelhos de ar condicionado estão superdimensionados, pois os mesmos foram remanejados sem que houvesse um estudo da sua respectiva demanda por refrigeração.

Por fim, temos a máquina. Atualmente, o sistema de manutenção dos aparelhos de ar condicionado se caracteriza como corretivo. O processo de manutenção inicia-se quando algum usuário informa que o aparelho não está funcionando. Na sequência, o responsável pelo serviço de manutenção realiza a triagem do aparelho e solicita o serviço de manutenção de uma empresa terceirizada. Contudo, devido a este sistema o aparelho de ar condicionado é utilizado mesmo com sua eficiência reduzida devido à falta de manutenção. O mesmo acontece com a limpeza das condensadores e com a troca dos filtros.

Por meio do cruzamento das informações coletadas com a tabela Inmetro (2017), verificou-se que alguns aparelhos de ar condicionado apresentam baixos índices de eficiência energética. Com base na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, os aparelhos observados fazem parte da Classe D, sendo ela classificada como menos eficiente para condicionadores de ar split piso-teto. Os dados referentes aos aparelhos encontram-se no apêndice A.

## 4.3 SAÍDA DO PLANEJAMENTO

### 4.3.1 Indicadores de Desempenho Energético

Nesta seção são apresentados os indicadores de desempenho da unidade a fim de comparar o desempenho atual com o desempenho futuro, levando em consideração a alteração da demanda de alunos e servidores, bem como em casos

quando houver expansão da área construída do Câmpus. O cálculo dos indicadores em questão utilizou o consumo mensal e a demanda medida mensal entre os meses do ano de 2016. Já os dados de número de alunos, servidores, bem como área construída, ambos são referentes ao segundo semestre de 2016.

Os indicadores estabelecidos servirão de apoio a tomada de decisão, assim como para avaliar o impacto das alterações nas variáveis citadas anteriormente. Atualmente, torna-se impossível avaliar se os indicadores demonstram se a unidade apresenta um bom aproveitamento energético, pois não foi possível encontrar resultados de outras unidades que apresentam as mesmas características e perfil de consumo da unidade em estudo. Contudo, conforme LEITE (2014) afirma, os indicadores devem ser atualizados ao longo da operação da unidade, bem como avaliado antes e depois de futuras ações de melhorias.

Indicador	Unidade	Base	Observações	Cálculo	Índice
Consumo de energia elétrica por ocupantes	kWh/ocup.	Semestral	Expressa o impacto dos ocupantes (alunos e servidores) no consumo	Divisão do consumo total do semestre pela quantidade de ocupantes	181,39 (2016/2)
Demanda medida por ocupantes	kW/ocup.	Semestral	Expressa o impacto dos ocupantes (alunos e servidores) na demanda	Divisão da demanda medida total do semestre pela quantidade de ocupantes	0,99 (2016/2)
Consumo médio por área coberta	kWh/m <sup>2</sup>	Anual	Expressa o impacto da expansão da área construída no consumo	Divisão do consumo total do ano pela área construída total	41,32 (2016/2)
Demanda medida por área coberta	kW/m <sup>2</sup>	Anual	Expressa o impacto da expansão da área construída na demanda	Divisão da demanda medida total do ano pela área construída total	21120,64 (2016/2)

**Quadro 6 - Indicadores de desempenho energético da UTFPR – Câmpus Medianeira**  
 Fonte: Adaptado de Tiago (2012)

Seguindo o mesmo raciocínio, foi estabelecido então outro indicador de desempenho, denominado (Índice de Potência e Utilização - IPU), com o intuito de avaliar as cargas dos condicionadores de ar e a respectiva taxa de utilização das salas de aula onde os aparelhos se encontram. As suas respectivas interpretações foram apresentadas na seção anterior, contudo, o seu cálculo foi realizado levando em consideração a potência do aparelho de ar condicionado instalado, bem como a capacidade de acomodação da sala e sua taxa de utilização, conforme a Equação (1) apresenta.

$$IPU = \frac{\text{Potência Instalada (W)}}{\text{Capacidade (ocupante)}} \times \text{Taxa de Utilização (\%)} \quad (1)$$

Através deste indicador foi possível então estimar quais salas apresentam maior potencial de consumo. O trabalho atual se limitou em avaliar somente as salas de aula, visto que no total, são as que mais representam impacto no consumo e demanda por energia elétrica. Durante a realização do trabalho não foi possível estimar a taxa de utilização dos outros setores, sendo eles a biblioteca do câmpus, o miniauditório, as salas administrativas e o restaurante universitário.

