

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP  
ESCOLA DE MINAS - EM  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,  
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA - DEPRO**

**IGOR MOREIRA DE CARVALHO**

**SERVIÇOS DE GESTÃO ENERGÉTICA: ESTUDO DE  
CASO EM UM CLUBE RECREATIVO**

Ouro Preto  
2019

Igor Moreira de Carvalho

## Serviços de gestão energética: estudo de caso em um clube recreativo

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. Dr. Antônio Santos Sánchez

Ouro Preto  
2019



UFOP

Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas  
Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia – DEPRO  
Campus Universitário Morro do Cruzeiro  
35400.000 – Ouro Preto, MG  
Tel: 31-3559-1540 – Fax: 3559-1555 – E-mail: [depro@depro.em.ufop.br](mailto:depro@depro.em.ufop.br)

---

### ATA DE DEFESA

Aos doze dias do mês de dezembro de dois mil e dezenove, às 8h00, na sala Labor da Escola de Minas do Campus Morro do Cruzeiro, foi realizada a defesa de Trabalho Final de Graduação - Monografia pelo aluno **Igor Moreira de Carvalho**, sendo a banca examinadora constituída pelo professor Antonio Santos Sánchez (orientador), pelo professor Paulo Marcos de Barros Monteiro e pelo professor Gustavo Nikolaus Pinto de Moura. O aluno apresentou a monografia intitulada: “*Serviços de Gestão Energética: Estudo de Caso em um Clube Recreativo*”. A banca examinadora deliberou, por unanimidade, pela aprovação do aluno, concedendo-lhe o prazo de quinze dias para incorporação, no texto final, das alterações sugeridas. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é assinada pelos membros da banca examinadora e pelo aluno.

Ouro Preto, 12 de dezembro de 2019.

Antonio Santos Sánchez  
Orientador

Paulo Marcos de Barros Monteiro  
Membro

Gustavo Nikolaus Pinto de Moura  
Membro

Igor Moreira de Carvalho  
Aluno

## Agradecimentos

Agradeço imensamente a Empresa Jr. de Engenharia de Produção - Projet, pela oportunidade de gerenciar o projeto do qual este estudo de caso foi realizado. Agradeço também, meu orientador Dr. Antônio Sánchez, o professor Dr. Luiz Rispoli pelo auxílio e apoio durante todo o projeto e ao Sr. Evaldo, presidente do Ouro Preto Tênis Clube, pela confiança na equipe e no nosso trabalho.

## Resumo

Nos últimos 10 anos a energia elétrica vem ficando cada vez mais cara e como se trata de um dos principais insumos para grande maioria dos processos industriais, tem levado gestores a repensarem sobre essa despesa, evitando gastos desnecessários e conseqüentemente ganhando vantagem competitiva no mercado. O presente trabalho visou aprofundar na área de gestão energética de instituições. Apresenta um estudo de caso de uma instituição privada de médio porte, na qual foram aplicadas durante um espaço de tempo de 6 meses várias medidas de gestão energética e *retrofit* de equipamentos, gerando uma economia significativa para a instituição. Foi aplicada a norma ISO 50.001 - Sistemas de Gestão de Energia em todas suas etapas, desde o diagnóstico energético até a verificação da economia gerada.

**Palavras-chave:** Sistemas de Gestão de Energia, eficiência energética, ISO 50001, iluminação, clube recreativo, gerador de energia.

## Abstract

Over the last 10 years, electricity has become increasingly expensive and as it is one of the main inputs for most industrial processes, being performed by compensation managers on this expense, unnecessary spending and consequently competitive gains in the market. This paper aims to deepen the energy management area of institutions. It presents a case study of a medium-sized private institution, which was applied over a period of 6 months, various economic management measures and equipment adaptation, generating an economic savings for an institution. The standard ISO 50.001 - Energy Management Systems has been applied in all its stages, from energy diagnosis to verification of the generated savings.

**Keywords:** Energy Management Systems, energy efficiency, ISO 50001, lighting, recreation club, energy generator.

## Lista de abreviaturas e siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
W	Watt
kW	Quilo Watt
kWh	Quilo Watt Hora
ESCO	Empresas de Serviços de Energia
ROL	Receitas Operacionais Líquidas
OPTC	Ouro Preto Tênis Clube
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
PDCA	Do inglês: PLAN - DO - CHECK - ACT
SGEn	Sistema de Gestão de Energia
LED	Light-Emitting Diode
ISO	International Organization for Standardization
HP	Horário de Ponta
HFP	Horário Fora de Ponta
PEB	Programa Brasileiro de Etiquetagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
lm	Lúmen
NBR	Norma Brasileira aprovada pela ABNT
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
ACR	Ambiente de Contratação Regulada



