

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ALEXANDRE LUIZ ROSSI**

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO  
SUPERIOR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2018**



**ALEXANDRE LUIZ ROSSI**

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO  
SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay

**PATO BRANCO**

**2018**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Alexandre Luiz Rossi

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 15/06/2018 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

---

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Adelino Carlos Maccarini  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay  
(UTFPR)  
Orientador

---

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

\*A folha de aprovação assinada encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Mecânica.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer, primeiramente, a minha família, por ter me dado todo apoio e suporte durante esse período na Universidade.

Gostaria de agradecer, especialmente, meu pai, Edvaldo, e minha mãe, Jociane, pois sem eles minha formação não teria sido possível. Uma vez que eles nunca me deixaram faltar nada durante minha jornada acadêmica.

Ao meu irmão, Leonardo, pela amizade e auxílio nos momentos difíceis de nossas vidas. Gostaria dizer que nossa família sempre estará por perto em todos os momentos, e que tudo na vida é difícil, porém o difícil contribui sempre para o crescimento individual.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os professores que fizeram parte deste processo de crescimento e aprendizado pessoal na comunidade acadêmica.

Agradeço ao meu orientador, Jean-Marc Stephane Lafay, pela oportunidade em trabalhar com este tema de pesquisa, por poder contribuir com a UTFPR-PB e pelo apoio e conhecimentos transmitidos neste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço também a todos os amigos que fiz na Universidade, sem eles essa caminhada teria sido muito mais difícil e menos proveitosa.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.





## RESUMO

ROSSI, Alexandre Luiz. **Sistema de Gerenciamento de Energia em Instituição de Ensino Superior**. 2018. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

A busca por eficiência energética está em pleno crescimento no Brasil e no mundo, muito pelos danos à natureza causado por fontes de transformação de energia não-limpas e, também pelo processo de conscientização que a sociedade vem adquirindo para não desperdiçar um ativo tão caro como a energia. Dessa forma, diversos estudos estão em curso para implantação de sistemas que gerenciem a energia da melhor maneira possível, passando por variados métodos. Este trabalho consiste em um apanhado de teorias válidas para que um sistema de gestão de energia seja efetivo, passando pelas pesquisas iniciais necessárias para se desenvolver uma base de dados de consumo de energia muito importante para a Comissão Interna de Conservação de Energia; desenvolvimento de indicadores globais de eficiência energética da UTFPR Campus Pato Branco; pesquisa de diversos indicadores de eficiência energética de outras universidades no Brasil e no mundo; além de uma abordagem e proposta de solução de um problema com condicionadores de ar, recorrente no Bloco Q da Universidade, por meio de análise de viabilidade econômica.

**Palavras-chave:** Sistema de Gerenciamento de Energia, Gestão de Energia, Indicadores de Eficiência Energética, Gestão de Energia em Universidade.



## ABSTRACT

ROSSI, Alexandre Luiz. **Energy Management System in an University**. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

The search for energy efficiency is in full growth in Brazil and in the world, much because of the fact of the damage caused by non-clean energy sources and also because of the awareness process our society is going through to not waste an asset as expensive as energy. In this way, many studies are in course for the implementation of systems that manage the energy in the best way possible, going through various methods. Based on this, this undergraduate thesis aims to bring some valid theories to put on an effective energy management system, passing through initial researches to form a very important energy consumption data base to the Internal Commission for Energy Conservation; development of global energy efficiency indexes of the Federal Technological University of Paraná; research of several energy efficiency indexes from other universities in Brazil and in the world; in addition to an approach and solution proposal to a problem with the air conditioners, recurrent in the Q Block of the University, by an economic feasibility analysis.

**Key words:** Energy Management System, Energy Management, Energy Efficiency Index, Energy Management in University.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais elementos de um sistema de gestão de energia .....	28
Figura 2 – Estrutura de organização de um sistema de energia.....	30
Figura 3 – Comparação do consumo de calor específico na companhia entre 2005 e 2008 .....	32
Figura 4 – Estrutura de operação da CICE.....	37
Figura 5 – Cronograma de ações M&V e dos projetos de eficiência energética .....	44
Figura 6 – Indicadores de kWh/m <sup>2</sup> -ano.....	55
Figura 7 – Indicadores de kWh/aluno-ano .....	56
Figura 8 – Consumo de energia no bloco Q em porcentagem .....	60
Figura 9 – Exemplo de timer digital programável.....	63



## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Eventos que iniciaram os debates em relação a conservação energética .....	33
Quadro 2 – Eventos de destaque a partir da década de 1980 .....	33
Tabela 1 – Indicadores de eficiência em outras universidades .....	57
Tabela 2 – Dados Iniciais AVEPI .....	64





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>1.1 Motivação</b> .....	<b>22</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>23</b>
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	23
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1 História da eficiência energética</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2 Sistema de gerenciamento de energia</b> .....	<b>25</b>
2.2.1 ESTRATÉGIA E PLANEJAMENTO .....	26
2.2.2 IMPLEMENTAÇÃO E OPERAÇÃO .....	26
2.2.3 CONTROLE .....	26
2.2.4 ORGANIZAÇÃO .....	27
2.2.5 CULTURA .....	27
2.2.6 ESTUDO DE CASO .....	27
<b>2.3 Eficiência energética no brasil</b> .....	<b>32</b>
<b>2.4 Regulamentação de projetos P&amp;D de eficiência energética ANEEL</b> .....	<b>34</b>
<b>2.5 Chamada pública prioritária de 2016</b> .....	<b>35</b>
<b>2.6 Comissão interna de conservação de energia - CICE</b> .....	<b>36</b>
2.6.1 CARACTERÍSTICAS DA COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - CICE .....	36
2.6.2 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS .....	39
2.6.3 MATURIDADE DE GESTÃO .....	40
2.6.4 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	41
<b>2.7 Plano de medição e verificação</b> .....	<b>42</b>
2.7.1 AÇÕES PADRÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	42
2.7.2 CRONOGRAMA DE AÇÕES DE M&V .....	43
<b>2.8 Análise de viabilidade econômica de projeto de investimento – AVEPI</b> .....	<b>46</b>
2.8.1 ANÁLISE DE RISCOS .....	46
2.8.2 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA .....	46
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>49</b>

<b>3.1 Verificação de histórico de dados da UTFPR-PB .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2 Levantamento bibliográfico de indicadores de eficiência energética em universidades no brasil e no mundo .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3 Comparativo dos indicadores de eficiência energética entre as universidades .....</b>	<b>50</b>
<b>3.4 Levantamento do consumo de energia do bloco Q da UTFPR-PB .....</b>	<b>50</b>
3.4.1 AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BLOCO Q .....	50
<b>3.5 Metodologia para proposta de solução do problema .....</b>	<b>52</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Indicadores de eficiência energética da UTFPR-PB.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2 Levantamento bibliográfico de indicadores de eficiência energética em outras universidades .....</b>	<b>56</b>
<b>4.3 Comparativo entre os indicadores de eficiência energética .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4 Levantamento dos indicadores de eficiência do bloco Q da UTFPR-PB .....</b>	<b>59</b>
4.4.1 CONSUMO DE ENERGIA DOS CONDICIONADORES DE AR NO BLOCO Q DURANTE OS HORÁRIOS DE AULA .....	61
4.4.2 CONSUMO DE ENERGIA DOS CONDICIONADORES DE AR NO BLOCO Q FORA DOS HORÁRIOS DE AULA .....	61
<b>4.5 Proposta de solução para o problema .....</b>	<b>61</b>
4.5.1 PRÉ-REQUISITOS DO PROJETO.....	62
4.5.2 MODO DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO .....	62
4.5.3 ORÇAMENTO DO PROJETO .....	63
4.5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	63
<b>5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>





## 1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento de energia é considerado a coordenação proativa e sistemática da aquisição, conversão, distribuição e uso de energia dentro de uma empresa, com o intuito de reduzir continuamente o consumo de energia e evitar os desperdícios de energia relacionados (AGÊNCIA DE ENERGIA ALEMÃ, 2010). É de conhecimento geral que nos dias atuais, governos e empresas em países emergentes e desenvolvidos têm cada vez mais se preocupado com os problemas de geração, consumo e, principalmente, conservação de energia. O melhor uso dos recursos energéticos é de suma importância para toda a população mundial, e, pesquisas feitas recentemente no Brasil, mostram que grande parte da indústria brasileira tem alto potencial de aumento da eficiência energética (DE MELLO SANTANA; BAJAY, 2016). O Brasil, como um país em desenvolvimento, vem tomando iniciativas em busca da implantação e conscientização de ações de eficiência energética em todos os setores de produção.

Em 1998, a partir de uma obrigação fixada nos contratos de concessão pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), foi criado o PEE (Programa de Eficiência Energética). Esse programa, válido para as concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, tem como objetivo impor que as concessionárias apliquem 0,5% de sua receita operacional líquida em ações para diminuir o desperdício de energia elétrica. A partir da Resolução Normativa nº 556, de 02 de julho de 2013, o PEE ganhou uma nova dimensão. Essa nova opção traz a introdução da obrigatoriedade de pelo menos uma CPP (Chamada Pública de Projetos) pelas distribuidoras de energia elétrica (REVISTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2017). Com essa mudança, uma adaptação das distribuidoras se faz necessária para estimular projetos de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) nesse contexto.

Em julho de 2014, ocorreu a primeira CPP conduzida pela Light (distribuidora de energia elétrica na região Sudeste do Brasil). A Light, em parceria com a AMPLA (hoje conhecida como Enel Distribuição Rio) e com a Câmara de Comércio Brasil-Alemanha, lançou o curso EUREM (O Gestor de Energia Europeu – do inglês European Energy Manager) no Rio de Janeiro. Tendo como base a metodologia Energy Concept, os estudantes desenvolveram e aplicaram projetos

para suas empresas, buscando opções de otimização e eficiência, a fim de evitar o desperdício de energia. Assim, as concessionárias recebem diferentes Chamadas Públicas com diferentes abordagens e cabe a elas analisar as possibilidades da realização dos projetos.

O Programa de Eficiência Energética regulado pela ANEEL traz como principal propósito o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia, trazendo pontos de vista diferentes dos tradicionais, mostrando, por meio de projetos com boa viabilidade econômica, como é possível diminuir o desperdício de energia, desde instalação de equipamentos mais modernos e mais eficientes, até mudanças de conduta que garantam que o desperdício seja amenizado (ANEEL, 2016).

Em conformidade com o tópico 3.1 do PEE (ANEEL, 2016), a proposição do projeto deve vir de uma distribuidora de energia elétrica e, caso essa distribuidora decida participar, deve, sob amparo da Lei 9.9991 de 24 de julho de 2000, beneficiar prioritariamente Instituições de Ensino Superior. Partindo desse fato, foi realizado um diagnóstico energético na UTFPR-PB. Esse diagnóstico foi apresentado e aprovado na chamada pública Copel VPDE 001/2017, com o objetivo de instalar uma fonte incentivada de painéis fotovoltaicos e realizar a troca de todas as lâmpadas do campus da UTFPR de Pato Branco por outras mais eficientes.

De acordo com Martin *et al.* (2012), empresas tendem a empregar melhor as práticas de eficiência energética quando são gerenciadas por um gestor de energia, além disso, para garantir que todos os funcionários estejam engajados com a causa, esse gestor deve ser o mais próximo possível ao CEO da companhia. Independentemente do tipo de estrutura da organização da empresa, a posição de um gestor de energia é essencial (GORDIĆ *et al.*, 2010). Dessa maneira, para a implantação de um sistema de gestão de energia, deve-se criar esse cargo e, junto disso, a formação de uma comissão, com o intuito de realizar as tarefas para alcançar as metas propostas pelo gestor.

## **1.1 Motivação**

Com a intenção de aumentar a eficiência do uso de energia no Campus Pato Branco, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, e também em função de o PEE regulado pela ANEEL ser direcionado para aumentar o P&D na área de

gestão de energia no Brasil, foi entendido que as instituições de ensino públicas teriam incentivo financeiro para instalação de projetos desse tipo, e que contariam com o envolvimento direto de professores, alunos e servidores, como meio de espalhar o conhecimento sobre gerenciamento da energia em todos os níveis da Universidade. Assim, os alunos sairão formados com um nível maior de conscientização de boas práticas de conservação de energia (ANEEL, 2016).