#### 4.3.1 Linha de Base Energética

Na sequência do trabalho foi estabelecido a linha de base energética. Com base nos dados atuais de consumo e demanda, realizou-se a construção de modelos de previsão utilizando o método de suavização exponencial. Deste modo, torna-se possível a diretoria do Câmpus analisar o progresso do consumo e da demanda por energia elétrica, bem como comparar o estado atual com o estado futuro, possibilitando assim avaliar o desempenho de futuras melhorias a serem implementadas.

Na realização da previsão do consumo, foram calculados os erros correspondentes a cada método utilizado, conforme a Tabela 7 apresenta.

**Tabela 7 - Análise comparativa dos erros de previsão do consumo**

<b>Erros</b>	<b>MSD</b>	<b>MAE</b>	<b>MAPE</b>
Suavização Exponencial Simples	505067428,72	18672,79	27,96%
Suavização Exponencial Dupla (Holt)	485075711,06	18889,99	28,96%
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Aditivo)	287652090,67	13194,98	16,89%
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo)	272611281,44	12869,60	16,74%

**Fonte: Autor**

Com base na Tabela 7, nota-se que os valores dos erros estão aproximados, entretanto, temos como primeira hipótese que o método de Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo) possui melhor ajuste, apresentando menor erro entre os demais. O valor da constante de nível, tendência e sazonalidade foram 0,04, 1 e 0,34 respectivamente.

Em seguida, fez-se o cálculo do coeficiente de U de Theil a fim de avaliar o desempenho das previsões contra os valores da previsão ingênua, conforme a Tabela 8 apresenta.

**Tabela 8 - Coeficiente U de Theil - Consumo**

<b>Método</b>	<b>Coeficiente U de Theil</b>
Suavização Exponencial Simples	0,87
Suavização Exponencial Dupla (Holt)	0,85
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Aditivo)	0,65
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo)	0,63

**Fonte: Autor**

Segundo Carvalho (2005), “o coeficiente U de Theil menor do que 1 já indica uma previsão melhor que a previsão ingênua. Quanto mais próximo o mesmo for de zero, melhor será o resultado da previsão”. Portanto, com base nos resultados apresentados na Tabela 8, constatou-se que o método de Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo) apresenta melhor ajuste, reforçando a primeira hipótese estabelecida anteriormente.

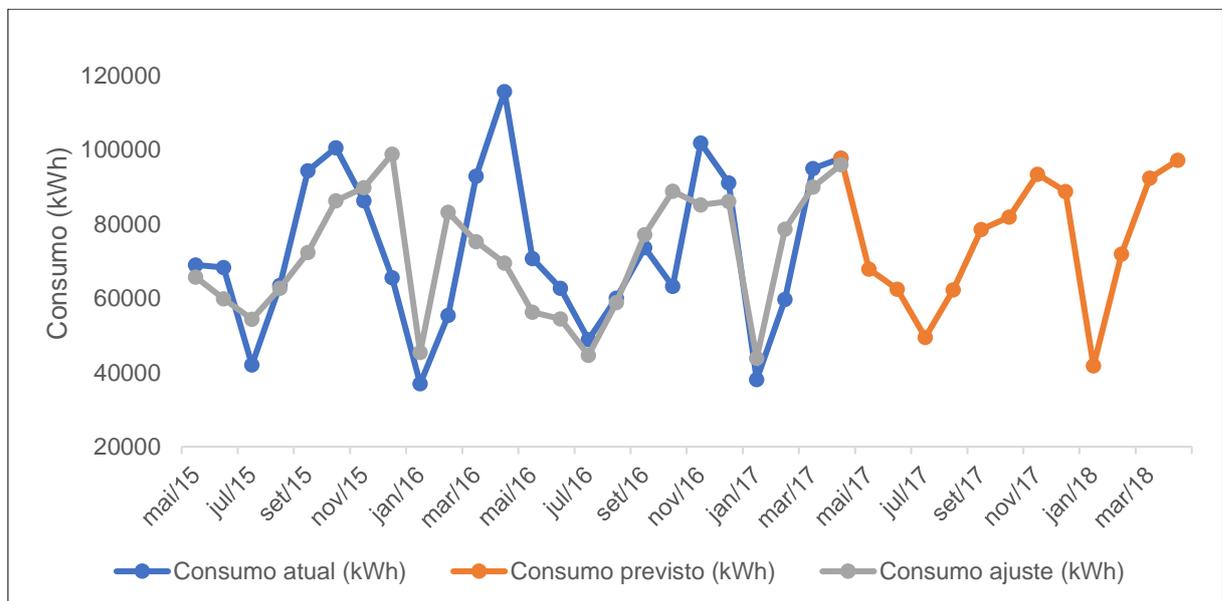
Com base nos resultados obtidos, realizou-se a escolha do método de Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo) para fins de previsão do consumo para os próximos 12 meses, dentro do período de maio de 2017 a abril de 2018. Os dados previstos do modelo escolhido são apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9 - Dados previstos de consumo (kWh)**