## Lista de ilustrações

Figura 1 – Consumo de energia elétrica dos últimos 20 anos . . . . .	13
Figura 2 – Tarifas de fornecimento Média Brasil, Industrial . . . . .	15
Figura 3 – Custos médios dos impostos pagos pelos consumidores industriais cati- vos do Brasil . . . . .	16
Figura 4 – Comparativo de tarifas de fornecimento em vários países . . . . .	16
Figura 5 – Ciclo PDCA . . . . .	20
Figura 6 – Modelo de Sistema de Gestão de Energia . . . . .	21
Figura 7 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia . . . . .	24
Figura 8 – Selo PROCEL . . . . .	24
Figura 9 – Selo CONPET . . . . .	25
Figura 10 – Curva demonstrativa da demanda contratada por um consumidor. . . . .	26
Figura 11 – Diferença entre horário de ponta e fora de ponta. . . . .	27
Figura 12 – Comparativo entre a Tarifa Branca e a Convencional . . . . .	30
Figura 13 – Comparativo das lâmpadas presentes no mercado. . . . .	34
Figura 14 – Evolução da densidade de potência nos motores elétricos. . . . .	37
Figura 15 – Índices de rendimento de motores elétricos . . . . .	38
Figura 16 – Fatura do OPTC no início do Estudo . . . . .	40
Figura 17 – Consumo mensal do OPTC . . . . .	41
Figura 18 – Demanda máxima de cada mês e limite contratado de 120 kW. . . . .	41
Figura 19 – Bandeiras tarifárias . . . . .	42
Figura 20 – Composição do consumo total em Kwh . . . . .	44
Figura 21 – Curva de carga da sauna . . . . .	46
Figura 22 – Curva de carga da sauna com todos equipamentos em operação . . . . .	47
Figura 23 – Gerador Stemac . . . . .	48
Figura 24 – Quadra de futebol de salão e do campo de futebol . . . . .	49
Figura 25 – Quadras de peteca . . . . .	49
Figura 26 – Quadra de futebol de salão e das quadras de tênis . . . . .	50
Figura 27 – Ginásio e quadra de futebol . . . . .	50
Figura 28 – Projetor Tango G3 - BVP382 . . . . .	51
Figura 29 – Iluminação do campo de futebol junta da sauna com os novos equipa- mentos . . . . .	53
Figura 30 – Colocação das lâmpadas, visão de cima . . . . .	54
Figura 31 – Colocação das lâmpadas, visão de cima . . . . .	54
Figura 32 – Gráfico de cores falsas . . . . .	55
Figura 33 – Gráfico de cores falsas . . . . .	56
Figura 34 – Grelha de valores . . . . .	57

Figura 35 – Investimento na Troca do Motor . . . . .	60
Figura 36 – Calculo do retorno Financeiro . . . . .	60
Figura 37 – Consumo mensal após a implementação . . . . .	62
Figura 38 – Valor da fatura nos últimos meses . . . . .	62
Figura 39 – Consumo no Horário de ponta . . . . .	63
Figura 40 – Display DSE8620 . . . . .	63
Figura 41 – Consumo no HP após a troca do display . . . . .	64

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Histórico de regulamentações específicas e programas de metas . . . . .	22
Tabela 2 – Tensão dos subgrupos do grupo A. . . . .	28
Tabela 3 – Tarifa Horossazonal Azul . . . . .	29
Tabela 4 – Tarifa Horossazonal Verde . . . . .	29
Tabela 5 – Características para migrar para o Mercado Livre de Energia. . . . .	31
Tabela 6 – Iluminância para quadras esportivas . . . . .	35
Tabela 7 – Parâmetros da simulação. . . . .	43
Tabela 8 – Capacidade Total Instalada . . . . .	43
Tabela 9 – Ambiente a ser aquecido . . . . .	44
Tabela 10 – Horários de funcionamento da sauna . . . . .	45
Tabela 11 – Resultados do analisador . . . . .	45
Tabela 12 – Consumo Gerador . . . . .	47
Tabela 13 – Especificações técnicas Tango G3 - BVP382 . . . . .	52
Tabela 14 – Análise de custos das quadras com utilização de lâmpadas de vapor metálico . . . . .	58
Tabela 15 – Análise de custos das quadras com utilização de lâmpadas de LED . . . . .	58
Tabela 16 – Dados Financeiros . . . . .	59
Tabela 17 – Tempo de Payback Simples . . . . .	59
Tabela 18 – Especificações do motor . . . . .	60
Tabela 19 – Irradiação solar diária média mensal . . . . .	64

# Sumário

	Lista de ilustrações . . . . .	8
	Lista de tabelas . . . . .	10
1	INTRODUÇÃO . . . . .	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .	19
2.1	ISO 50000 - Normas de gestão de energia . . . . .	19
2.2	Eficiência energética . . . . .	21
2.2.1	PROCEL . . . . .	22
2.3	<i>Retrofit</i> . . . . .	23
2.4	Gestão Tarifária . . . . .	25
2.4.1	Conceitos Fundamentais . . . . .	25
2.4.2	Bandeiras Tarifárias . . . . .	27
2.4.3	Estrutura Tarifária . . . . .	28
2.4.4	Migração de Mercado . . . . .	30
3	METODOLOGIA . . . . .	33
3.1	Diagnóstico energético . . . . .	33
3.2	Planejamento . . . . .	33
3.2.1	Retrofit Iluminação . . . . .	34
3.2.2	Análise luminotécnica . . . . .	36
3.2.3	Equipamentos para iluminação . . . . .	36
3.2.4	Softwares para iluminação . . . . .	36
3.2.5	Retrofit Motores . . . . .	36
3.2.6	Softwares para motores . . . . .	38
3.2.7	Análise de viabilidade econômica . . . . .	38
3.3	Gerenciamento do uso e consumo de energia . . . . .	38
3.4	Monitoramento do desempenho e melhorias . . . . .	39
4	ESTUDO DE CASO . . . . .	40
4.1	O contexto do OPTC: aumento do consumo e aumento da demanda . . . . .	40
4.2	Modalidade Tarifária . . . . .	42
4.3	Composição do consumo e usos finais da energia . . . . .	43
4.4	Análise detalhada da sauna . . . . .	44
4.4.1	Ambiente a ser aquecido . . . . .	44