Conforme o surgimento da oportunidade de envolvimento nesse projeto aplicado à UTFPR-PB, apareceu a motivação para aumentar o aprendizado nessa área de conhecimento e participar da implementação de um sistema complexo como esse para diminuir o desperdício de energia dentro da Universidade. A partir disso, foi decidido que seguir o Manual de Eficiência Energética na Indústria da Copel seria a melhor opção para dar início a implementação de melhores práticas de eficiência energética dentro do campus Pato Branco.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 OBJETIVO GERAL**

Para auxiliar no início da implantação do sistema de gerenciamento de energia da UTFPR-PB, que já conta com um diagnóstico energético prévio executado por uma empresa privada, será realizado um levantamento de informações do histórico de consumo de energia do campus, histórico de quantidade de alunos e de área construída. Essa base de dados será digitalizada para que assim possa ser utilizada da melhor maneira possível pela CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia). As informações que podem ser extraídas desses dados são de grande importância para comparação e visão de como está situada a UTFPR-PB perante ao cenário nacional e mundial de gestão de energia no ramo da educação.

Foi considerado extremamente relevante que a CICE esteja ativa quando a instalação dos painéis fotovoltaicos e a troca das lâmpadas de maior eficiência iniciar. Portanto, o objetivo geral desse trabalho é auxiliar a CICE, trazendo informações relevantes quanto ao gerenciamento de energia no campus Pato Branco da UTFPR.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar indicadores de eficiência energética com base na coleta de dados históricos de área construída na UTFPR, quantidade de alunos, quantidade de servidores e energia consumida no campus;
- Fazer um levantamento bibliográfico de indicadores de eficiência energética em outras universidades;
- Realizar uma comparação entre os indicadores de eficiência energética da UTFPR-PB com os indicadores de outras universidades;
- Levantar indicador de eficiência energética local para o bloco da engenharia mecânica no Campus Pato Branco;
- Fornecer uma alternativa para a diminuição do consumo e dos indicadores de eficiência no bloco da Engenharia Mecânica (bloco Q).



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 História da eficiência energética**

Historicamente, o desperdício de energia nunca foi uma prioridade, uma vez que o custo a se pagar por um gestor de energia, juntamente com um sistema de gestão de energia, era mais elevado do que a economia que esse sistema de gestão produziria, pois o valor em energia consumida para produção era considerado muito pequeno (SCHULZE *et al.*, 2016).

O gerenciamento de energia começou a ser levado em conta no cenário mundial a partir da segunda crise do petróleo em 1979, em que o Irã, segundo maior produtor de petróleo na época, passou por uma instabilidade política e teve seu líder, Reza Pahlevi, deposto e substituído por Khomeini, que não tinha muita simpatia pelos países dependentes do petróleo. Diante disso, o preço do petróleo disparou, chegando a dobrar o seu preço original. O impacto do aumento dos custos nas indústrias dos mais diferentes tipos e, especialmente nas indústrias de linhas aéreas e automotivas, causou aumento nos preços para os consumidores (LAMBERT; STOCK, 1979).

Apesar das crises do petróleo, pouco se alterou nas práticas de gestão de energia até que o preço da energia elétrica tivesse um aumento elevado na Europa, entre os anos 2000 e 2015. Nesse período, o valor pago pelos consumidores aumentou cerca de 80% na Alemanha (INSTITUTO FEDERAL ALEMÃO DE ESTATÍSTICA, 2015). Desde então, mais empresas começaram a se preocupar com atividades atreladas ao gerenciamento de energia, passando a entender que um bom sistema de gestão de energia poderia ser o diferencial para produzir mais e gastar menos.

### **2.2 Sistema de gerenciamento de energia**

Na última década, houve grande dedicação em diferentes campos de negócio para desenvolver um sistema padrão para gestão de energia. Como ainda não foi desenvolvido um método geral para aplicação de um sistema de gerenciamento de energia, que seja aplicável e abranja todas as áreas, Schulze *et al.* (2016) decidiram fazer um estudo mais aprofundado no assunto. Os autores

analisaram diversos artigos de estudos práticos, na sua maioria em indústrias ao redor do globo, que se encaixassem no tema “sistema de gestão de energia”. Foram mais de 40 artigos analisados e sintetizados em cinco dimensões do gerenciamento de energia. Essas dimensões serão brevemente apresentadas e exemplificadas nos tópicos a seguir.

### 2.2.1 ESTRATÉGIA E PLANEJAMENTO

Nesta seção, Schulze *et al.* (2016) destacam que os estudos provaram a necessidade de uma estratégia e de uma política energética de longo termo, um planejamento energético e a definição de objetivos relacionados à diminuição dos gastos de energia na empresa, somente assim, um sistema de gestão de energia teria resultados satisfatórios.

### 2.2.2 IMPLEMENTAÇÃO E OPERAÇÃO

Três temas prevalecem nessa seção: implementação de medidas de eficiência energética, decisão de investimento nessas medidas e auditoria energética. Essa dimensão é totalmente técnica e, em diversos estudos de caso da pesquisa, é apresentado um aumento na economia de energia em diferentes indústrias simplesmente pela troca de equipamentos por outros mais eficientes, tais como motores de alta eficiência, uso de co-geração de energia, entre outros.

### 2.2.3 CONTROLE

Nessa dimensão se destacam ações de performance de gerenciamento, e três aspectos se sobressaem: contabilidade energética, performance das medições e *benchmarking*<sup>1</sup>. O monitoramento da eficiência energética é destacado por Bunse *et al.* (2011), a constante análise do consumo de energia na fabricação e processos de suporte à fabricação é uma base muito importante para o gerenciamento da energia, visto que permite que às pessoas que tomam decisões na empresa identifiquem os problemas e as oportunidades de melhoria.

---

<sup>1</sup> Benchmarking: processo de avaliação da empresa em relação à concorrência, por meio do qual incorpora os melhores desempenhos de outras firmas e/ou aperfeiçoa os seus próprios métodos

Além disso, os responsáveis podem verificar se as decisões tomadas tiveram impacto positivo ou negativo no uso da energia.

#### 2.2.4 ORGANIZAÇÃO

Nessa dimensão, evidencia-se a necessidade da criação de uma posição de gestor de energia, assim como a formação de uma comissão interna para a gestão de energia, com o objetivo de atingir as metas previamente estabelecidas na etapa de estratégia e planejamento. Resultados de entrevistas realizadas por Martin *et al.* (2012) com gerentes de 190 indústrias aleatórias na Inglaterra mostram uma conexão empírica entre práticas sustentáveis de gestão de energia e estrutura organizacional. Percebeu-se que empresas com um gestor de energia têm maiores tendências a adotar práticas de gestão de energia, essa tendência aumenta quando o gerente tem uma relação próxima com o diretor executivo da empresa.

#### 2.2.5 CULTURA

Na quinta e última dimensão, cita-se que fatores como educação/treinamento dos funcionários, motivação do quadro de colaboradores e comunicação interna são elementos chave do gerenciamento de energia.

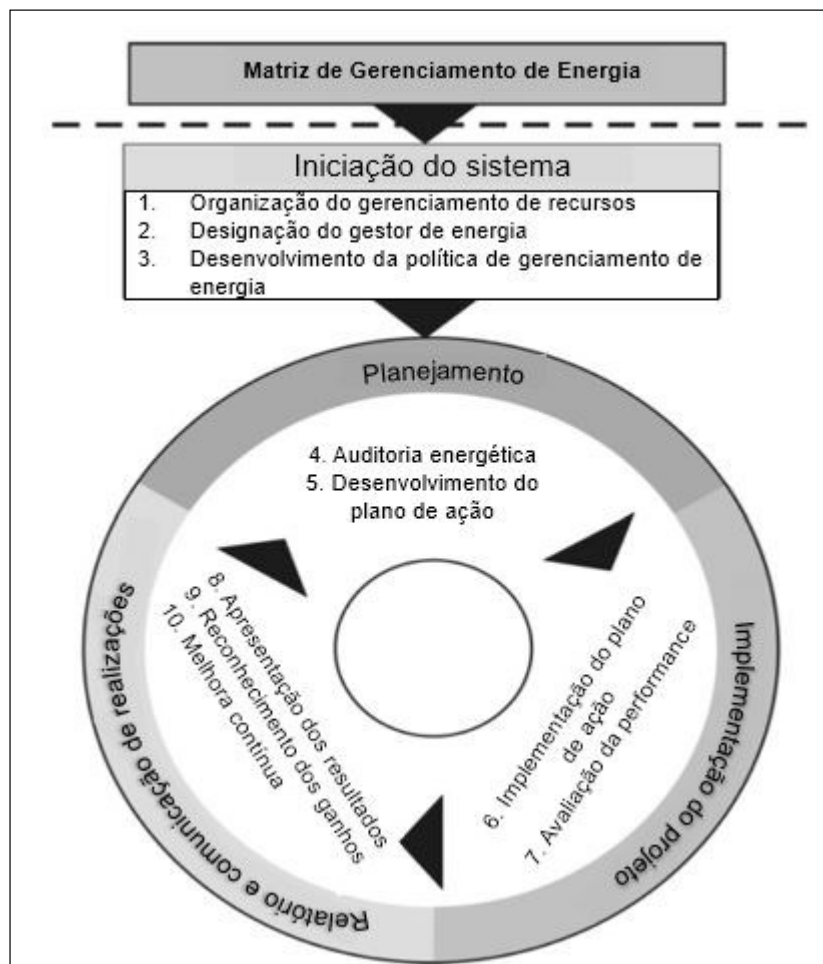
#### 2.2.6 ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de ilustrar a funcionalidade de um sistema de gerenciamento de energia e mostrar o impacto de cada uma das cinco dimensões do gerenciamento de energia na prática, o texto abordará, na sequência, um estudo de caso muito interessante que foi realizado e publicado por Gordić *et al.* (2010), em busca de criar e aplicar um sistema de gerenciamento de energia em uma indústria automotiva na Sérvia, no ano de 2010.

Dentre tantos estudos de caso que já foram realizados, percebeu-se por meio da prática que uma mudança se fazia necessária: o modo de pensar sobre um projeto de eficiência energética. Um projeto desse perfil teria que deixar de ser uma prática tática tradicional (do tipo “fazer uma vez e esquecer”) para se tornar uma estratégia de gerenciamento de energia constante (GORDIĆ *et al.* 2010). Os autores

também citam que os principais elementos para a criação e implementação de um sistema de gestão de energia são estes expostos na Figura 1.

Figura 1 – Principais elementos de um sistema de gestão de energia



Fonte: Adaptado de Gordić et al. (2010)

#### 2.2.6.1 Matriz de gestão de energia

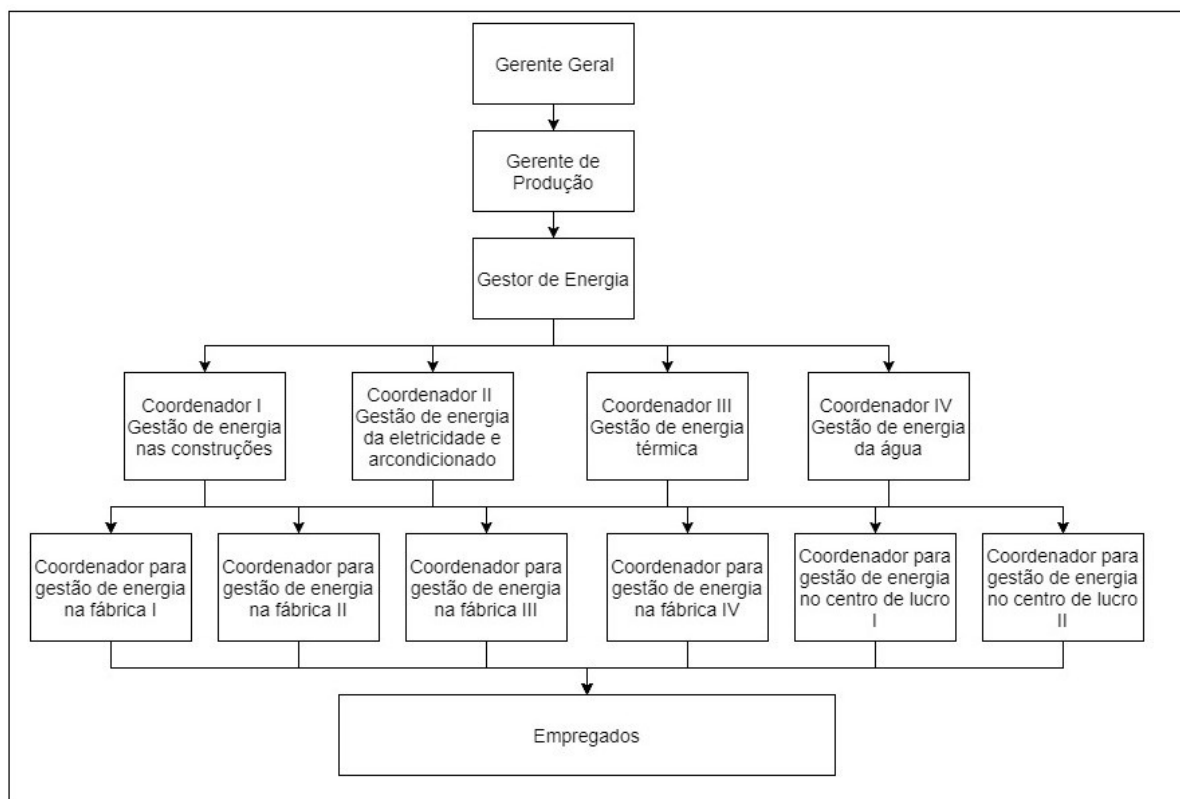
Antes de iniciar os procedimentos de gestão de energia na empresa, Gordić *et al.* (2010) demonstram a importância de preencher uma planilha conhecida por matriz de gerenciamento de energia, que tem função de trazer maiores informações sobre a empresa e seus funcionários, no que diz respeito a quanto a energia realmente importa para a companhia. Essa análise inicial auxilia na identificação de aspectos que podem requisitar maiores esforços no decorrer do processo de implantação do sistema de gestão de energia.