Mês	Consumo (kWh)	Mês	Consumo (kWh)
mai/17	67807,67	nov/17	93372,94
jun/17	62471,53	dez/17	88756,54
jul/17	49412,92	jan/18	41780,55
ago/17	62291,66	fev/18	71921,13
set/17	78505,01	mar/18	92354,50
out/17	81890,74	abr/18	97177,03

Fonte: Autor

Contudo, foi construído o Gráfico 30 com os dados observados junto aos dados previstos.

**Gráfico 30 - Previsão do consumo (kWh) para os próximos 12 meses**

Fonte: Autor

Com base no procedimento de realização da linha de base do consumo, o mesmo foi feito para a demanda. Sendo assim, foi calculado os erros para cada método utilizado, conforme Tabela 10 apresenta.

**Tabela 10 - Análise comparativa dos erros de previsão da demanda**

Erros	MSD	MAE	MAPE
Suavização Exponencial Simples	16982,64	98,24	33,62%
Suavização Exponencial Dupla (Holt)	17112,96	99,80	34,67%
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Aditivo)	6032,11	56,63	15,79%
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo)	5952,36	55,01	14,80%

Fonte: Autor

Tendo em vista os valores apresentados pela Tabela 10, temos como segunda hipótese também que o método de Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo) possui melhor ajuste, apresentando menor erro entre os demais. Para a demanda, o valor da constante de nível, tendência e sazonalidade foram 0,13, 0 e 0,69 respectivamente.

Na sequência, realizou-se o cálculo do coeficiente de U de Theil, com intuito de avaliar o desempenho das previsões contra os valores da previsão ingênua, conforme a Tabela 11 apresenta.

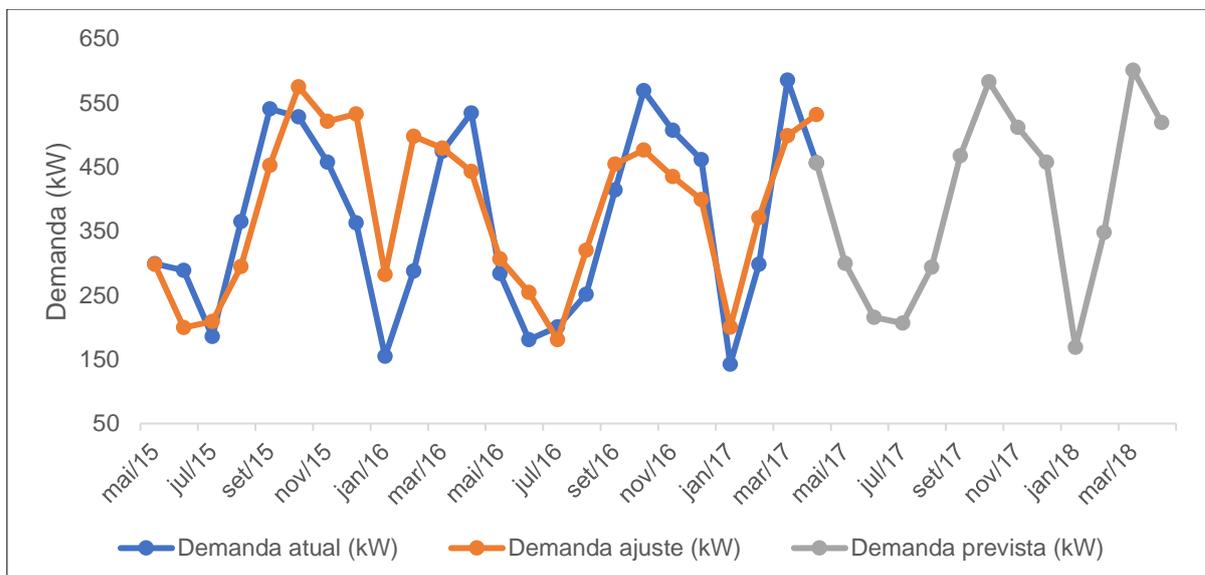
**Tabela 11 - Coeficiente U de Theil - Demanda**

Método	Coeficiente U de Theil
Suavização Exponencial Simples	0,91
Suavização Exponencial Dupla (Holt)	1,00
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Aditivo)	0,58
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo)	0,57

**Fonte: Autor**

A partir da Tabela 11, constatou-se que o método de Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo) apresenta o melhor ajuste, confirmando assim a segunda hipótese estabelecida anteriormente.