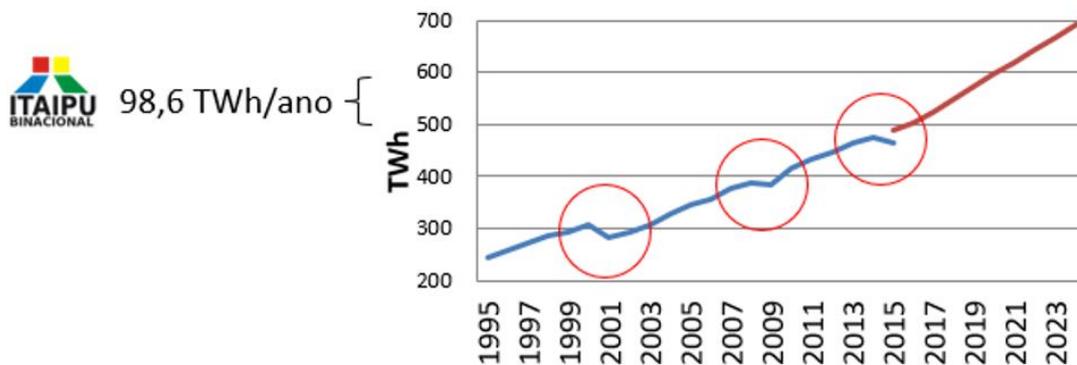
4.4.2	Horários de funcionamento da sauna . . . . .	45
4.4.3	Sistema Elétrico da sauna . . . . .	45
4.5	Gerador a Diesel . . . . .	46
4.6	Substituição de iluminação fluorescente e lâmpadas de vapor metálico por LEDs . . . . .	48
4.7	Análise Luminotécnica . . . . .	48
4.7.1	Seleção de Lâmpadas . . . . .	51
4.7.2	Estudo da Instalação das Lâmpadas . . . . .	53
4.8	Análise de custo de energia das quadras . . . . .	57
4.8.1	Calculo do Payback das lâmpadas . . . . .	58
4.9	Estudo de Viabilidade de Retrofit de Motor . . . . .	60
4.10	Resultados Parciais . . . . .	61
4.11	Melhoria Contínua . . . . .	62
4.11.1	Melhoria no uso do gerador a diesel . . . . .	62
4.11.2	Placas Fotovoltaicas . . . . .	64
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	66
	REFERÊNCIAS . . . . .	67

# 1 Introdução

No ano de 2001 o Brasil viveu uma crise energética que afetou drasticamente a população. Devido ao risco eminente do corte de energia por problemas de fornecimento e distribuição, as empresas e a população brasileira tiveram que reduzir seu consumo de energia. Os consumidores tiveram que cortar voluntariamente 20% do consumo de eletricidade, caso contrário, teriam um aumento no valor da energia. A crise ocorreu por uma soma de fatores: as poucas chuvas, e a falta de planejamento e ausência de investimentos em geração e transmissão de energia.

Considerando em conta o consumo dos últimos 20 anos, é possível observar que a cada 5 anos a demanda de energia elétrica aumenta em média 100 TWh. De acordo com a Figura 1, o aumento representa o equivalente à energia gerada pela usina de Itaipu em um ano. Sendo assim, o Brasil precisaria de uma nova Itaipu a cada 5 anos para manter seu ritmo de crescimento.

Figura 1 – Consumo de energia elétrica dos últimos 20 anos



Fonte: ITAIPU BINACIONAL, 2015

No Brasil, a principal fonte de energia elétrica advém das hidrelétricas, representando a maior parcela de toda a energia produzida, cerca de 66% em 2019. Apesar de outros meios de produção estarem ganhando espaço no mercado como eólica; biomassa; solar e gás natural, esta dependência pelo meio hídrico vulnerabiliza o preço da energia, como ocorre nos períodos de seca. Deste modo, com a diminuição do volume de água das hidrelétricas, faz-se necessário o acionamento das termelétricas, que consequentemente resulta num aumento de custeio na produção de energia, refletindo no reajuste de valor da conta de luz que se torna cada vez mais cara para o consumidor.

Esse sistema com maior composição hidroelétrica já foi considerado como um dos mais eficientes do mundo, devido a segurança e o baixo custo da eletricidade. Essa produção representava uma vantagem para a economia brasileira, mas infelizmente ficou no passado.

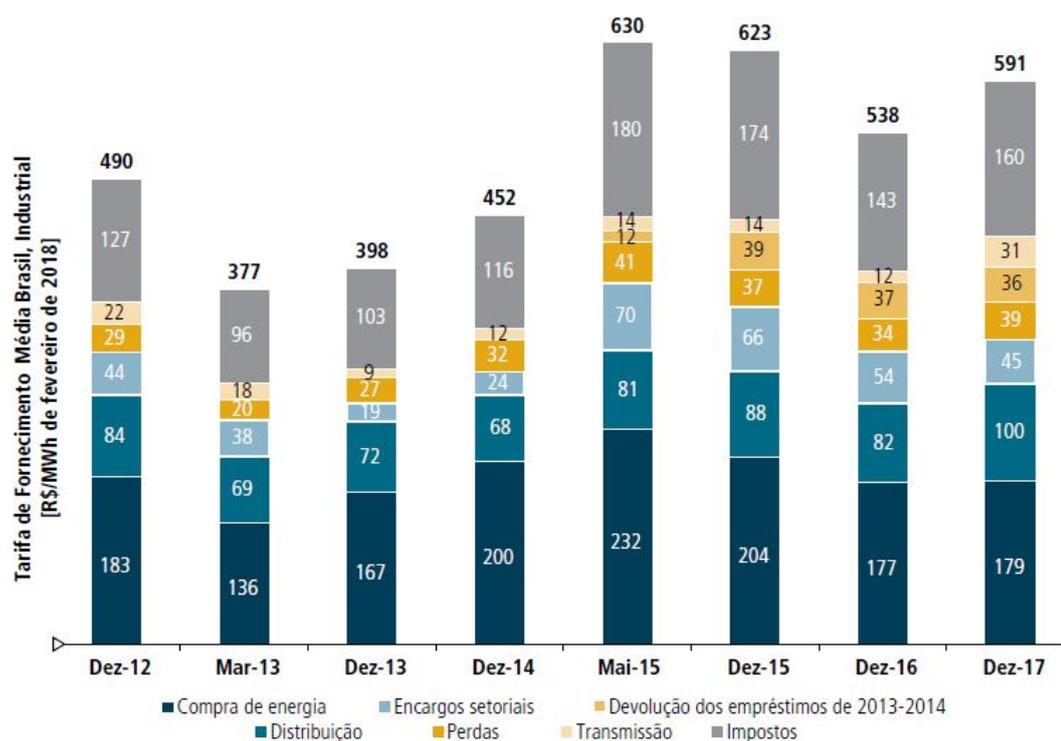
A intervenção governamental aliada ao alto custo dos impostos e dos encargos setoriais, e de erros regulatórios tornaram a energia elétrica paga pela indústria, uma das mais caras do mundo.