A matriz de gerenciamento de energia define o nível de organização da empresa quanto ao gerenciamento de energia e conta com parâmetros de organização, motivação do quadro de funcionários, sistema de rastreamento e monitoramento dos objetivos traçados para economia de energia, consciência e treinamento do quadro de funcionários e investimentos em novas tecnologias.

#### 2.2.6.2 Iniciação da implementação do sistema de gestão de energia

Segundo Press *et al.* (2001), o fator mais importante para a implantação de um sistema eficiente de gestão de energia é o comprometimento da alta administração. Sem essa condição, provavelmente todo o esforço será em vão e o sistema de gestão falhará. Com esse fator em funcionamento, se faz necessária a criação de uma comissão interna presidida por um gestor de energia, com objetivo e autoridade para realizar as tarefas propostas. Além disso, é importante que documentos sejam emitidos para os membros da comissão, contendo as suas funções e responsabilidades perante o sistema de gestão de energia. Essas funções podem influenciar na performance energética da companhia, devendo então ser oficializadas. A estrutura de organização proposta para o sistema de gestão de energia foi essa demonstrada na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura de organização de um sistema de energia



Fonte: Adaptado de Gordić et al., (2010)

### 2.2.6.3 Auditoria energética

A auditoria energética é um procedimento que analisa o modo como a energia está sendo gasta na fábrica e identifica alternativas para diminuir o desperdício. Os objetivos da auditoria energética são:

- Identificar os tipos e custos do uso de energia;
- Diagnosticar como a energia está sendo usada;
- Analisar alternativas que possam realmente diminuir o desperdício;
- Desenvolver uma análise de viabilidade econômica para as alternativas possíveis;
- Estabelecer um plano para implementar essas alternativas.

Esse plano de análise acontece na planta da empresa, por meio de um acompanhamento em diversas visitas, percorrendo os principais processos e verificando se existe a possibilidade de uso de melhores práticas, procedimentos

mais otimizados e a hipótese de substituir equipamentos por outros mais eficientes. É nessa etapa também que serão colhidos todos os dados importantes sobre gastos de energia para a realização de um *benchmarking* histórico, que compara a performance da empresa após a implementação do sistema de gestão de energia, com os dados que foram obtidos anteriormente à implantação (PETERSON; BELT, 2009). No estudo em questão, foram realizadas medidas usando equipamentos portáteis de medição como: medidor de fluxo portátil, medidor de espessura ultrassônico, câmera infravermelho, termômetro infravermelho, anemômetro e tacômetro de foto laser. Após essas medições, constatou-se que aproximadamente 43% da energia utilizada era gasta em fluidos quentes (vapor e água quente).

#### 2.2.6.4 Identificação de medidas de economia de energia e desenvolvimento de plano de ação

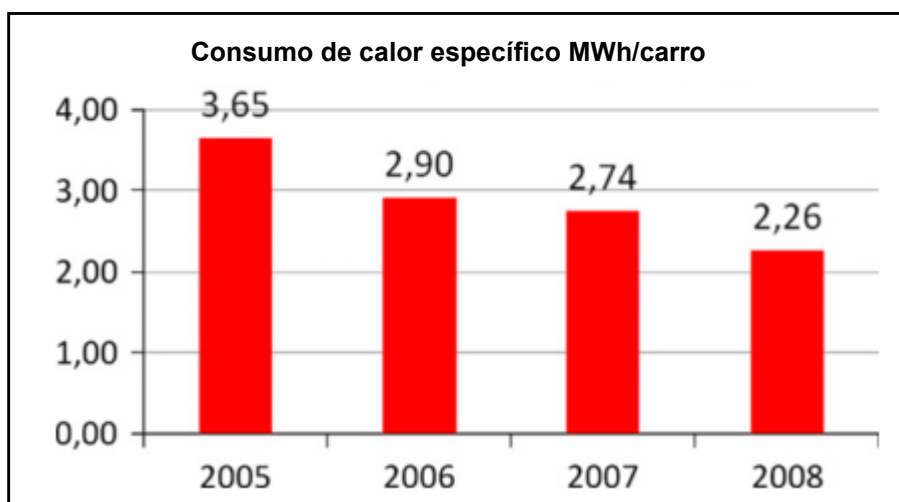
Como foi constatado que a maior porcentagem de energia utilizada e gasta era em energia térmica, o foco da explicação dessa parte da pesquisa abordará esse contexto.

A inspeção feita com a utilização das câmeras e termômetros com sensor de temperatura revelaram que os aproximadamente 750m de dutos de transporte de água quente e vapor tinham fracas condições de isolamento e, portanto, perdiam uma quantidade de cerca de 251.700 kWh de energia anualmente. Foi calculado que com isolamento adequado essas perdas poderiam ser reduzidas a 13.700 kWh. O combate principal deve ser sempre contra o maior consumo de energia.

#### 2.2.6.5 Implementação, monitoramento e avaliação das medidas de economia de energia

A implantação das medidas de economia é normalmente tarefa do gestor de energia. Isso foi estabelecido por meio dos documentos emitidos, delegando responsabilidades para executar as tarefas previamente descritas. O monitoramento dos resultados também fica a encargo do gestor. Na principal área de desperdício de energia térmica, os resultados das medidas de gestão na empresa podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3 – Comparação do consumo de calor específico na companhia entre 2005 e 2008



Fonte: Adaptado de Gordić et al., (2010)

Acumulando todas as ações de conservação de energia (troca de válvulas de fluxo dimensionadas de forma correta; troca dos geradores de energia por outros mais modernos; instalação de compressores próprios ao invés de comprar ar comprimido; organizar de forma correta o uso de água no sistema para os momentos em que o uso é mais elevado e outros em que se utiliza menos) além da térmica, se obteve uma redução no consumo total de energia de cerca de 25%, mostrando que um sistema organizado de gestão de energia proporciona vantagens econômicas.

Esse exemplo deixa claro que um sistema de gestão de energia forte e efetivo traz resultados, e que diversas das ações realizadas nesse estudo poderiam ser convertidas em ações parecidas para instituições de diferentes ramos.

### 2.3 Eficiência energética no Brasil

Os principais eventos que iniciaram os debates com relação à conservação energética são datados da década de 1970 e são uma resposta à crise do petróleo (PLANO NACIONAL DE ENERGIA, 2007), sendo possível observá-los no Quadro 1:



Quadro 1 - Eventos que iniciaram os debates em relação a conservação energética

<b>Ano</b>	<b>Evento</b>
1973	1ª Crise do petróleo
1975	1º Seminário mundial sobre o tema “conservação de energia”
1979	2ª Crise do petróleo
1982	Programa de mobilização energética

Fonte: Autoria própria (2017)

No Brasil, as iniciativas em eficiência energética tiveram início em meados de 1980 com a segunda crise do petróleo e, por consequência, um declínio no suprimento de energia (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011). Por conta do aumento do preço do petróleo, o governo brasileiro tomou a iniciativa de transferir para álcool o uso de combustíveis das indústrias, com a criação do PROÁLCOOL (Programa Nacional do Álcool). Nesse cenário, o governo implantou um sistema de cotas de abastecimento e, simultaneamente, promoveu um aumento no preço de óleos combustíveis de 10%, enquanto fez um corte de 5% para o álcool. Em acréscimo, investiu na expansão da base hídrica para a geração de eletricidade. Essas medidas não foram bem recebidas pelos empresários, foi quando o governo lançou o programa CONSERVE, que na época constituía na principal experiência de fomento a eficiência (SERR, 1994). Esse programa, criado em 1981, tinha como objetivos aumentar a conservação de energia na indústria, desenvolver novos processos energeticamente eficientes e ainda promovia a substituição de combustíveis importados por fontes alternativas internas (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011).

Ao longo da década de 1980, novos problemas aumentaram a pressão sobre o governo. Entre eles, pode-se citar a crescente utilização de energia elétrica na indústria para fins térmicos, a expansão das preocupações com o meio ambiente e indagações relacionadas ao desperdício de energia. Nesse período, destacaram-se os seguintes eventos, que podem ser vistos no Quadro 2:

Quadro 2 - Eventos de destaque a partir da década de 1980

<b>Ano</b>	<b>Evento</b>
1984	Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)
1985	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)
1991	Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados (CONPET)
2001	Lei nº 10295 Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia

Fonte: Autoria própria (2017)

A partir de 1998, sob fiscalização da ANEEL e ratificado pela Lei nº 9.991/2000 e alterações subsequentes, surgiu uma das mais importantes medidas a favor do aumento da eficiência energética no Brasil: a obrigatoriedade de investimentos em programas de conservação de energia por parte das concessionárias.

#### **2.4 Regulamentação de projetos P&D de eficiência energética ANEEL**

Um cenário promissor em eficiência energética no Brasil está diretamente relacionado a estipular políticas públicas que destaquem prioridades, metas e planos de ação bem traçados (SOUZA; GUERRA; KRUGER, 2011), como é possível verificar na normativa abaixo:

“De acordo com a regulamentação vigente, a ANEEL pode definir, por meio de publicação de Chamada no Diário Oficial da União, os critérios para desenvolvimento de Projetos Prioritários de Eficiência Energética e Projetos Estratégicos P&D. Conforme consta no Módulo 5, Seção 5.1 do PROPEE (Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, aprovado pela Resolução Normativa nº. 556/2013), Projeto Prioritário é aquele considerado “...de grande relevância e/ou abrangência, cuja finalidade é testar, incentivar ou definir ações de destaque como política pública para incrementar a Eficiência Energética no país”. Com relação aos Projetos Estratégicos de P&D, consta da regulamentação que Projetos Estratégicos são aqueles cujos temas são considerados de grande relevância para o setor elétrico brasileiro, compreendendo estudos e desenvolvimentos que integrem a geração de novo conhecimento tecnológico e exija um esforço conjunto e coordenado de várias empresas e entidades executoras” (ANEEL, 2016).

A normativa citada entra em ação conjuntamente com os aprimoramentos na Resolução Normativa nº 482/2012, aprovada pela ANEEL no dia 24 de novembro de 2015. Esse aperfeiçoamento criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, que define que pequenos geradores (painéis fotovoltaicos e microturbinas eólicas) possam ser instalados nas dependências do consumidor, com o intuito de diminuir o valor da fatura de energia elétrica. Ademais, quando o valor de geração

de energia superar o valor da fatura, o consumidor ficará com créditos que poderão ser utilizados em outro momento oportuno (ANEEL, 2016).

## **2.5 Chamada Pública Prioritária de 2016**

Como demonstrado na seção 2.4, o projeto prioritário da ANEEL foca na evolução do conhecimento na área de eficiência energética, a partir das Instituições Públicas de Ensino Superior, pois essas apresentam um papel relevante no desenvolvimento científico e tecnológico no país, seja pela quantidade razoável da produção científica brasileira bem como pela qualidade na formação de profissionais com abrangência em diversas áreas de conhecimento. De acordo com a Secretaria de Ensino Superior (SESu) do Ministério da Educação, o valor total dos gastos apenas em 2015 pelas Universidades Federais foi cerca de R\$ 430.000.000,00 (quatrocentos e trinta milhões de reais). O consumo de energia elétrica dessas instituições compõe cerca de 9% desses gastos (ANEEL, 2016).

Dessa forma, entendeu-se que uma boa oportunidade de propagar o conhecimento em eficiência energética é por meio de uma chamada pública de Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento, que busca selecionar projetos pilotos em Instituições Públicas de Educação Superior, a fim de servir como referência para futuros projetos em diversos outros setores importantes para a economia brasileira.