Sendo assim, foi realizado a previsão da demanda com o método de melhor ajuste, entre os meses de maio de 2017 a abril de 2018, tendo como base os dados observados, conforme o Gráfico 31 apresenta.



**Gráfico 31 - Previsão da demanda (kW) para os próximos 12 meses**

**Fonte: Autor**

A Tabela 12, por sua vez, apresenta os valores previstos de demanda correspondente a cada mês.

**Tabela 12 - Dados previstos de demanda (kW)**

<b>Mês</b>	<b>Demanda (kW)</b>	<b>Mês</b>	<b>Demanda (kW)</b>
mai/17	299,76	nov/17	511,62
jun/17	215,50	dez/17	457,27
jul/17	206,48	jan/18	168,86
ago/17	293,76	fev/18	347,64
set/17	467,02	mar/18	600,58
out/17	582,41	abr/18	518,94

**Fonte: Autor**

#### 4.3.3 Plano de Ação

Depois de identificar as causas que provocam desperdício de energia elétrica com o uso do ar condicionado, encontrou-se a necessidade de elaborar um plano de ação a fim de implementar melhorias no sistema.

O plano de ação proposto, tem por principal finalidade planejar iniciativas e atividades com o intuito de atingir um objetivo e suas respectivas metas. O presente trabalho teve por finalidade promover a eficiência energética na Universidade, logo, o objetivo está atrelado com a redução dos desperdícios na planta. Já as metas não foram estabelecidas, visto que as mesmas devem ser discutidas mais a fundo pela Comissão Interna de Conservação de Energia.

A proposta de plano de ação se baseou na ferramenta da qualidade 5W2H, porém, as perguntas *When?* e *How Much?*, ambas foram desconsideradas, visto a complexidade das informações, levando em consideração que na Universidade a aquisição de bens e serviços é realizada por meio de editais de licitação.

Para as causas observadas, sendo elas relacionadas ao meio ambiente, sugere-se as ações apresentadas no Quadro 7 e Quadro 8.

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Readequação da instalação das condensadoras localizadas no telhado</li> </ul>
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir os desperdícios relacionados com eficiência de operação do aparelho</li> </ul>
<b>WHO? (QUEM?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa de climatização contratada</li> </ul>
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloco I1, Bloco I5, Bloco L1, Bloco L2, Bloco L3 e Bloco L4</li> </ul>
<b>HOW? (COMO?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrigar a condensadora da incidência de raios solares</li> </ul>

**Quadro 7 - Plano de ação 1 - Causa (Meio-Ambiente)**

Fonte: Autor

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaproveitamento da água condensada eliminada</li> </ul>
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir o consumo da água e incentivar práticas sustentáveis</li> </ul>
<b>WHO? (QUEM?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DESEG juntamente com Projetos de Extensão existentes na Universidade</li> </ul>
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nos terminais da fonte geradora da água de todas as salas que contém o aparelho</li> </ul>
<b>HOW? (COMO?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de um sistema de captação da água gerada;</li> <li>• Uso da água captada para fins de limpeza do Câmpus.</li> </ul>

**Quadro 8 - Plano de ação 2 - Causa (Meio-Ambiente)**

Fonte: Autor

Já as causas identificadas no quesito máquina, sugere-se as ações apresentadas no Quadro 9 e Quadro 10.

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Troca dos aparelhos de ar condicionado obsoletos e com baixa eficiência (Faixa de Classificação D – Selo Procel)</li> </ul>
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir os desperdícios relacionados com eficiência de operação do aparelho</li> </ul>
<b>WHO? (QUEM?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diretoria de Planejamento e Administração</li> </ul>
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sala I21, Sala I26, Sala L21, Sala L22, Sala L23, Sala L25 A, Sala L26, Sala L27, Sala L28, Sala L39 C e Sala L29 A</li> </ul>
<b>HOW? (COMO?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participação em editais específicos que visam a eficiência energética para a troca de equipamentos obsoletos</li> </ul>

**Quadro 9 - Plano de ação 3 - Causa (Máquina)**

Fonte: Autor

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	• Programa de Manutenção Preventiva
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	• Reduzir os desperdícios relacionados com as condições de funcionamento
<b>WHO? (QUEM?)</b>	• Empresa de climatização contratada
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	• Todas as salas de aula que contém o aparelho
<b>HOW? (COMO?)</b>	• Conforme os procedimentos de higienização e manutenção estabelecidos no manual do fabricante do aparelho

**Quadro 10 - Plano de ação 4 - Causa (Máquina)**

Fonte: Autor

Quanto as causas relacionadas ao Método e Mão de obra, sugere-se as ações apresentadas no Quadro 11.