De acordo com os dados da ANEEL (2018), no período de janeiro de 2013 até o final de 2017, o custo da eletricidade para os consumidores industriais, que compram energia diretamente das distribuidoras, aumentou 57%, em termos reais. Obtendo como principais reflexos: aumento dos preços dos contratos de energia; custo de passivos, decorrentes de intervenções governamentais na regulação das tarifas e preços; alto custo dos subsídios tarifários; aumento dos custos com o sistema de transmissão e forte carga tributária.

No Brasil existem dois tipos de mercado para adquirir energia elétrica: Mercado Cativo e Livre. No Mercado Cativo, a eletricidade é provida pelas concessionárias de distribuição, as quais as empresas estão ligadas, pagando-se por tempo de utilização mensal (kWh) e também pela capacidade da sua conexão elétrica (demanda contratada, kW). Já no Mercado Livre (Ambiente de Contratação Livre), restrito para consumidores com demanda igual ou superior a 500kW, a energia pode ser negociada da melhor forma para o contratante, através do contato direto com os geradores ou comercializadores, pagando-se além disso, uma taxa referente ao transporte da energia através das redes de transmissão e distribuição (que são geralmente propriedade das concessionárias).

Por meio da medida provisória 579, o governo de 2012 anunciou um conjunto de ações que visava reduzir os custos com energia elétrica dos consumidores. Dentre elas, aproveitar o vencimento de um grande grupo de concessões de geração hidrelétrica e de transmissão de energia entre 2015 e 2017. Outro conjunto de medidas foi direcionado no sentido de reduzir o custo dos encargos setoriais. Entretanto no período de 23 de janeiro de 2013 até 2019, a trajetória das tarifas pagas pelos consumidores cativos seguiu por caminhos diferentes dos almejados. A Figura 2, apresenta a Tarifa de Fornecimento média do Brasil para a classe industrial (custos com energia elétrica dos consumidores industriais cativos).

Figura 2 – Tarifas de fornecimento Média Brasil, Industrial

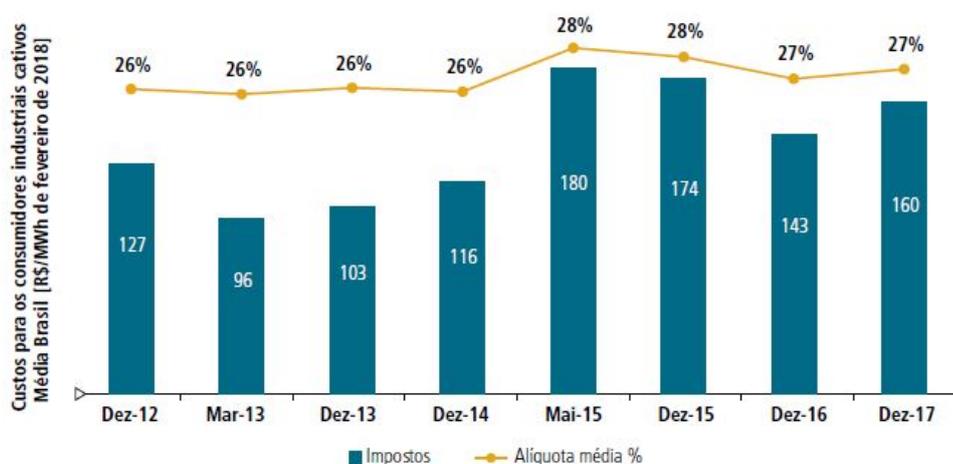


Fonte: ANEEL, 2018.

Segundo Sousa (2005), a variação da tarifa média de energia elétrica no Brasil foi superior à variação da inflação oficial (medida pelo IPCA). De igual modo, constatou-se que a classe de consumo que suportou maior reajuste tarifário, foi a classe industrial.

A Figura 3 a seguir representa o imposto pago pelos consumidores industriais no mercado cativo. Essa rubrica representa os gastos com PIS/Cofins (imposto federal) e ICMS (imposto estadual).

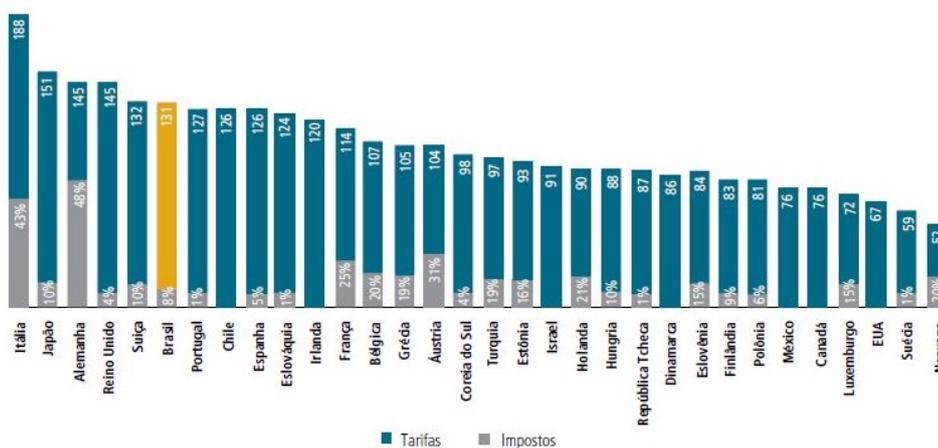
Figura 3 – Custos médios dos impostos pagos pelos consumidores industriais cativos do Brasil



Fonte: ANEEL, 2018

Levando em conta o cenário Internacional, o Brasil ocupa o a sexta posição do ranking relacionado as tarifas e impostos no consumo de energia elétrica, o que o coloca em posição não privilegiada frente aos demais países.