Os projetos futuramente realizados na esfera dessa Chamada Pública possibilitarão a troca de equipamentos ineficientes por outros com maior coeficiente de eficiência energética, possivelmente com selo PROCEL de qualidade. Essa medida também incentivará a mudança de hábito de consumo de professores, alunos e servidores das instituições beneficiadas. A instalação de minigeração de energia elétrica (painéis fotovoltaicos ou geradores eólicos) nas Instituições de Ensino Superior garantirá a redução nas contas de energia elétrica, talvez até as tornando autossuficientes (ANEEL, 2016).

Espera-se que a execução de projetos dessa natureza favoreça a criação de novas políticas públicas de combate ao desperdício de energia elétrica em unidades da administração pública, além de criar uma nova cultura de conservação de energia elétrica para as futuras gerações (ANEEL, 2016).

## 2.6 Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE

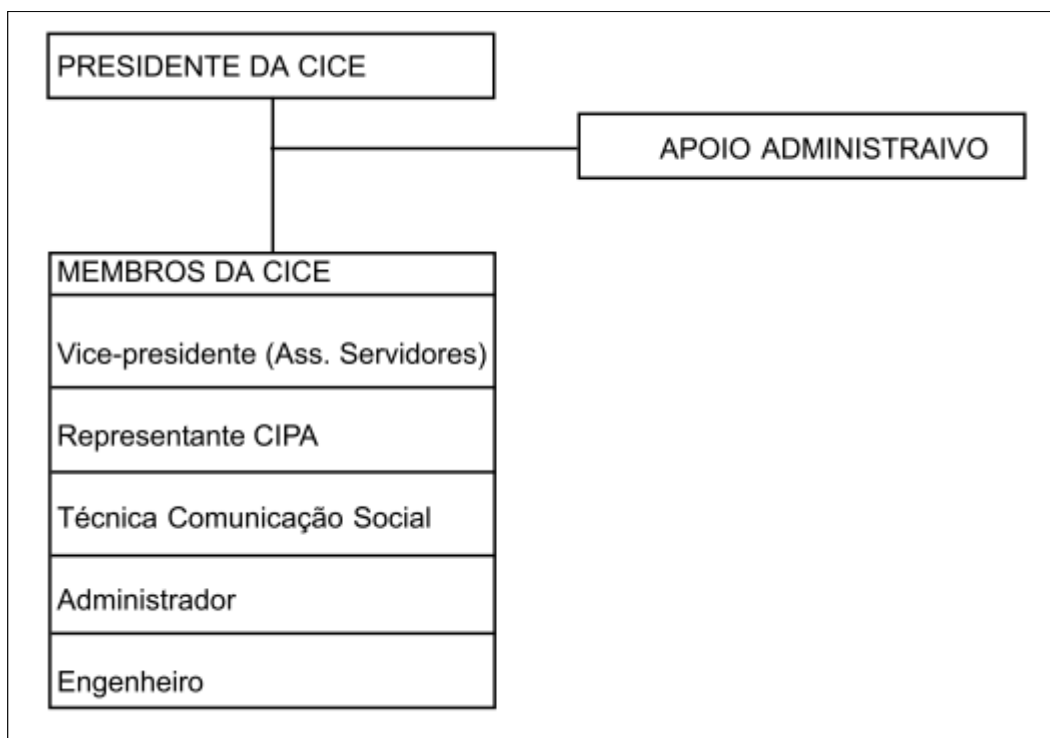
A fim de garantir que todos os esforços para evitar o desperdício de energia tenham sucesso, é imprescindível estabelecer um comitê interno para gestão da energia. A importância desse programa se dá pelo fato de que qualquer ação isolada, por mais que apresente bons resultados, tende a perder o seu efeito ao longo do tempo, (TURNER; DOTY, 2007).

Para tanto, a elaboração da CICE deve ser consequência da dedicação dos diversos setores envolvidos, com devida participação de todos os empregados. O programa interno de conservação mira otimizar o uso dos recursos de energia por meio de orientações, direcionamento e ações de controle sobre os aspectos econômicos, materiais e humanos do ponto de vista consumo/produto. Dessa maneira, é possível obter os mesmos ou melhores resultados com a mesma quantidade de energia utilizada.

### 2.6.1 CARACTERÍSTICAS DA COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - CICE

De acordo com o Manual da Eficiência Energética na Indústria COPEL (2005), o funcionamento da CICE deve adotar a seguinte estrutura: a presidência da comissão deve ser exercida preferencialmente por um engenheiro com conhecimentos sobre conservação de energia que deve ser próximo da alta administração da instituição para que as ações propostas pela comissão consigam engajamento de todo o estafe (MARTIN *et al.*, 2012). O que é possível verificar na imagem abaixo.

Figura 4 – Estrutura de operação da CICE



Fonte: COPEL

## 2.6.2 ATRIBUIÇÕES DA CICE

### 2.6.2.1 Participar de licitações que envolvam consumo de energia

É de fundamental importância que os membros da CICE estejam envolvidos na elaboração de projetos com especificações técnicas, construção e aquisição de bens que abrangem o consumo de energia. Ademais, é essencial que esses membros orientem e subsidiem as comissões de licitação para que o consumo de energia seja levado em conta ao realizar novas aquisições de produtos, sempre utilizando uma análise de custo benefício para avaliar o equipamento com melhor viabilidade.

### 2.6.2.2 Diagnóstico energético

O desempenho energético dos equipamentos atualmente instalados nas instituições deve ser auditado para verificação das condições de operação. Os consumos previstos dos equipamentos podem ser obtidos por meio de informações

de fabricantes ou por comparação de equipamentos similares com as mesmas potências e características de operação.

#### 2.6.2.3 Análise do custo da energia

Com o conhecimento dos horários de funcionamento dos equipamentos por setor, é possível avaliar o custo aproximado do uso da energia para um equipamento ou mesmo para uma construção. Sempre analisando se o equipamento funciona em horário de ponta ou fora-ponta. Com isso, calcula-se:

$$\text{Consumo [kWh]} = \text{Potência [kW]} \times \text{Horas de uso diário} \times \text{Dias de uso no mês} \quad (1)$$

$$\text{Custo Mensal [R\$]} = \text{Consumo total [kWh]} \times \text{Preço médio do kWh} \quad (2)$$

Uma vez calculados, os gastos de cada equipamento podem ser transformados em porcentagem para descobrir a participação de cada equipamento dentro do consumo total de energia. Assim, sabe-se que os dispositivos que tem maior participação no consumo global ou local serão os passíveis das primeiras ações de eficiência.

#### 2.6.2.4 Proposição de medidas de conservação de energia

Quanto à análise do diagnóstico energético, a CICE deve propor medidas corretivas a serem implantadas, buscando reduzir o consumo. Essas medidas devem ser executadas de acordo com um cronograma de ações programadas previamente pela comissão.

#### 2.6.2.5 Conscientização e motivação dos empregados

Um programa de gestão energética só terá sucesso caso todo o quadro de colaboradores de uma empresa ou instituição esteja motivado, com treinamento adequado e com consciência pessoal de que cada um deve fazer a sua parte. Sendo assim, a motivação pode ser conseguida com folhetos, cartazes, slogans, adesivo, conferências, concurso, visitas, etc. Reuniões frequentes com

demonstração de evolução nos resultados servem de estímulo, fazendo com que o programa seja uma causa de todos (COPEL, 2005).

### 2.6.3 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

A alta administração deverá situar os objetivos claramente e realizar acompanhamentos periódicos rigorosamente para obter os resultados das metas previamente estabelecidas. O envolvimento da alta administração é de fundamental importância para o sucesso do programa de eficiência energética, uma vez que influencia diretamente nas atitudes dos colaboradores e, conforme Blass *et al.* (2014), aumenta significativamente a adoção de iniciativas de eficiência energética. O acompanhamento deve confrontar os resultados obtidos com as metas previstas, analisando os desvios e propondo medidas de correção. Para obter êxito, um programa de conservação de energia terá que contemplar os aspectos descritos abaixo, segundo o Manual da eficiência energética na indústria COPEL (2005), devendo ser:

- **Escrito:** É normal que várias instruções do dia a dia sejam transmitidas de forma oral, porém para uma ação contínua e de qualidade, é recomendável que as orientações sejam passadas por escrito.
- **Concreto:** o programa não pode se basear somente em intenções, mas sim em ações concretas e específicas.
- **Justificado:** em especial as ações que exijam mudanças de hábitos devem ser justificadas, buscando melhor aceitação.
- **Quantificado economicamente:** um diagnóstico energético resultará em números que indiquem a quantidade de energia enredada, bem como seus valores e custos. Desse modo, as metas previstas para cada ação devem ser quantificadas.
- **Com responsabilidades definidas:** As ações definidas devem ter responsáveis diretos, uma vez que o programa exige atuação direta do pessoal envolvido no setor que as implica. Devem ser definidos responsáveis locais, cabendo à administração uma supervisão global.

- **Comprometido com os objetivos:** A redução efetiva de energia exige proatividade, criatividade e compromisso, logo, um programa tímido trará resultados pobres.
- **Revisado periodicamente:** em função de inovações tecnológicas e de problemas e circunstâncias, o programa deve ter dinamicidade, devendo ser revisado regularmente.
- **Participativo em todos os níveis:** todos dentro da organização devem participar ativamente, desde a elaboração até a execução.
- **Divulgado:** Os resultados obtidos devem ser amplamente e periodicamente divulgados para que toda a organização possa ver as economias resultantes de suas ações e para incentivar os responsáveis diante do quadro positivo.

#### 2.6.4 MATURIDADE DE GESTÃO

Com o intuito de definir em que ponto está o sistema de gerenciamento de energia em uma instituição, é plausível utilizar o estudo de Ngai *et al.* (2013), em que foi desenvolvido o modelo EMMM50001 de gestão energética, baseado na ISO50001, que enfatiza os cinco níveis de maturidade de gestão:

- Nível de maturidade 1: os processos de gerenciamento de energia são caóticos, não há procedimentos e políticas implementadas, o desempenho energético depende apenas da autodisciplina dos indivíduos;
- Nível de maturidade 2: há requisitos para gerenciamento de energia (usuários, monitoramento e medição), os resultados alcançados só são visíveis para alguns pontos, a organização definiu os requisitos de energia em alguns processos e estabeleceu planos. Ações corretivas são aplicadas quando os processos diferem significativamente dos planos;
- Nível de maturidade 3: as práticas de gerenciamento de energia são padronizadas e aplicadas, os processos são documentados, o treinamento do pessoal é um requisito importante;
- Nível de maturidade 4: a organização implementou os processos padronizados de gerenciamento de energia, os dados de uso de energia são coletados, analisados e comparados, as causas da variação do processo são identificadas, e é realizado o *benchmarking* de energia;



- Nível de maturidade 5: os objetivos da melhoria do desempenho energético são estabelecidos, os processos são alterados, a melhoria é alcançada por meio da tecnologia e dos métodos de trabalho, melhora contínua dos processos de gerenciamento de energia, pratica a economia de energia e proteção ambiental e opera de acordo com o princípio de desenvolvimento sustentável.

Ngai *et al.* (2013) mostra que a forma mais eficiente para aumentar o nível de maturidade de alguma instituição é por meio de documentos e com o uso da ferramenta PDCA – Planejar, Fazer, Verificar, Agir (do inglês Plan, Do, Check, Act), que garante a melhoria contínua do uso da energia, diminuindo assim o desperdício.

#### 2.6.5 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Indicadores de eficiência energética (EEI – Energy Efficiency Index) são ferramentas usadas para rastrear o desempenho do consumo de energia. A medição dos EEIs depende do uso da energia em aplicações particulares. Geralmente, os EEIs podem ser definidos em termos da energia usada por um componente e a energia total utilizada em uma instituição. Porém, de acordo com a necessidade, esses indicadores podem ser modificados por alguns fatores, como:

- i. Número de itens produzidos por uma empresa;
- ii. Quantidade de material utilizada na produção;
- iii. Período de produção;
- iv. Área construída da instituição;
- v. Número de pacientes ocupando as camas de um hospital em uma noite;
- vi. Número de quartos ocupados em um hotel;
- vii. Número de estudantes em uma universidade/escola;
- viii. Número de funcionários em uma instituição.