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	• Criação de Projetos de Pesquisa em Eficiência Energética, Inovação e Tecnologia
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	• Promover a eficiência energética dentro da Universidade
<b>WHO? (QUEM?)</b>	• Coordenação de Tecnologia na Educação, Docentes e Discentes
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	• UTFPR – Câmpus Medianeira
<b>HOW? (COMO?)</b>	• Incentivo (fomento) às pesquisas relacionadas à eficiência energética, inovação e tecnologia, sendo elas destinadas a otimização e uso consciente da energia elétrica

**Quadro 11 - Plano de ação 5 - Causa (Método e Mão de Obra)**

Fonte: Autor

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	• Programa de Conscientização do Uso Racional de Energia Elétrica
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	• Apresentar os efeitos do mau uso do aparelho de ar condicionado e conscientizar para o uso eficiente
<b>WHO? (QUEM?)</b>	• Comissão Interna de Conservação de Energia juntamente com o apoio da Diretoria de Planejamento e Administração
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	• UTFPR – Câmpus Medianeira
<b>HOW? (COMO?)</b>	• Palestras e divulgação do tema por meio de cartilhas e adesivos; • Programas internos de redução de consumo com incentivos (fomentos) envolvendo alunos e servidores.

**Quadro 12 - Plano de ação 6 - Causa (Método e Mão de Obra)**

Fonte: Autor

Por fim, para as causas relacionadas à Medida, sugere-se as seguintes ações apresentadas no Quadro 13 e 14.

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Readequação da carga instalada (aparelho de ar condicionado)</li> </ul>
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otimizar o uso de energia elétrica</li> </ul>
<b>WHO? (QUEM?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa de climatização contratada</li> </ul>
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salas H32 e H34</li> </ul>
<b>HOW? (COMO?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Troca por aparelhos com capacidade de refrigeração compatível com o ambiente;</li> <li>• Remanejamento do aparelho trocado para outras áreas compatíveis;</li> </ul>

**Quadro 13 - Plano de ação 7 - Causa (Medida)**

Fonte: Autor

<b>WHAT? (O QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsão do Consumo e Demanda</li> </ul>
<b>WHY? (POR QUE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tornar o modelo de Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters Multiplicativo) uma referência (parâmetro) na análise das futuras ações de melhorias</li> </ul>
<b>WHO? (QUEM?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comissão Interna de Conservação de Energia</li> </ul>
<b>WHERE? (ONDE?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UTFPR – Câmpus Medianeira</li> </ul>
<b>HOW? (COMO?)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualizar os dados de previsão a cada semestre, utilizando o software Excel <i>add in</i> Action</li> </ul>

**Quadro 14 - Plano de ação 8 - Causa (Medida)**

Fonte: Autor

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado permitiu explorar a aplicação da norma da NBR ISO 50001:2011 em uma instituição pública de ensino superior, bem como entender a sua respectiva importância para a implementação de um sistema de gestão de energia. Deste modo, os objetivos específicos estabelecidos, com suas respectivas limitações e âmbito de fronteira, foram todos alcançados.

A partir da análise de correlação realizada, verificou-se que de todos os testes, a relação entre temperatura máxima e demanda apresentou maior dependência, quando comparado com as outras simulações. Para este caso, constatou-se que essa maior dependência se justifica pelo fato das duas variáveis serem dois valores de máximo registrado. Já o consumo apresentou menor correlação, pois o mesmo corresponde a um valor acumulado no período registrado.

Por meio da construção do perfil de faturamento, consumo e demanda medida foi possível realizar a revisão energética. Quanto ao faturamento, notou-se que as alterações das bandeiras tarifárias impactaram no custo final com o consumo de energia, principalmente no ano de 2015, que por sua vez, foi tarifado na bandeira vermelha.

Verificou-se também que nos meses de férias ocorre um menor consumo de energia, principalmente quando comparado com os meses letivos. Notou-se também que a alteração no calendário, sendo ela provocada pela greve de 2012, alterou significativamente o consumo do mês de fevereiro do ano de 2014, que por sua vez, apresentou maior valor do período histórico (126104 kWh). Uma das razões do aumento se deve ao aumento das atividades neste mês.

Através do perfil de demanda medida, verificou-se que o montante anual de demanda ultrapassada vem reduzindo nos últimos 3 anos. No período analisado, 50% dos meses registraram ultrapassagem da demanda contratada. Ressalta-se que a maioria destes meses foram justamente os mesmos que registram os maiores valores de temperatura, estação primavera-verão e verão-outono.