Figura 4 – Comparativo de tarifas de fornecimento em vários países



Fonte: ABRADÉE, 2017.

As indústrias brasileiras representam a maior parcela do consumo de energia elétrica no país, isto devido a importância desse insumo para a produção, principalmente quando se trata de iluminação e força motriz (motores elétricos). Além disso, as empresas também estão no topo das que mais desperdiçam energia e essa má administração de recurso recai sobre o custo de seu produto final, desempenhando uma baixa eficiência no processo

produtivo, um dos fatores mais buscados para competitividade no mercado, tornando-se necessária práticas para melhorar a gestão do consumo de energia.

Com essa crescente demanda por energia deu-se espaço para novos serviços que visam a qualidade do consumo de eletricidade nas empresas. Estes serviços de eficiência energética, buscam melhores práticas no uso da energia, reduzindo as despesas e otimizando o consumo. Dessa forma, uma gestão energética eficaz é fundamental para manter a competitividade de uma empresa. Ainda que, num mercado cada vez mais globalizado, uma região que ofereça um fornecimento estável e barato de energia estará em clara vantagem na atração de atividades industriais.

Este contexto leva empresas a dedicarem estes serviços para auditar e melhorar o uso que fazem da energia, mediante consultorias especializadas externas (Empresas de Serviços de Energia - ESCOs) ou internas (equipes de gestão energética da própria empresa), atuando desde um diagnóstico para entender a realidade de cada cliente propondo projetos de melhoria (análise tarifária, troca de equipamentos e migração para o Mercado Livre), até estudos mais técnicos, implementando sistema de gestão e autoprodução de energia.

A eficiência energética também está atrelada ao avanço da tecnologia, uma vez que, durante a vida útil de um projeto industrial, os equipamentos vão sendo frequentemente aprimorados, tornando-se viável a otimização de processos mediante a novas aquisições ou *retrofit* dos já existentes. Essas medidas requerem um investimento inicial considerável, mas quando analisadas junto ao tempo de retorno (*payback*), se tornam mais acessíveis, podendo durar apenas alguns meses. Uma vez demonstrada a rentabilidade de um projeto de eficiência energética, seu financiamento pode se dar com recursos próprios da empresa, ou inclusive com canais financeiros específicos para eficiência energética. Uma fonte de financiamento interessante são as próprias concessionárias: de acordo com a Lei 9991/2000, essas concessionárias de energia devem investir 1% de suas Receitas Operacionais Líquidas - ROL em programas de eficiência energética, possibilitando um financiamento do projeto caso seja aprovado pela ANEEL.

O presente trabalho visa aprofundar na área de gestão energética de instituições. Apresenta um estudo de caso de uma instituição privada do setor comercial de médio porte, na qual foram aplicadas durante um espaço de tempo de 6 meses várias medidas de gestão energética e *retrofit* de equipamentos, gerando uma economia significativa para a instituição. Foi aplicada a norma ISO 50.001 - Sistemas de Gestão de Energia em todas suas etapas, desde o diagnóstico energético até a verificação da economia gerada. Como objetivo geral de este trabalho, destaca-se: Reduzir as despesas e desperdícios de energia elétrica da instituição. Objetivos específicos:

- Análise de consumo de energia;
- Gestão de ativos (levantamento de carga);

- Treinamento sobre utilização das tecnologias e gestão de energia para os funcionários da Instituição;
- Estudos de viabilidade econômica;
- Análise de investimentos;

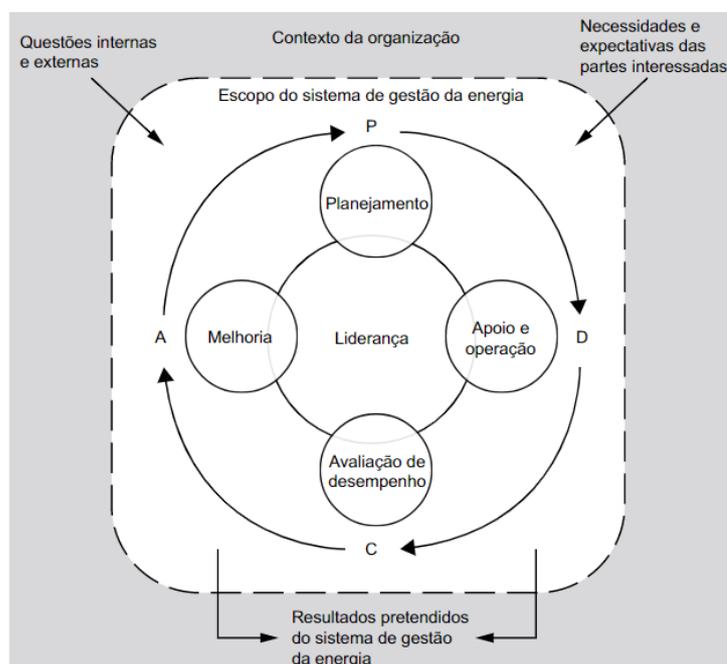
## 2 Referencial teórico

### 2.1 ISO 50000 - Normas de gestão de energia

A ISO (Organização Internacional de Normalização) é uma federação mundial de organismos nacionais de normalização (organismos membros da ISO). Dentre elas pode-se destacar a ISO 50000 que são uma série de normas que visam a melhoria do desempenho energético. Segundo ABESCO (2016), O objetivo desta norma é permitir que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo da eletricidade. Assim como outras normas, a ISO 50001:2018 se baseia na estrutura de melhoria contínua do Planejar - Fazer - Verificar - Agir (PDCA) e incorpora o gerenciamento de energia nas práticas organizacionais diárias. De acordo com ISO (2018), no contexto da gestão de energia a abordagem PDCA pode ser descrita da seguinte forma, conforme Figura 5:

1. *Plan* (Planejar): compreender o contexto da organização; estabelecer uma política energética e uma equipe de gestão da energia; considerar as ações para enfrentar os riscos e oportunidades; conduzir uma revisão energética; identificar os usos significativos de energia; os indicadores de desempenho energético; as linhas de base energéticas; objetivos de metas energéticas e planos de ação necessários para obter resultados que levarão à melhoria do desempenho energético de acordo com a política energética da organização.
2. *Do* (Fazer): implementar os planos de ação; controles de operação; manutenção e comunicação; assegurar competências e considerar o desempenho energético no projeto e aquisição.
3. *Check* (Checar): monitorar; medir; analisar; avaliar; auditar e realizar análise(s) crítica(s) pela direção do desempenho energético e do SGE.
4. *Act* (Agir): adotar ações para tratar não conformidades e melhorar continuamente o desempenho energético e o SGE. ISO (2018)

Figura 5 – Ciclo PDCA



Fonte: ABNT NBR ISO 50001:2018.

A família ISO 50000 é composta por 5 normas técnicas complementares a ISO 50001, que facilitam o entendimento e dão suporte à aplicação nos diversos segmentos de mercado:

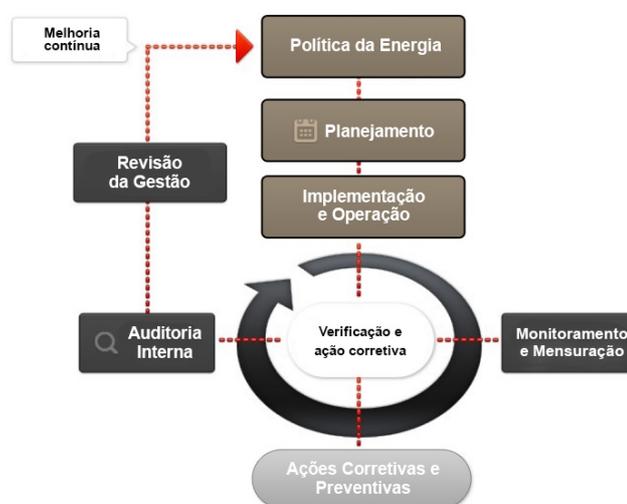
- ABNT NBR ISO 50002 - Diagnósticos energéticos - Requisitos com orientação para uso;
- ABNT NBR ISO 50004 - Sistemas de gestão de energia - Guia para implementação, manutenção e melhoria;
- ABNT NBR ISO 50006 - Sistemas de gestão de energia - Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) - Princípios gerais e orientações;
- ABNT NBR ISO 50015 - Sistemas de gestão de energia - Medição e verificação do desempenho energético das organizações - Princípios gerais e orientações.

Segundo a ALLIANCE (2016), para que uma organização possa se adequar aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO 50001 e buscar melhoria contínua do seu desempenho energético, devem ser seguidos 5 passos, conforme a Figura 6:

1. Passo 1, Contexto, refere-se ao conhecimento dos aspectos energéticos gerais. Seu objetivo principal é elucidar sobre todos os processos e usos da energia no âmbito da organização.

2. Passo 2, Planejar, trata do planejamento da gestão energética.
3. Passo 3, Gerenciar, refere-se ao controle e gerenciamento do uso da energia dentro da organização.
4. Passo 4, Monitorar, representa a etapa de verificação.
5. Passo 5, Melhorar, aborda as ações para a melhoria contínua do Sistema de Gestão de Energia(SGEn) e, conseqüentemente, do desempenho energético da organização.

Figura 6 – Modelo de Sistema de Gestão de Energia



Fonte: Adaptado da ABNT-NBR ISO 50001.

## 2.2 Eficiência energética

De acordo com a ABESCO (2015), a eficiência energética também chamada de utilização racional da energia, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Trabalha a relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Os equipamentos elétricos trabalham transformando energia elétrica em outro tipo de energia. Por exemplo, o chuveiro utiliza a energia elétrica para aquecer a água, portanto ele transforma energia elétrica em energia térmica, as lâmpadas transformam energia elétrica em luminosa e os motores transformam essa mesma energia em energia mecânica. Entretanto, nenhum desses equipamentos consegue converter totalmente essa energia, ou seja, nenhum possui índice de rendimento 100%. Um equipamento considerado eficiente, é capaz de transformar a maior parte da energia em trabalho.

Após a crise energética de 2001, o Brasil possui um importante instrumento para a indução da eficiência energética: a Lei nº 10.295, também conhecida como Lei de Eficiência

Energética. Essa lei, determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética (ou máximos de consumo específico de energia) de máquinas e aparelhos consumidores de energia, Tabela 1. Esses níveis de eficiência energética foram definidos arbitrariamente pelo governo com base em indicadores técnicos. PROCEL (2014).