Dessa forma, temos a seguinte equação para indicadores de EEIs:

$$EEI = \frac{\text{Energia Usada}}{\text{Fator Relacionado ao Uso da Energia}} \quad (3)$$

Para um edifício construído, por exemplo, a definição dos EEIs é ligada ao tamanho da construção e é geralmente considerada como a energia usada pela área construída em metros quadrados [kWh/m<sup>2</sup>]:

$$EEI = \frac{\text{Energia Consumida [kWh]}}{\text{Área Construída [m}^2\text{]}} \quad (4)$$

## 2.7 Plano de Medição e Verificação

O planejamento das ações de M&V (medição e verificação) é essencial em um sistema de gerenciamento de energia efetivo, afinal, não é possível comprovar as economias e a eficácia de uma ação de eficiência energética não sendo por meio de números. Diante disso, a ANEEL desenvolveu um guia de M&V (ANEEL, 2013) buscando encorajar empresas e instituições a gerenciar sua própria energia. Com esse guia, pretende-se detalhar, facilitar e padronizar a aplicação das ações de eficiência energética mais comuns de um projeto de eficiência energética.

### 2.7.1 AÇÕES PADRÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Visando a padronização das medições e verificações nas ações de eficiência energética, a ANEEL definiu que o Guia de M&V (ANEEL, 2013) funciona como um modelo para que as ações de eficiência se tornem ações padrão de projetos de eficiência energética. Segundo o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP (EVO, 2012), entende-se que as ações padrão são aquelas que envolvem equipamentos de pequeno porte, de custo relativamente baixo comparado a economia que esse equipamento produzirá.

Posto isso, o Guia de M&V (ANEEL, 2013) descreve as ações padrão da seguinte forma:

#### 2.7.1.1 Ação de eficiência energética

Descreve a ação de eficiência energética prevista, inserindo o conjunto de equipamentos afetados e caracterizando potência e funcionamento, que servirão para definir as amostras, medições e cálculos da economia (ANEEL, 2013).

#### 2.7.1.2 Resultado pretendido

Define como se pretende reduzir o consumo de energia elétrica e com qual tipo de ação, seja pela troca de equipamentos por unidades mais eficientes ou pela instalação de equipamentos que auxiliam a proteção do consumo energético. Essa redução deverá ser acompanhada por um programa de gestão de energia a ser implantado (ANEEL, 2013).

#### 2.7.1.3 Verificação operacional

Consiste na verificação de que as ações de eficiência energética foram executadas e operam de forma adequada, possuindo o potencial de produzir economias. Essas verificações contam com inspeções, testes de desempenho e/ou análise de tendências de dados, e devem ser executadas antes da apuração das economias (ANEEL, 2013).

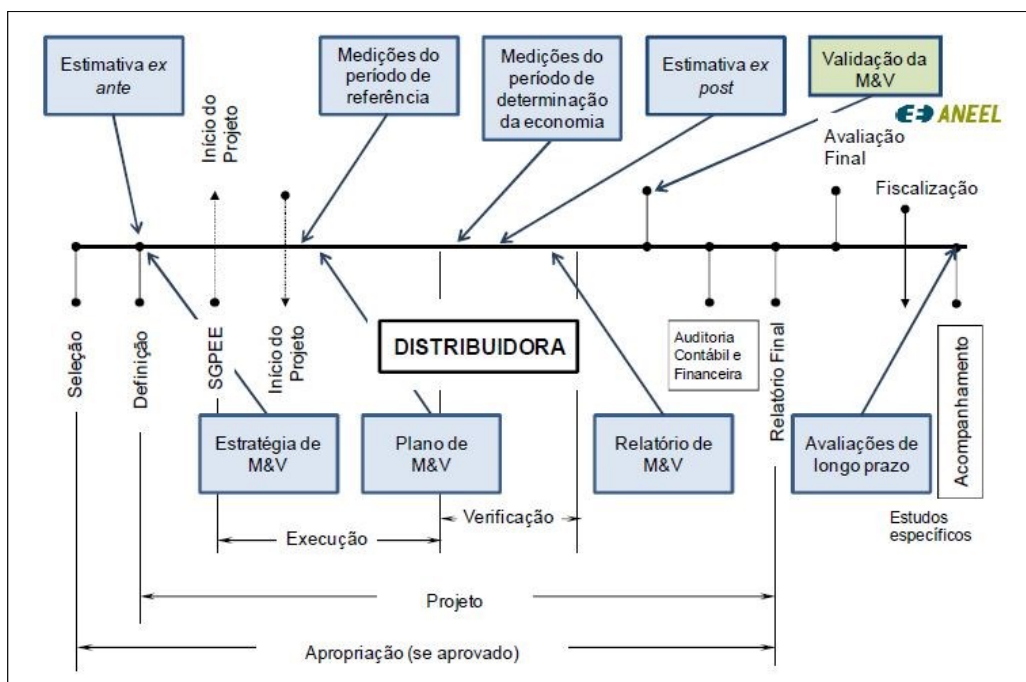
#### 2.7.1.4 Alterações planejadas

Define alterações que possam ocorrer considerando o período de linha de base definido (ANEEL, 2013).

### 2.7.2 CRONOGRAMA DE AÇÕES DE M&V

A ANEEL projeta que as ações padrão de M&V estão previstas para acontecer no projeto de eficiência seguindo a figura 5.

Figura 5 - Cronograma de ações M&amp;V e dos projetos de eficiência energética



Fonte: ANEEL

Na sequência, tem-se uma breve explicação de cada fase do cronograma. Para mais detalhes e materiais de apoio para a realização das tarefas da maneira mais correta possível, acesse o Guia de M&V da ANEEL (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.1 Estimativa *ex ante*

A estimativa *ex ante* é o estudo de engenharia feito na fase de diagnóstico energético, que utiliza dados estimados da energia antes e depois da ação de eficiência energética, assim como da economia a ser obtida (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.2 Estratégia de M&V

É a definição do que se vai medir durante o diagnóstico energético e de que forma, incluindo variáveis independentes, fronteira de medição, opção do PIMVP, modelo do consumo da linha de base e cálculo de economias. Essa estratégia serve para calcular os custos de M&V que devem ser incorporados ao projeto (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.3 Medições do período da linha de base

Após a definição da ação de eficiência energética, as primeiras tarefas são as medições da linha de base, que devem ser realizadas antes da troca de equipamentos. Com um modelo eficiente de linha de base, é possível elaborar o plano de M&V, descrevendo como será feito o cálculo da economia de energia (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.4 Plano de M&V

Deve conter as medições da linha de base, o modelo energético e todos os passos necessários para o cálculo da economia. Após a implantação das ações de eficiência energética, deve-se verificar se tudo está funcionando de maneira correta, o que é chamado de verificação operacional. Com o equipamento em funcionamento, passa-se para a próxima fase (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.5 Medições do período de determinação da economia

São medidas feitas no período determinado para avaliação da economia. São realizadas após a verificação do bom funcionamento da ação de eficiência energética. Assim, ao final das medições, pode-se calcular quanto de energia se economizou (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.6 Estimativa *ex post*

É a estimativa de energia e custos economizados com base nas medições feitas e calculadas de acordo com o plano de medição e verificação. A estimativa *ex post* é realizada com dados medidos, diferente da estimativa *ex ante* que é realizada com dados estimados (ANEEL, 2013).

### 2.7.2.7 Relatório de M&V

Os cálculos da economia e da rentabilidade da ação de eficiência energética compõem o relatório de medição e verificação, que deve ser entregue à ANEEL juntamente com o plano de M&V (ANEEL, 2013).

## **2.8 Análise de viabilidade econômica de projeto de investimento – AVEPI**

Conforme exposto na seção 2.7.1.2, se houver uma ação padrão que inclua a instalação de equipamentos, deve-se calcular a viabilidade desse projeto. A análise de viabilidade econômica de projetos de investimento é um estudo que visa medir ou analisar se um determinado investimento é viável ou não. Em outras palavras, a análise de viabilidade econômica irá comparar os retornos (fluxos de caixa gerados) que poderão ser obtidos com os investimentos demandados, para decidir se é viável ou não investir.

O estudo de avaliação de investimentos se refere basicamente às decisões de aplicações de capital em projetos que prometem retornos por vários períodos consecutivos (ASSAF NETO, 1992).

A análise de viabilidade econômica se faz importante devido ao fato dela medir se um investimento trará retorno ou não para o investidor. Com isso, o investidor consegue eliminar projetos, nos quais não compensa investir, e, então, direcionar seu esforço e dinheiro para projetos mais promissores, especialmente quando é necessário decidir entre dois ou mais projetos e se possui recursos financeiros para investir em somente um.

### **2.8.1 ANÁLISE DE RISCOS**

O risco é um fator preponderante para a determinação da probabilidade de sucesso em um projeto ou investimento. Normalmente, o risco é definido como uma possibilidade de perda em que é conhecida a distribuição de probabilidade de uma variável que até então tem seu valor atual desconhecido (BALARINE, 2004). Nos modelos originais e clássicos, as pesquisas, frequentemente, ignoravam a análise de riscos, supondo que um simples índice de correção seria suficiente, assumindo que o risco de preço era neutro e as probabilidades eram naturais (ROSS, 2002).

### **2.8.2 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA**

Existem diversos métodos para análise de riscos em projetos de investimentos, como o método determinístico da análise de sensibilidade, por

exemplo. Bruni *et al.* (1998) citam que as abordagens de avaliação de projetos costumam considerar que os valores projetados realmente ocorram. Dessa forma, os autores assumem que o tratamento do risco do projeto, quando existente, considera a utilização de análise de sensibilidade para auxiliar em um possível crescimento dos fluxos de caixas futuros. O método é considerado mais um enfoque que uma técnica, consistindo na medição do efeito produzido na rentabilidade de um determinado investimento ao se variar um dos dados de entrada (SOUZA, 2004).

Oldcorn & Parker (1998) explicam que a análise de sensibilidade tem como objetivo identificar os efeitos que diferentes cenários podem ter sobre os vários elementos geradores do fluxo de caixa, demonstrando o impacto sobre os retornos do investimento causados pela variação dos fatores. Souza (2004) complementa explicando que cada parâmetro deve ser variado de uma vez, estabelecendo o valor mais provável, o limite inferior e o superior da variação, tendo como saída o Valor Presente Líquido (VPL) ou a TIR do projeto em questão.





### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Verificação de histórico de dados da UTFPR-PB**

Como a CICE é responsável pelas ações de controle e implementação das ações de eficiência energética, dados históricos precisarão ser levantados para que possam ser calculados os indicadores de eficiência energética. Esses dados serão: metragem quadrada construída do campus Pato Branco, quantidade de alunos, quantidade de servidores (todos semestrais) e gastos com energia em kWh (mensais).

Com esses dados, foi possível encontrar os indicadores de eficiência energética, que auxiliarão na verificação da eficácia das ações que, futuramente, serão tomadas com o intuito de diminuir os gastos de energia na Universidade.

Para se obter uma base de dados branda, decidiu-se pesquisar faturas de energia elétrica dos anos de 2008 a 2017. Assim, todas as faturas desse período foram digitalizadas e planilhadas. A principal informação para este trabalho que consta nessas faturas é o consumo de energia em kWh por mês.

Em seguida, foi necessário entrar em contato com a alta administração da UTFPR-PB para conseguir os históricos de alunos e área construída em m<sup>2</sup> no período de 2008 a 2017. Esses dados foram requisitados à DIRGRAD – Diretoria de Graduação e ao DEPRO – Departamento de Projetos, respectivamente, através de memorandos, para que os departamentos pudessem arquivar a requisição.

#### **3.2 Levantamento bibliográfico de indicadores de eficiência energética em universidades no Brasil e no mundo**

Visto que é de extrema importância analisar a que nível se encontra a gestão de energia (PETERSON; BELT, 2009) na UTFPR-PB, serão realizadas pesquisas na internet em artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso ou divulgação nos próprios sites da Universidade em questão, em busca de indicadores de eficiência energética [(kWh/m<sup>2</sup>-ano) e/ou (kWh/aluno-ano)] de outras universidades brasileiras e do exterior.

### **3.3 Comparativo dos indicadores de eficiência energética entre as universidades**

Após as pesquisas, foi traçado um comparativo dos indicadores entre a UTFPR Campus Pato Branco e os valores de indicadores de outras universidades, obtidos por meio das pesquisas. Dessa forma, será possível verificar se a UTFPR-PB está muito atrás no páreo ou muito aquém das referências encontradas.

### **3.4 Levantamento do consumo de energia do Bloco Q da UTFPR-PB**

Com o intuito de diminuir os indicadores globais de eficiência de todo o campus, deve-se olhar com maior cuidado para os indicadores de eficiência locais do campus, ou seja, bloco a bloco que foi construído. Portanto, esse trabalho de conclusão de curso teve como foco o Bloco da Engenharia Mecânica no campus, o Bloco Q. Com esse levantamento, será possível perceber, em números, o que pode ser diminuído em questão de consumo de energia.