O comparativo realizado da curva de carga, permitiu por sua vez, comprovar que a temperatura influencia no comportamento do consumo, e, principalmente, na demanda medida. Por se tratar de uma região com registro de altas

temperaturas, o desconforto térmico gerado em tais situações, provoca um maior uso do aparelho de ar condicionado.

Ainda na fase de revisão, o estudo realizado permitiu identificar os desperdícios referentes ao uso do ar condicionado como um todo, bem como verificar a eficácia do uso do Diagrama de Ishikawa nesta fase do planejamento, visto que a norma não estabelece nenhum procedimento, nem mesmo ferramentas, para a realização deste requisito.

No presente trabalho, verificou-se também a importância do uso de indicadores de desempenho, visto que, através da sua utilização, foi possível estimar quais salas apresentavam maior potencial de consumo de energia frente ao uso do ar condicionado, bem como contribuir com as tomadas decisões futuras em relação ao desempenho energético como um todo.

Do mesmo modo, a linha de base energética estabelecida permitirá avaliar o progresso do consumo e demanda, bem como medir o desempenho das ações de melhoria. No estudo presente, verificou-se que, o modelo de suavização exponencial, apresentou resultados de previsão satisfatórios. Portanto, o método de séries temporais é uma boa opção para o cumprimento da fase de revisão da norma, tendo em vista a necessidade do estabelecimento de uma linha de base.

Sendo assim, espera-se que as ações de melhorias estabelecidas no plano de ação sejam implementadas. As ações atribuídas no presente estudo, visam além de introduzir novas tecnologias e novos aparelhos mais eficientes, elas visam também a resolução do problema com um todo, tanto a parte de conscientização da comunidade referente ao uso do aparelho de ar condicionado, bem como procedimentos administrativos sustentáveis.

Por fim, sugere-se a continuidade do estudo para trabalhos futuros, tendo em vista a análise financeira das propostas de melhorias sugeridas e a elaboração de um cronograma das atividades.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 50001: Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, 2011.

BATISTA et al., Gestão energética empresarial e suas potencialidades no setor elétrico brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Automática, 19, 2012, Campina Grande. **Anais...**São Carlos: Sociedade Brasileira de Automática, 2012. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/anais/cba/2012/Artigos/98960.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2016.

CAPELLI, Alexandre. **Energia Elétrica: qualidade e eficiência para aplicações industriais**. São Paulo: Érica, 2013. 272 p.

CARVALHO, Janaina Veiga. **Modelagem temporal das medidas de vazão de drenos na Barragem de Funil (RJ) utilizando redes neurais e métodos estatísticos**. 2005. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=7060@1](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=7060@1)>. Acesso em: 15 maio 2017.

CASTRO, Alexandre Teles de. **Gestão Energética nos Setores Transversais para Redução do Consumo de Energia em uma Empresa Automobilística**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138298/castro\\_at\\_me\\_guara.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138298/castro_at_me_guara.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 16 set. 2016.

CEPEL. **Guia para eficiência energética nas edificações públicas**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL\\_1+0\\_12-02-2015\\_Compacta.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/GUIA+EFIC+ENERG+EDIF+PUBL_1+0_12-02-2015_Compacta.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2016.

ELETROBRAS. **Programas – Procel**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em: 22 set. 2016.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Agência Virtual**. 2016. Disponível em: <<https://agencia.copel.com/AgenciaWeb/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Curitiba, 2005. 139 p.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Tarifa Horária Verde - subgrupo A4.** 2017. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F0a363cf546237cc203257488005939ce>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

ELETROBRAS et al. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BCF1A3743-CECB-48EF-B2CA-E2B4D4173337%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>>. Acesso em: 20 set. 2016.

EDP Bandeirante. **Bandeiras Tarifárias.** 2017. Disponível em: <<http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/informacoes/Paginas/Bandeiras-Tarifarias.aspx>>. Acesso em: 02 mai. 2017

EDP Bandeirante. **Manual de Orientação - Critérios de Contratação e Tarifas Aplicadas.** 2004. Disponível em: <[http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-escelsa/informacoes/grandes-clientes/normas-e-manuais/Documents/Manual\\_de\\_Orientação\\_-\\_Critérios\\_de\\_Contratação\\_e\\_Tarifas\\_Aplicadas.pdf](http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-escelsa/informacoes/grandes-clientes/normas-e-manuais/Documents/Manual_de_Orientação_-_Critérios_de_Contratação_e_Tarifas_Aplicadas.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2016.