Tabela 1 – Histórico de regulamentações específicas e programas de metas

Equipamento	Regulamentação Específica		Programa de Metas	
	Documento	Data	Documento	Data
Motores Elétricos Trifásicos	Decreto n° 4.508	11 de dezembro de 2002	Portaria Interministerial n° 553	08 de dezembro de 2005
Lâmpadas Fluorescentes Compactas	Portaria Interministerial n° 132	12 de junho de 2006	Portaria Interministerial n° 1.008	31 de dezembro de 2010
Refrigeradores e freezers	Portaria Interministerial n° 362	24 de dezembro de 2007	Portaria Interministerial n° 326	26 de maio de 2011
Fogões e Fornos a Gás	Portaria Interministerial n° 363	24 de dezembro de 2007	Portaria Interministerial n° 325	26 de maio de 2011
Condicionadores de Ar	Portaria Interministerial n° 364	24 de dezembro de 2007	Portaria Interministerial n° 323	26 de maio de 2011
Aquecedores de Água a Gás	Portaria Interministerial n° 298	10 de setembro de 2008	Portaria Interministerial n° 324	26 de maio de 2011
Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas a Vapor de Sódio e a Vapor Metálico	Portaria Interministerial n° 959	09 de dezembro de 2010	-	-
Lâmpadas Incandescentes	Portaria Interministerial n° 1.007	31 de dezembro de 2010	-	-
Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante	Portaria Interministerial n° 104	22 de março de 2013	-	-

Fonte: PROCEL, 2014.

### 2.2.1 PROCEL

O Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica é um programa de governo, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME e executado pela Eletrobrás. Foi criado em 1985 e tem como objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício, contribuindo para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia PROCELINFO (2017).

O Procel tem diversas linhas de atuação, que abrangem diferentes segmentos de consumo de energia. Sua atuação é concretizada por meio de subprogramas específicos, como:

- Procel Educação - Informação e Cidadania - Disponibiliza para população informações sobre eficiência energética;
- Procel Indústria - Eficiência Energética Industrial - Oferece ferramentas e treinamentos para incentivar as indústrias a utilizarem a energia elétrica de modo mais

eficiente;

- Procel Edifica - Eficiência Energética em Edificações - Disponibiliza simuladores e informações para promover o uso eficiente de energia na construção civil;
- Procel EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos - Auxilia no planejamento e na execução de projetos que visam a diminuição do consumo de energia no setor público;
- Procel Reluz - Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica - Auxilia as prefeituras na substituição de equipamentos de iluminação pública por outros mais eficientes;
- Selo Procel - Eficiência Energética em Equipamentos - Identifica os equipamentos mais eficientes da categoria;
- Procel Info - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética - Produz material informativo sobre eficiência energética e promove ações educacionais para a população. PROCELINFO (2017).

### 2.3 Retrofit

O Retrofit consiste na substituição de equipamentos em obsolescência por modelos novos, o que garante o melhor e mais eficiente nível de produção. Essa prática é comumente usada nos projetos de Eficiência Energética, já que, com o acelerado avanço da tecnologia os equipamentos ficam cada vez mais compactos e necessitam de menos energia para seu funcionamento, ou seja, menos Potência (KW).

O INMETRO (2019), com o objetivo de auxiliar os brasileiros na aquisição de equipamentos mais eficiente, criou o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que emite selos de conformidade a equipamentos eletrodomésticos que evidenciam o atendimento a requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos.

Segundo INMETRO (2019), para analisar a eficiência energética do produto através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia é simples, ela classifica os produtos em faixas coloridas que variam da mais eficiente (A) na cor verde, à menos eficiente (de C até G, dependendo do produto) variando do amarelo ao vermelho.

Além de ser muito utilizada na identificação de lâmpadas mais eficientes, a exemplo o de LED, fornece outras informações relevantes, como o consumo de constituintes dos veículos, uso de água de lavadoras de roupa e até mesmo a eficiência energética em edifícios. A Figura 7 mostra o PBE.

Figura 7 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia



Fonte: INMETRO., 2014

Outra forma de identificar os equipamentos mais eficientes da categoria, é através do Selo PROCEL, mais conhecido dentre os subprogramas do PROCEL citados anteriormente. A Figura 8 mostra o selo PROCEL.

Figura 8 – Selo PROCEL



Fonte: PROCEL, 2017

Equivalente ao Selo PROCEL, o Conpet é o selo dos produtos que usam energia de derivados do petróleo e gás natural. O selo é concedido anualmente pela Petrobras a veículos leves, aquecedores de água a gás e fogões e fornos a gás. Funciona como um estímulo aos fabricantes na criação de modelos cada vez mais eficientes. A Figura 9 mostra o selo CONPET.

Figura 9 – Selo CONPET



Fonte: CONPET, 2016

## 2.4 Gestão Tarifária

De acordo com SANTOS (2016), uma análise tarifária e os elementos que compõem sua estrutura é indispensável para uma tomada de decisão quanto ao uso eficiente da energia. A conta de luz é composta por diversos parâmetro de consumo que refletem a forma como a mesma é utilizada. Uma análise histórica, com no mínimo 12 meses, apresenta um quadro rico de informações e torna-se a base de comparação para futuras mudanças, visando mensurar potenciais de economia.

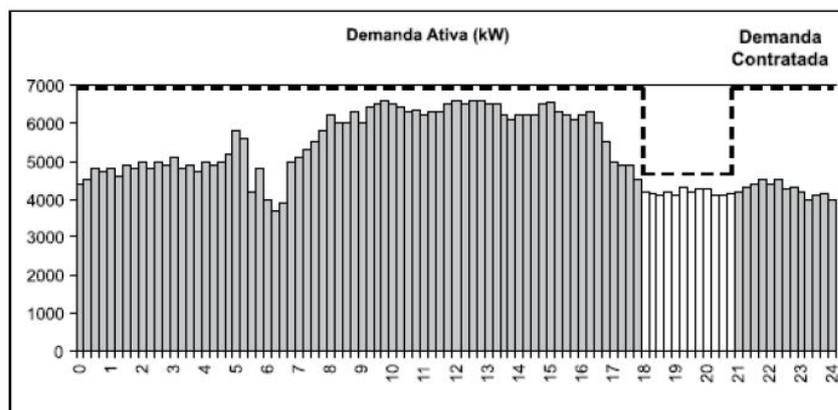
Além disso, o resultado da análise permite que o consumidor e a concessionária entre em acordo tornando adequadas as necessidades, podendo implicar em redução de despesas com a eletricidade.