#### **3.4.1 AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BLOCO Q**

O grande objetivo ao levantar os indicadores desse bloco é que com a análise de algumas amostras fornecidas por indivíduos que frequentam o Bloco Q, percebeu-se que os alunos utilizam os condicionadores de ar, constantemente, fora dos horários de aula. Para efeitos de economia de energia, isso não deveria acontecer, uma vez que os condicionadores de ar são para proporcionar conforto aos alunos e professores somente no decorrer das aulas.

Como o curso de Engenharia Mecânica é em tempo integral, a grande maioria dos alunos permanece no campus durante o dia inteiro e, nos curtos horários de folga, em dias de muito calor, aproveita para utilizar os condicionadores de ar. Por esse motivo, acredita-se que os EEIs do Bloco Q e, conseqüentemente, os gastos com energia podem diminuir caso esse problema tenha uma solução.

Para que o levantamento do consumo no bloco seja de maior confiabilidade, indica-se seguir o protocolo completo de M&V da ANEEL, porém, devido ao curto tempo para a realização desse trabalho e considerando também que a maturidade do conhecimento sobre gerenciamento de energia acontece em um

momento avançado do trabalho de conclusão de curso, a ação de eficiência energética proposta neste trabalho teve foco em três tópicos do plano de M&V citado no capítulo 2.7, são eles: a descrição da ação de eficiência energética, o modo pelo qual pretende-se reduzir o consumo de energia no Bloco Q em conjunto com uma análise de viabilidade, e a estimativa *ex ante*.

#### 3.4.1.1 Descrição da ação de eficiência energética

A ação de eficiência proposta será a instalação de um sistema de controle para os oito condicionadores de ar no Bloco Q (um para cada uma das oito salas de aula). Esses aparelhos de ar condicionado são equipados com 36.000 Btu/h de potência e são ligados a um quadro geral dentro do Bloco. Esses aparelhos funcionam via controle remoto ou ativação manual.

#### 3.4.1.2 Resultados Pretendidos

A instalação do sistema de controle para os condicionadores de ar irá bloquear a alimentação de energia para esses aparelhos nos horários desejados. Esse sistema de controle poderá ser programado de acordo com o mapa de horário de aula de cada sala do Bloco Q, podendo também ser desativado manualmente se necessário. Esse sistema de controle impedirá que os alunos liguem os condicionadores de ar nos horários indevidos e desligará automaticamente os aparelhos ao final de cada aula, conforme programação prévia feita pela CICE.

#### 3.4.1.3 Estimativa *ex ante*

A estimativa *ex ante* será feita com o intuito de projetar os gastos e as possíveis economias do bloco Q da UTFPR-PB, e contará com algumas hipóteses de projeto para que se possa calcular o consumo das lâmpadas, projetores de imagem e condicionadores de ar. Essas hipóteses se baseiam na experiência do aluno/pesquisador durante os anos de graduação no campus e também algumas amostras fornecidas por alunos que frequentam as salas de aula. São elas:

- a. Para o cálculo do consumo das lâmpadas, será levado em conta que estas permanecem ligadas durante todos os horários de aula (com base nos mapas de horário de aula de cada sala).
- b. Para o cálculo do consumo de energia dos projetores de imagem, será considerado que esses aparelhos ficam ligados em 80% das aulas (com base nos mapas de horário de aula de cada sala), uma vez que nem todos os professores utilizam esse recurso para lecionar.
- c. Com base também nos horários de aula, o consumo dos condicionadores de ar será da seguinte forma: os aparelhos ficam ligados sempre em horário de aula; sempre nos vinte minutos nos intervalos da manhã e da tarde e dez minutos nos intervalos da noite (se, e somente se houver aula naquela sala após esses intervalos); e permanecem ligados uma hora durante os horários de almoço (só nos recintos em que acontecerá aula no primeiro horário da tarde), período em que os alunos retornam do restaurante universitário e ligam os condicionadores de ar manualmente.

### **3.5 Metodologia para proposta de solução do problema**

A proposta de solução do problema será via AVEPI – Análise de Viabilidade Econômica de Projeto, com auxílio da ferramenta SAVEPI – Software de Análise de Viabilidade Econômica de Projeto. Essa análise trará o conhecimento à CICE, se uma proposta de solução para diminuição do consumo de energia local no Bloco Q é viável. A AVEPI será baseada no consumo estimado de energia pelos condicionadores de ar do Bloco Q fora dos horários de aula, e de um orçamento de um projeto e instalação de um equipamento que solucionará esse gasto indevido.

Quando se tem a intenção de realizar um investimento em algum projeto, é indicado o uso da abordagem determinística de análise de sensibilidade, pois ela se trata mais de um enfoque do que de uma técnica de investimento (SOUZA, 2004), uma vez que não se tem um comparativo entre dois ou mais diferentes produtos, com valores de investimento diferentes, que possam entregar o mesmo resultado.

Para desenvolver a análise de viabilidade do projeto, será usada a ferramenta SAVEPI, na seção “abordagem determinística” no menu, e selecionando

a opção “Fluxo de Caixa ou Custos e Receitas” dentro da caixa “Recursos Próprios, Financiamento e Leasing”. Chegando nesse estágio, devem-se colocar os dados iniciais para análise. Segue abaixo uma explicação básica de cada variável de acordo com o próprio programa:

- **Taxa Mínima de Atratividade** – A Taxa Mínima de Atratividade ou custo de oportunidade é a melhor taxa, com baixo grau/nível de risco, disponível para aplicação do capital em análise (Souza e Clemente, 2009). Sendo assim, a TMA é uma taxa quase livre de risco e corresponde a melhor alternativa de investimento (Souza e Clemente, 2009; Harzer, 2015; Lima et al., 2015). Dessa forma, a rentabilidade obtida considerará como ganho apenas o excedente sobre aquilo que já se tem, isto é, o que será obtido além da aplicação do capital à TMA.
- **Impostos + Contribuições (IR+CSLL,%)** – Taxa do Imposto de Renda (IR) e da Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL).
- **Horizonte de Planejamento (N)** – O horizonte de planejamento ou vida útil do projeto ou horizonte de análise é a quantidade de unidades de tempo, como meses ou anos, pelo qual o PI será analisado. Em outras palavras, é o período de projeção do Fluxo de Caixa (FC) de um empreendimento (NBR 14653-4: ABNT, 2002).
- **Investimento Inicial** – Investimento monetário inicial a ser desembolsado para a implantação do projeto.
- **Valor Residual** – O Valor Residual (VR) é o valor monetário de revenda do ativo no final da execução do projeto ou da vida útil do equipamento.
- **Fluxo de Caixa** – O Fluxo de Caixa (FC) é a relação entre as entradas (recebimentos) e as saídas (desembolsos) de recursos financeiros, em determinado período (ano ou mês, por exemplo). O fluxo de caixa pode ser definido como o movimento do dinheiro que entra e sai em uma empresa, em determinado intervalo temporal, em decorrência de suas atividades. No caso da análise de investimento, trata-se de previsões para cada período do horizonte de planejamento estabelecido no projeto, as quais podem ser

obtidas via técnicas de séries temporais, modelos econométricos e/ou pesquisas com especialistas da área, por exemplo.

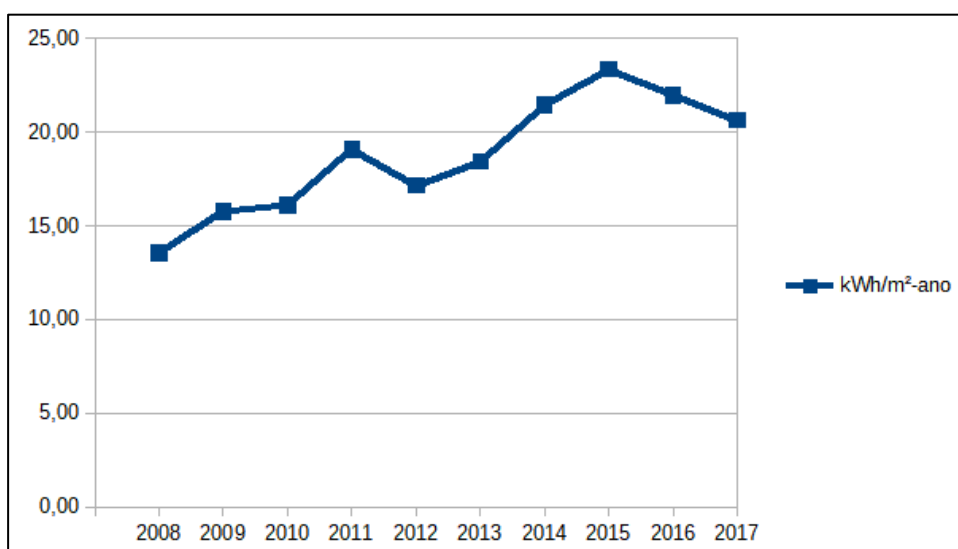
- **Depreciação** – A perda de valor (de mercado) dos ativos fixos é denominada depreciação econômica.
- **Prazo da Depreciação** – O prazo em que a perda de valor de mercado acontece.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Indicadores de eficiência energética da UTFPR-PB

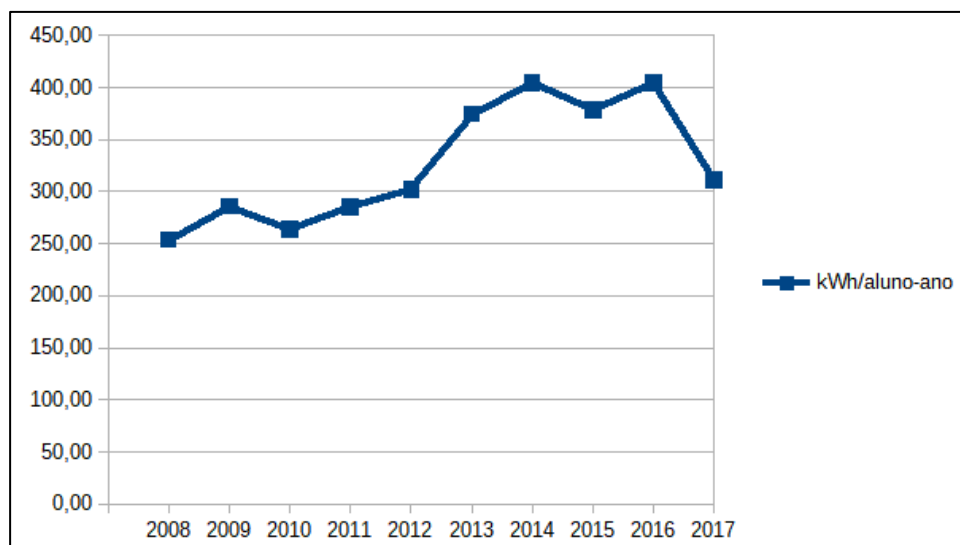
Com dados de histórico de área construída (UTFPR, 2018) e de histórico de alunos (DIRGRAD, 2018) em mãos e já digitalizados, foi possível calcular os indicadores de eficiência energética da UTFPR-PB. Um gráfico foi gerado para o indicador de kWh/m<sup>2</sup> e outro para kWh/aluno do campus dentro do período de 2008 a 2017, como é possível observar nas duas figuras a seguir.

Figura 6 – Indicadores de kWh/m<sup>2</sup>-ano



Fonte: Autoria Própria

Figura 7 - Indicadores de kWh/aluno-ano



Fonte: Autoria Própria

Com esses gráficos, é possível analisar a evolução do consumo de energia dentro do campus, sempre relacionado com a expansão do campus em metragem quadrada a cada ano, bem como com a variação da quantidade de alunos a cada semestre. Com os gráficos, pode-se interpretar se o campus está caminhando para ser mais energeticamente eficiente, e se está atingindo um nível de maturidade energética. Nota-se que ambos os indicadores tiveram uma queda de 2016 para 2017. O fato de que o consumo no campus diminuiu, implica nas duas quedas, porém, a queda é brusca no indicador de kWh/aluno-ano devido ao grande aumento no número de alunos no campus, cerca de 900 alunos ingressaram na UTFPR-PB no ano de 2017, diminuindo o valor do indicador de eficiência energética.

Com esses dados recolhidos e organizados em planilhas, é possível continuar o rastreamento de 2018, verificando sempre se as ações de eficiência energética propostas estão tendo impacto nos indicadores globais de eficiência energética dentro do campus, sempre em busca da melhoria contínua com o uso do PDCA sobre as ações de eficiência tomadas pela CICE.

#### **4.2 Levantamento bibliográfico de indicadores de eficiência energética em outras universidades**

Para fins comparativos e de análise do quão eficiente energeticamente é a UTFPR-PB em relação a outras universidades do Brasil e do mundo, diversas



pesquisas foram realizadas na internet, e infelizmente não foram encontradas muitas bibliografias, especificamente de universidades realizando projetos de eficiência energética atualmente, tanto no Brasil quanto fora dele. Alguns dos dados encontrados são antigos e acabam ficando ultrapassados, mas, podem ser úteis, uma vez que para os indicadores da UTFPR-PB foram obtidos dados desde 2008 até 2017, e dessa forma, é possível fazer uma comparação de como esses dados eram anos atrás e se o campus vem trilhando um caminho em direção à eficiência energética.