EPE. Ministério de Minas e Energia. **Aspectos Fundamentais de Planejamento Energético.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://www.sudene.gov.br/conteudo/download/PE\\_Aspectos\\_Fundamentais.pdf](http://www.sudene.gov.br/conteudo/download/PE_Aspectos_Fundamentais.pdf)>. Acesso em: 18 out. 2016.

EPE. Ministério de Minas e Energia. **Eficiência energética na indústria e nas residências.** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série\\_Estudos\\_de\\_Energia/20100809\\_4.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série_Estudos_de_Energia/20100809_4.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2016.

FROZZA et al., Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO 50001. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 8., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2012. p. 1-8. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/2423308-Metodologia-de-implantacao-de-um-sistema-de-gestao-de-energia-utilizando-abnt-nbr-iso-50001.html>>. Acesso em: 06 set. 2016.

FROZZA, Janquiel Fernando. **Eficiência Energética em Indústria Refrigeradora; Desafios de Implantação.** 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Engenharia Elétrica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/762/1/PB\\_PPGEE\\_M\\_Frozza, Janquiel Fernando\\_2013.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/762/1/PB_PPGEE_M_Frozza_Janquiel_Fernando_2013.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

HADDAD, Jamil. **Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação**. 2004. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ\\_Elet\\_Conceitos\\_Qualid\\_Tarif\\_Eletr\\_Procel-04.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ_Elet_Conceitos_Qualid_Tarif_Eletr_Procel-04.pdf)>. Acesso em: 03 set. 2016.

INMETRO. **Tabela de consumo/eficiência energética: condicionadores de ar split piso – teto**. 2017. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_piso-teto\\_indicenovo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_piso-teto_indicenovo.pdf)>. Acesso em: 03 mai. 2017

IPIECA. **Guidelines for implementing ISO 50001 Energy Management systems in the oil and gas industry**. Disponível em: <<http://www.ipieca.org/publication/guidelines-implementing-iso-50001-energy-management-systems-oil-and-gas-industry>>. Acesso em: 15 set. 2016.

ISO. **About ISO**. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home/about.htm>>. Acesso em: 08 set. 2016.

KAWASAKI, Juliana Iwashita. **Precauções no retrofit com Leds**. 2011. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/colunistas/juliana-iwashita/646-precaucoes-no-retrofit-com-leds.html>>. Acesso em: 04 out. 2016.

KOMEKO. **Ar-condicionado Inverter: 3 vantagens que você precisa conhecer**. 2015. Disponível em: <<http://www.komeco.com.br/blog/ar-condicionado-inverter-x-vantagens-que-voce-precisa-conhecer/>>. Acesso em: 13 out. 2016.

LEITE, Antônio Dias. **Eficiência e desperdício da energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 139 p.

LEITE, Fábio Correa. **Modelamento da Eficiência Energética para o Gerenciamento Sustentável no Setor Industrial pela Medição e Verificação**. 2010. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-17082010-095942/pt-br.php>>. Acesso em: 18 set. 2016

LEITE, Thayrine Andressa Pereira Leite. Diagnóstico Energético de um Terminal Portuário localizado em Itajaí-SC com base na NBR ISO 50001:2011. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 9., 2014, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Itajaí: ABES, 2014. p. 1-16. Disponível em:< <http://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id990.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2014. 190 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 315 p.

\_\_\_\_\_, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2013. 277 p.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação Tecnológica e Eficiência Energética**. 1999. 43 f. Monografia (Especialização) - Curso de Energia Elétrica, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/data/documents/storedDocuments/{8560E99F-A6A6-428C-965E-619167F03211}{91673F5B-A790-481B-B5F0-DC88BE4A0189}/monografia01.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2016.

MORALES, Clayton. **Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramentas de apoio à gestão: Classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo**. 2007. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-17082010-095942/pt-br.php>>. Acesso em: 07 set. 2016.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 624 p.

NEEA. **Energy Baseline Methodologies for Industrial Facilities**. Disponível em: < <https://neea.org/docs/default-source/reports/energy-baseline-methodologies-for-industrial-facilities.pdf?sfvrsn=7>. Acesso em: 13 set. 2016.

ORBEN, Ericka Willeman. **Identificação e Análise de Conformidades para Implementação de um Sistema de Gestão de Energia: Estudo de Caso**. 2016. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165181/TCC\\_ErickaOrben.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/165181/TCC_ErickaOrben.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 25 out. 2016.

PALADINI, Edson Pacheco et al. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 430 p.

PINTO, Álvaro Braga Alves. **A gestão da energia com a norma ISO 50001**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/2014008426.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2016.