Muitas das bibliografias encontradas a respeito do assunto só continham os indicadores de kWh/m<sup>2</sup>-ano, (que é o mais utilizado) e deixavam de lado o indicador de kWh/aluno-ano, como é possível verificar na tabela abaixo.

Tabela 1 – Indicadores de eficiência em outras universidades

Indicadores de eficiência energética em outras universidades				
Universidade	kWh/aluno- mês	kWh/aluno- ano	kWh/m <sup>2</sup> - mês	kWh/m <sup>2</sup> - ano
Leuphana University Lüneburg (2016) (“Leuphana University of Lüneburg: Research”)	-	-	1,00	12
Cornell University (2013) (MA; LU; WENG, 2015)	238,55	2.862,55	1,71	20,52
USP – CUASO (2007) (MORALES, 2007)	84,58	1014,96	6,68	80,16
Carnegie Mellon University (2013) (MA; LU; WENG, 2015)	1.173,18	14.078,16	7,37	88,39
Law Building at University of Sydney (2011) (PARK, 2011)	-	-	7,59	91,1
University of Malaya main campus (2015)	-	-	7,69	92,25
UNIVERSITI TUN HUSSEIN ONN MALAYSIA (2011) (YAHYA; ARIFFIN; ISMAIL, 2015)	-	-	9,06	108,7
Keio University (2013) (MA; LU; WENG, 2015)	160,24	1.922,89	10,58	126,96
PUC-RS (2010) (KLEIN <i>et al.</i> , 2011)	85	1020	10,80	129,6

Continua

## Conclusão

National Taiwan University of Science (2012) (TU; LIN, 2012)	-	-	11,06	132,7
Instituto Federal do Piauí – Campus Teresina (2015) (ESPACIOS <i>et al.</i> , 2017)			11,07	132,78
Osaka University (2011) (MA; LU; WENG, 2015)	484,00	5.808,02	11,22	134,62
Oxford University (2013) (MA; LU; WENG, 2015)	250,70	3.008,44	14,33	172,00
Universidade Tecnológica da Malásia – Departamento de Arquitetura (UTM) (2014) (ABU BAKAR <i>et al.</i> , 2015)	144,5	1733,97	15,00	180
Technical University Braunschweig (2015)			19,83	238
Massey University New Zealand – Science Tower (2009) (COMPTON, 2012)			24,08	289
The Evergreen State College (2012) (LIU <i>et al.</i> , 2014)			24,97	299,68
Washington State University (2012) (LIU <i>et al.</i> , 2014)			25,24	302,84
Western Washington University (2014) (LIU <i>et al.</i> , 2014)			28,92	347
Washington State Department of Enterprise Services (2012-2014) (LIU <i>et al.</i> , 2014)			31,54	378,5
Eastern Washington University (2012) (LIU <i>et al.</i> , 2014)			32,33	388,01
Universidade Tecnológica da Malásia – Faculty of Electrical Engineering – Bloco de Leitura e estudos (SUKRI <i>et al.</i> , 2012)			45	540
University of Washington (2012) (LIU <i>et al.</i> , 2014)			48,11	577,29
University of Illinois at Urbana - Champaign (2017)			54,80	657,61

Fonte: Autoria Própria

### 4.3 Comparativo entre os indicadores de eficiência energética

O propósito de realizar uma pesquisa bibliográfica para encontrar dados de indicadores de eficiência energética relevantes para comparação foi formar um *benchmarking* com outras universidades. Por meio desses dados, seria possível tirar conclusões sobre em que nível está a eficiência energética da UTFPR-PB.

Essa comparação mostra que o Campus Pato Branco da UTFPR está muito bem situado em relação a eficiência energética. O indicador de maior valor no período de 2008 a 2017, em relação à metragem quadrada, foi no ano de 2015, quando o campus atingiu 23,36 kWh/m<sup>2</sup>-ano. Entretanto, em comparação com as referências, somente a Leuphana University em Lüneburg, na Alemanha e a Cornell University, em Nova York nos Estados Unidos tiveram uma melhor performance, com 12 kWh/m<sup>2</sup>-ano em 2016 e 20,52 kWh/m<sup>2</sup>-ano em 2013, respectivamente. Já para o indicador de consumo por usuário, a UTFPR-PB atingiu seu maior valor em 2016, com 404,54 kWh/aluno-ano, esse valor é menor que o dobro do fornecido pela USP Campus CUASO, no ano de 2007 (1014,96 kWh/aluno-ano).

Esses valores indicam que a UTFPR-PB gerencia bem seus gastos com energia e que a população acadêmica entende que não desperdiçar energia é extremamente importante nos dias atuais. Contudo, sempre existem melhorias a serem feitas.

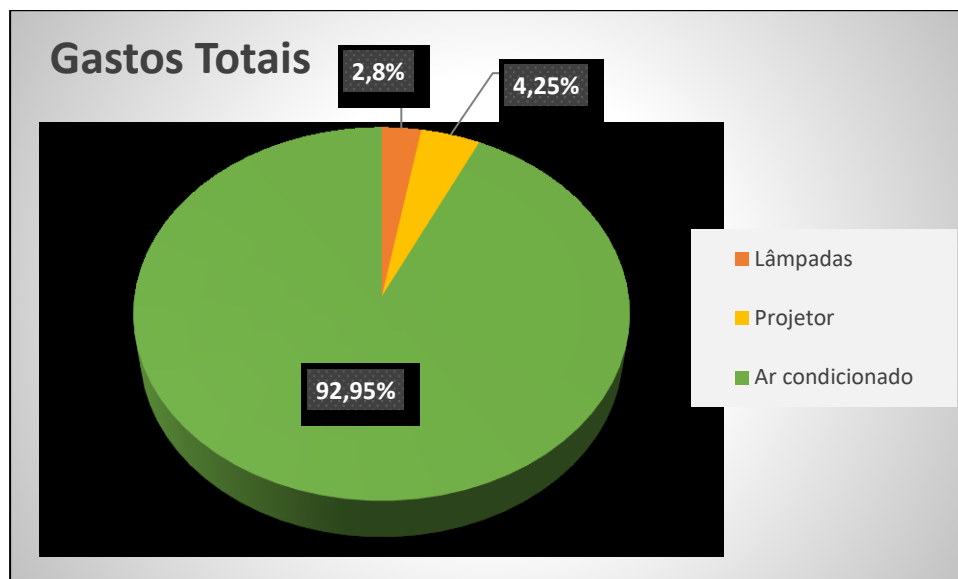
### 4.4 Levantamento dos indicadores de eficiência do bloco Q da UTFPR-PB

Continuando dentro do contexto de diminuir o desperdício de energia dentro do campus, é necessário partir para os indicadores de eficiência energética de cada prédio construído no local. Com esse intuito, um cálculo estimado do consumo do bloco Q foi executado, baseado nas hipóteses de projeto consideradas no tópico 3.4.1.3. O bloco Q é majoritariamente frequentado por alunos de Engenharia Mecânica durante o período diurno, e por alunos de Administração durante o período noturno.

Como Schulze *et al.* (2016) citam, deve-se combater prioritariamente o que traz o maior gasto/desperdício de energia em qualquer processo/ambiente que se deseje diminuir os gastos com consumo de energia. No caso do Bloco Q, como pode ser visto na Figura 8, os maiores consumidores de energia são os

condicionadores de ar. Esse bloco possui 8 salas de aula e cada uma delas é equipada com um condicionador de ar com potência de 36000 Btu/h. Esses condicionadores de ar são ligados pelos alunos fora dos horários de aula com uma caneta, lápis ou qualquer objeto parecido, permanecendo ligados durante horários de intervalo e de almoço.

Figura 8 - Consumo de energia no bloco Q em porcentagem



Fonte: Autoria Própria 1

O bloco Q possui 735,91 m<sup>2</sup> de área, dividido em 8 salas de aula juntamente com corredores e banheiros. Além dos condicionadores de ar, as salas de aulas são equipadas com 30 lâmpadas fluorescentes e um retroprojetor cada. A Figura 8 mostra que 93% do consumo do bloco (cálculo baseado nas hipóteses consideradas na metodologia) é dos condicionadores de ar, sendo que cerca de 3% e 4% da energia consumida no bloco é pelas lâmpadas e retroprojetores, respectivamente. Portanto, respaldado por (SCHULZE *et al.*, 2016), sabe-se que o consumo de energia dos aparelhos de ar condicionado deve ser tratado com maior cuidado no Bloco Q da UTFPR-PB.

#### 4.4.1 CONSUMO DE ENERGIA DOS CONDICIONADORES DE AR NO BLOCO Q DURANTE OS HORÁRIOS DE AULA

Após os cálculos realizados em planilhas, encontrou-se o valor de consumo de 11.372,90 kWh por mês, representando R\$7.473,06, já considerando as diferenças de valor unitário de kWh para horários de ponta e fora-ponta. Por conseguinte, fazendo a divisão do consumo pela metragem quadrada do bloco, tem-se que o indicador de eficiência energética é 15,45 kWh/m<sup>2</sup>-mês.

#### 4.4.2 CONSUMO DE ENERGIA DOS CONDICIONADORES DE AR NO BLOCO Q FORA DOS HORÁRIOS DE AULA

Baseado nas hipóteses de projeto, calculou-se que cerca de 18% do consumo de energia do bloco Q é fora do horário de aula. O consumo nos horários não desejados é de 2053,73 kWh por mês, representando R\$991,28, considerando as diferenças de valor unitário de kWh para horários de ponta e fora-ponta. Com isso, fazendo a divisão do consumo pela metragem quadrada do bloco, tem-se que o indicador de eficiência para horários fora de aula é de 2,79 kWh/m<sup>2</sup>-mês.

Para reduzir esse gasto excessivo de energia em horários considerados indevidos pela CICE, foi feito um orçamento de projeto, compra de material necessário e instalação.

### 4.5 Proposta de solução para o problema

Para alcançar o objetivo de baixar o indicador de eficiência energética e o consumo de energia do Bloco Q, pensou-se em instalar um sistema de controle nas instalações do prédio, programado para bloquear a alimentação de energia elétrica dos condicionadores de ar nos horários de almoço e intervalos de aula.

O valor calculado como gasto de energia consumida fora dos horários de aula passa a ser o valor economizado por mês, e para efeito de AVEPI, se torna o hipotético fluxo de caixa para o investimento.

#### 4.5.1 PRÉ-REQUISITOS DO PROJETO

Como o objetivo da instalação do sistema de controle é impedir que os condicionadores de ar sejam ligados fora dos horários de aula, temos os seguintes pré-requisitos do equipamento:

- Desligar automaticamente os condicionadores de ar nos horários: 10h, 12h, 15h30min, 17h30min, 20h20min e 22h20min;
- O sistema de controle deve impedir que os condicionadores de ar possam ser ligados de forma manual pelos alunos fora dos horários de aula;
- O sistema de controle deve permitir que os condicionadores de ar possam ser ligados manualmente ou via controle remoto durante os horários de aula: 8h20min às 10h; 10h20min às 12h; 13h50min às 15h30min; 15h50min às 17h30min; 18h40min às 20h20min e 20h30min às 22h20min.
- Fornecer a opção de alteração/programação desses horários de acordo com o mapa de aula de cada sala do Bloco Q.

#### 4.5.2 MODO DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

O sistema de controle consiste na montagem de um painel de comando para acionamento de oito equipamentos de ar condicionado do Bloco Q, com desligamento automático programável. Sendo possível o acionamento automático ou manual do sistema via manoplas seletoras na porta do painel, além de lâmpadas *led* de status, indicando o funcionamento do sistema. A programação dos horários de desligamento funcionará com um timer digital programável (Figura 9), que aciona a chave contatora de cada aparelho, desligando ou ligando o circuito dos aparelhos conforme a programação desejada. O painel deverá ser montado em uma caixa de comando de dimensões de 500 x 400 x 200 mm, com placa de montagem e acionamentos na porta do painel.

#### 4.5.3 ORÇAMENTO DO PROJETO

O orçamento do projeto teve o valor de R\$ 4.800,00, o que inclui a compra do projeto junto a um engenheiro de automação, a compra dos equipamentos e materiais necessários para que o sistema de controle possa funcionar e a instalação desses equipamentos no sistema elétrico do Bloco Q da UTFPR-PB.

Figura 9 - Exemplo de timer digital programável



Fonte: Google imagens

#### 4.5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade parte, inicialmente, das informações colhidas pelos cálculos estimados do consumo de energia com aparelhos de ar condicionado ligados fora dos horários de aula no Bloco Q. Essa estimativa mostra que existe um gasto extra de R\$991,28 por mês, porém, cabe mencionar que esse gasto não é

constante, não ocorre durante todo ano, devido a variações em períodos de férias e alterações climáticas.

Sendo assim, foi feita a consideração de que esse consumo acontece nos meses de Março, Abril, Maio, Setembro, Outubro e Novembro. Além disso, nos meses de Maio e Setembro, considerou-se apenas metade do consumo (R\$ 495,64), uma vez que nesses meses as temperaturas ainda são frias. Logo, no decorrer do ano, tem-se 5 meses completos de consumo com condicionadores de ar fora dos horários de aula.

Os dados iniciais inseridos na ferramenta SAVEPI foram:

Tabela 2 - Dados Iniciais AVEPI

Dimensão	Índice	
Input	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	0,55%
	Imposto de Renda e Contribuição sobre Lucro Líquido	0%
	Horizonte de Planejamento (N)	96 meses
	Investimento Inicial (Fc0)	R\$ 4800,00
	Valor Residual (VR)	R\$ 0,00
	Fluxo de Caixa (Fcj) – Variável	R\$ 495,64 / R\$ 991,28
	Depreciação (DLj) – Constante	0,84%
	Prazo da Depreciação (Pd)	96 meses

Fonte: Autoria Própria

A partir dos dados iniciais, obteve-se que o retorno do investimento (*payback*) acontece no 15º mês após a instalação do sistema de controle, ainda restando oitenta e um meses de vida útil do equipamento. Isso produzirá no total, uma economia (valor presente líquido) de R\$25.857,20. Com valor presente líquido anualizado de R\$347,40.



## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Considera-se que o levantamento e a digitalização das faturas de energia, juntamente com o histórico de alunos e da área construída da UTFPR-PB, serão de muita utilidade para o futuro do sistema de gerenciamento de energia do campus. Uma vez que se fazia necessária a construção de uma base de dados para que a Comissão Interna de Conservação de Energia tivesse um ponto de partida.

A construção do histórico dos indicadores de eficiência energética da UTFPR-PB e a subsequente comparação desses indicadores com diversas outras universidades no Brasil e no mundo que foram apresentadas mostra que o campus é eficiente energeticamente (terminando o ano de 2017 com 20,64 kWh/m<sup>2</sup>-ano) e que os alunos, servidores e professores, em sua maioria, entendem que a cultura de utilizar a energia da maneira correta é de plena importância para que a sociedade como um todo alcance níveis maiores de eficiência. O consumo ineficiente de energia pode acarretar a escassez da energia transformada de maneira limpa e renovável, fazendo-se necessário o uso de energias não limpas, vindas das usinas termoelétricas, nucleares e combustíveis fósseis, que desenvolvem problemas para o meio ambiente. No entanto, constatou-se que existem possibilidades de melhoria na eficiência do campus e o histórico de indicadores desenvolvido pode ajudar na verificação da efetividade das ações que serão tomadas futuramente.

Ao final desse trabalho, é possível concluir que o nível de maturidade de gestão energética no Campus UTFPR-PB é de nível 1, mas que caminha para alcançar os níveis 2 e 3 em um futuro não muito distante. A base de dados criada nesse trabalho será de grande importância, pois traz elementos para comparação dos indicadores de eficiência energética com outras universidades, fazendo com que o planejamento, os procedimentos e as metas futuras passem a ter base em números.

Com o objetivo de encontrar uma solução para a diminuição do consumo de energia indesejado no Bloco Q do Campus, dos cálculos, foram desenvolvidas estimativas que mostram que um gasto excessivo com condicionadores de ar do Bloco Q pode ser evitado. Cerca de R\$990,00 poderiam ser economizados por mês. A partir dessa estimativa, a análise de viabilidade econômica apontou que o projeto de instalação de um sistema de controle pode ser viável e mesmo utilizando a consideração coerente de que dos doze meses do ano, apenas cinco meses se

passam com a combinação de aulas e intenso calor, o projeto ainda teria uma taxa de retorno de 15 meses e geraria uma economia total de R\$25.857,20 até o final da vida útil do equipamento.

A análise desse projeto de investimento foi localizada com foco apenas para o bloco Q, contudo, esse projeto pode ser de imensa replicabilidade para outros prédios do campus. Como já citado anteriormente, só se reduz os indicadores globais de eficiência do campus focando nos indicadores locais de cada prédio construído na UTFPR-PB.

Um próximo passo seria realizar e executar um plano de medição e verificação eficiente, que cobrisse a maior parte do campus possível e que se estendesse por um ciclo necessário de um ano, uma vez que as quatro estações do ano implicam em diversas variações de clima e temperatura. Considerando que um ciclo menor poderia fazer com que as estimativas sob medições se tornassem equivocadas.

Com um plano e a execução de M&V, a construção de uma linha de base de consumo se tornaria simples, e assim qualquer medida e/ou implantação de equipamento poderia ter a taxa de retorno estimada com confiabilidade nos resultados. Para que as medições sejam efetivas, seria necessária a instalação de sensores de temperatura dentro e fora das salas de aula, com medições de temperatura de hora em hora para construção de uma base de dados abundante em informações e amostras. Ademais, seria fundamental retirar amostras de horários que os condicionadores de ar ligam e desligam, o que pode ser feito com a ajuda do sistema de controle. Desse modo, seria possível criar uma linha base de consumo capaz de fornecer diferentes estimativas de economia de consumo, em diferentes cenários e para diferentes ações de eficiência energética.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE ENERGIA ALEMÃ, 2010.
- ABU BAKAR, Nur Najihah *et al.* Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 44, p. 1–11 , 2015.1364-0321.
- ANEEL. Guia de M & V. **Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL** , 2013.
- ANEEL. Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética – SPE PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ESTRATÉGICO DE P & D: “ EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR ”. , 2016.
- ASSAF NETO, Alexandre Assaf. Os Métodos Quantitativos De Análise De Investimentos. **Caderno de Estudos** n. 6, p. 1–16 , 1992.
- BALARINE, Oscar F. O. O uso da análise de investimentos em incorporações imobiliárias. **Revista Produção** v. 14, n. 2, p. 47–57 , 2004.
- BLASS, Vered *et al.* Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US. **Energy** v. 65, p. 560–571 , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.11.030>>.
- BRUNI. Florística do componente arbóreo de um trecho de floresta do Parque Nacional da Serra dos Órgãos , Teresópolis , RJ. **Flora** p. 792–794 , 2007.
- BUNSE, Katharina *et al.* Integrating energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature. **Journal of Cleaner Production** v. 19, n. 6–7, p. 667–679 , 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.011>>.09596526 (ISSN).
- COMPTON, Paul. “ How Energy Efficient is our Campus ?” by Facilities Director , Manawatu Campus. , 2012.
- DA SILVA, Cleide Aparecida; DA SILVA, Écio Gomes Lemos; DA SILVA, Madalena Ferreira. *Metrologia*. p. 151 , 2000.
- DE MELLO SANTANA, Paulo Henrique; BAJAY, Sérgio Valdir. New approaches for improving energy efficiency in the Brazilian industry. **Energy Reports** v. 2, p. 62–66 , 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egyr.2016.02.001>>.9781604138795.
- DIRGRAD. Memorando nº 4/2018 - DERAC-PB. p. 4–6 , 2018.

*Energy Efficiency in Production Engineering @ TU Braunschweig*. Disponível em: <<https://www.tu-braunschweig.de/iwfp/pul/lehre/vorlesungen/vl-eipe/index.html>>.

Acesso em: 8 maio 2018.

ESPACIOS, Home Revista *et al.* Utilização das faturas de energia para a gestão energética em universidades Multicampi. n. 2014 , 2017.

EVO. Protocolo internacional de medição e verificação de performance. **Evo** v. 1, n. 1, p. 126 , 2012. Disponível em: <[www.evo-world.org](http://www.evo-world.org)>.

GORDIĆ, Dušan *et al.* Development of energy management system - Case study of Serbian car manufacturer. **Energy Conversion and Management** v. 51, n. 12, p. 2783–2790 , 2010.0196-8904.

KLEIN, Adriano *et al.* Gerenciamento de Energia Elétrica : O Sistema de Medição Setorizada da PUCRS. , 2011.

LAMBERT, Douglas; STOCK, James. The corporate energy policy: A management planning perspective. **California Management Review** v. 12, n. 1 , 1979. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0024630179900724>>.

*Leuphana University of Lüneburg: Research*. Disponível em: <<https://www.leuphana.de/en/research.html>>. Acesso em: 8 maio 2018.

LIU, Chris *et al.* Portfolio Manager Benchmarking Report. n. 360 , 2014.

MA, Y T; LU, M Y; WENG, J T. Energy Consumption Status and Characteristics Analysis of University Campus Buildings. n. *Iccet*, p. 1240–1243 , 2015.

MANUAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA COPEL. , 2005.

MARTIN, Ralf *et al.* Anatomy of a paradox: Management practices, organizational structure and energy efficiency. **Journal of Environmental Economics and Management** v. 63, n. 2, p. 208–223 , 2012.00950696.

MORALES, Clayton. Indicadores de consumo de energia elétrica como ferramentas de apoio à gestão: Classificação por prioridades de atuação na Universidade de São Paulo. p. 114 , 2007.

NGAI, E.W.T *et al.* Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. **International Journal of Production Economics** v. 146, n. 2, p. 453–464 , 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527312005105>>.0925-5273.

OLDCORN, Roger; Parker. *Decisão estratégica para investidores - ROGER OLDCORN, DAVID PARKER - Google Livros*.

PARK, Scotland Science. CLIMATE ENERGY INDEX AND BUILDING ENERGY

INDEX: NEW INDICES TO ASSESS AND BENCHMARK BUILDING ENERGY PERFORMANCE Don McLean , Ya Roderick , Richard Quincey , David McEwan , Integrated Environmental Solutions Limited , Helix Building , Kelvin Campus , West. **Simulation** p. 14–16 , 2011.

PETERSON, Ray D.; BELT, Cynthia K. Elements of an energy management program. **The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (JOM)** v. 61, n. 4, p. 19–24 , 2009.

**PLANO NACIONAL DE ENERGIA**, 2007. PRESS, T H E Fairmont *et al.* **HANDBOOK Library of Congress Cataloging-in-Publication Data**. [S.l: s.n.], 2001.

REVISTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. , 2017.

ROSS, Steven A. Neoclassical finance, alternative finance and the closed end fund puzzle. **European Financial Management** v. 8, n. 2, p. 129–137 , 2002.1468-036X.

SCHULZE, Mike *et al.* Energy management in industry - A systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. **Journal of Cleaner Production** v. 112, p. 3692–3708 , 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.060>>.0959-6526.

SERR, C I O. A inclusão digital e o contexto brasileiro. p. 153–182 , 1994.

SOUZA, Andréa De; GUERRA, Jorge Carlos Correa; KRUGER, Eduardo Leite. Os programas brasileiros em eficiência energética como agentes de reposicionamento do setor elétrico. **Revista Tecnologia e Sociedade** v. 1, p. 1–7 , 2011.

SUKRI, Ahmad *et al.* Energy Efficiency Measurements in a Malaysian Public University. **2012 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), 2-5 December 2012** n. December, p. 2–5 , 2012.9781467350198.

TU, Kung-jen; LIN, Cheng-hong. Benchmarking Energy Efficiency by ' Space Type ': An Energy Management Tool for Individual Departments Within Universities. n. November, p. 299–306 , 2012.

TURNER, Wayne C.; DOTY, Steve. **Energy Management Handbook**. [S.l: s.n.], 2007. 924 p. Disponível em: <[http://www.serviciilocale.md/public/files/Energy\\_Management\\_Handbook.pdf](http://www.serviciilocale.md/public/files/Energy_Management_Handbook.pdf)>.

Libro de gestión energética, entrega aplicaciones para el ámbito profesional en conceptos de energía, cómo administrarla, mantención de sistemas, control, medidas y verificaciones.0881735426.

UTFPR. *Relatórios de Gestão — Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/diretorias-de->

gestao/diretoria-de-gestao-da-avaliacao-institucional/relatorios-de-gestao/>. Acesso em: 5 maio 2018.

YAHYA, SNNS; ARIFFIN, ARM; ISMAIL, MA. Building Energy Index and Students' Perceived Performance in Public University Buildings. **Renewable Energy in the Service of** p. 1–9, 2015. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-17777-9\\_48](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-17777-9_48)>.978-3-319-17777-9.