PORTAL ACTION. **Modelos de Suavização Exponencial**. 2015. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/series-temporais/modelos-de-suavizacao-exponencial>>. Acesso em: 14 out. 2016.

PROCEL. **Manual de Tarifação da Energia Elétrica**. 2011. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual de Tarif En El - Procel\\_EPP - Agosto-2011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual_de_Tarif_En_El_Procel_EPP_-_Agosto-2011.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016.

\_\_\_\_\_. **O programa**. 2016. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em: 20 set. 2016.

\_\_\_\_\_. **Resultados PROCEL 2016**. 2016. Disponível em: <[http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2016/docs/rel\\_procel2016\\_web.pdf](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2016/docs/rel_procel2016_web.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole, 2011. 460 p.

ROCHA, Afrânio Cosmo Gonçalves da. **Eficientização energética em prédios públicos: um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade**. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10262/Trabalho Individual FGV - 27.11.2012 - Versão final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10262/Trabalho_Individual_FGV_-_27.11.2012_-_Versão_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 10 out. 2016.

SAMED et al. Sistema de Gestão Energética: Plano de Ação e Monitoramento Visando a Minimização do Desperdício do Uso Final de Energia em uma Pequena Indústria. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...** Maringá: ABEPRO, 2011. Disponível em:< [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STO\\_143\\_902\\_18957.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_143_902_18957.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2016.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira et al. **Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. 3. ed. Itajubá: Fupai, 2006. 597 p. Disponível em: <[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_18/2014/04/22/6281/Livro\\_Conservacao\\_de\\_Energiaed3.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Livro_Conservacao_de_Energiaed3.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2016.

SCHNEIDER ELETRIC. **ISO 50001: Recommendations for compliance**. 2012. Disponível em: <[http://static.schneider-electric.us/docs/Power Management/Energy Sustainability/ISO 50001 Consulting/Iso50001Recommendations.pdf](http://static.schneider-electric.us/docs/Power%20Management/Energy%20Sustainability/ISO%2050001%20Consulting/Iso50001Recommendations.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2016.

SHIMAKURA, Silvia. **Interpretação do coeficiente de correlação**. 2006. Disponível em:< <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>>. Acesso em: 15 abr. 2017

TIAGO, João Pedro Landeiro da Silva. **Análise e Desenvolvimento de Sistema de Gestão de Energia**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68158/1/000155148.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Apresentação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira**. 2013. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/medianeira/o-campus>>. Acesso em: 15 out. 2016.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Relatório de Gestão 2016**. 2016. Disponível em:<<http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/diretorias-de-gestao/dircom/noticias/materiais-institucionais-da-comunicacao/relatorio-gestao-2015-1>>. Acesso em: 15 out. 2016.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. Campinas, 2012. 314 p. Disponível em: <[http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientização Energética/Livro\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](http://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/EficientizacaoEnergética/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2016.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Dados das salas de aula e dos aparelhos de ar condicionado

Sala	Capacidade	Taxa de Utilização (%)	Potência Instalada (W)	Classe Procel
H32	24	0,5784	4820	C
H33	24	0,4608	2440	A
H34	24	0,4706	4820	C
H35	24	0,5196	2440	A
H36	24	0,2647	2440	A
H37	24	0,5196	2440	A
H38	24	0,5588	2440	A
H39	24	0,5196	2440	A
I11	48	0,598	6261	C
I12	48	0,5588	6261	C
I15	48	0,5098	6261	C
I16	48	0,402	6261	C
I21	40	0,5	3170	D
I25	30	0,3431	6000	C
I26	35	0,3824	3170	D
I41	24	0,3333	3050	C
I42	24	0,1863	3050	C
I43	24	0,1471	2180	A
I44	24	0,0392	2180	A
I46	24	0,2353	2300	B
I47	24	0,098	3050	C
I48	24	0,2451	3050	C
I51	22	0,0686	6261	C
I52	22	0,0784	6261	C
I56	30	0,0294	6261	C
I57	35	0,4314	6261	C
J23	20	0,3137	3170	-
J35	25	0,098	3900	-
J47	34	0,3529	6261	C
J49	22	0,1078	6261	C
L21	60	0,549	6464	D
L22	60	0,5196	6464	D
L23	60	0,5392	6464	D
L25 A	22	0,1667	6464	D
L26	60	0,5588	6464	D
L27	60	0,5196	6464	D
L28	60	0,4804	6464	D
L33	22	0,2157	5655	B
L39C	22	0,0196	6464	D
L39A	22	0,0196	6464	D
L41	60	0,3333	9380	C
L42	60	0,3431	9380	C
L43	60	0,3333	9380	C
L44	60	0,1569	9380	C