### 2.4.1 Conceitos Fundamentais

- Energia Elétrica Ativa: é a energia elétrica que pode ser convertida em outro tipo de energia, ela é medida pelo produto da potência ativa utilizada pelo intervalo tempo de utilização, normalmente medida em quilowatts-hora (kWh);
- Energia Elétrica Reativa: é a energia que circula entre os diversos campos do sistema mas não é convertida em trabalho, expressa em pressa em quilovolt-ampère-reativo-hora (kvarh)

- Demanda: a demanda de um consumidor é representada por um média das potências (ativa ou reativa) requeridas do sistema elétrico quando sua carga está em operação, dentro de um intervalo de tempo.
- Demanda Contratada: É a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada, durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW). Vale ressaltar que a ultrapassagem dessa demanda gera multas para o consumidor. A Figura x exemplifica a curva demonstrativa da demanda contratada por um consumidor. SANTOS (2016)

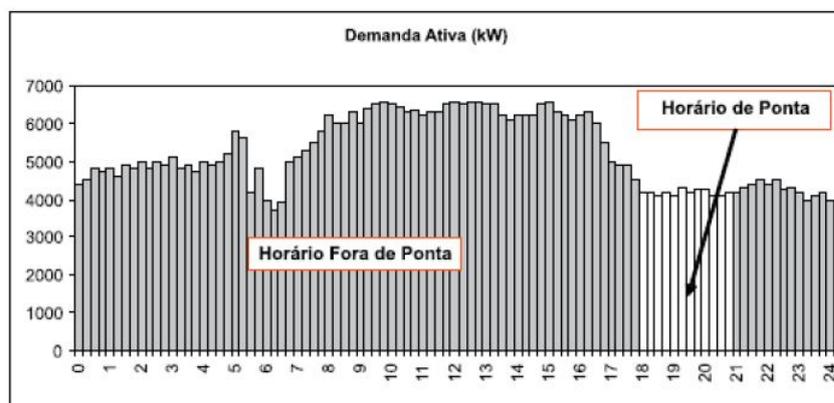
Figura 10 – Curva demonstrativa da demanda contratada por um consumidor.



Fonte: SANTOS et al., 2006

- Horários Fora de Ponta e de Ponta: O horário de ponta (HP) é o período composto por 3 horas diárias consecutivas definidas pela concessionária. Esse horário não se aplica aos sábados, domingos e feriados federais. Já o horário de Ponta representa os demais horários do dia.

Figura 11 – Diferença entre horário de ponta e fora de ponta.



Fonte: SANTOS et al., 2006

Estes horários são definidos pela concessionária em virtude, principalmente, da capacidade de fornecimento que a mesma apresenta.

- **Períodos Seco e Úmido:** O período Seco (S) corresponde ao período de 07 (sete) meses consecutivos iniciando-se em maio e Finalizando -se em novembro de cada ano; é, geralmente, o período com pouca chuva. O período Úmido (U) corresponde ao período de 05 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte; é, geralmente, o período com mais chuva.

SANTOS (2016)

#### 2.4.2 Bandeiras Tarifárias

De acordo com a CEMIG (2016), as bandeiras tarifárias são uma forma diferente de apresentar um custo que hoje já está na conta de energia, mas geralmente não é percebido pelo consumidor. O sistema de bandeiras tarifárias funciona como um "semáforo" que indica a diferença de custo de geração de energia para os consumidores. A cor das bandeiras tarifárias é definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), de acordo com as condições de geração energética.

- **Verde:** a tarifa se mantém a mesma, pois a geração de energia apresenta condições favoráveis.
- **Amarela:** a tarifa é acrescida de R\$0,025 a cada kWh demandado (valor sem impostos), pois essa bandeira mostra condições menos favoráveis à geração.

- Vermelha: a tarifa será acrescida de R\$0,045 a cada kWh demandado (valor sem impostos), pois essa bandeira mostra condições mais adversas para a geração. CEMIG (2016)

### 2.4.3 Estrutura Tarifária

- Estrutura Tarifária Convencional: Esta estrutura é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, independentemente, das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.
- Estrutura Tarifária Horossazonal: Estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir: a) Tarifa Azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia; e b) Tarifa Verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência. ANEEL (2016).

A THS é aplicada ao grupo A, como mostra a Tabela 2

Tabela 2 – Tensão dos subgrupos do grupo A.

Subgrupos	Tensão de Fornecimento
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: SANTOS et al., 2006

Um fator que pode auxiliar a redução do custo da energia é o enquadramento adequado a Tarifa Horossazonal Azul ou Verde. A Tarifa Horossazonal Azul apresenta preços diferentes para demanda de potência e consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de ponta e fora de ponta e para os períodos secos e úmidos, Tabela 3. Já a Tarifa Horossazonal Verde se caracteriza por cobrar diferentes valores de tarifa de consumo de energia elétrica com base nas horas de ponta e fora de ponta e para períodos úmidos e secos. Além de habilitar uma tarifa única pela demanda de potência, Tabela 4.

Tabela 3 – Tarifa Horossazonal Azul

<b>Horário do dia</b>	<b>Faturamento do período seco</b>	<b>Faturamento do período úmido</b>
Ponta- três horas	Consumo – ponta seca	Consumo – ponta úmida
	Demanda – ponta seca	Demanda – ponta úmida
Fora de ponta	Consumo fora de ponta seca	Consumo fora de ponta úmida
	Demanda fora de ponta seca	Demanda fora de ponta úmida

Fonte: CAPELLI, 2013

Tabela 4 – Tarifa Horossazonal Verde

<b>Do dia</b>	<b>Período seco</b>	<b>Período úmido</b>
Hora de ponta	Consumo Ponta seca	Consumo Ponta úmida
Hora fora de ponta	Consumo Fora de ponta seca	Consumo Fora de ponta úmida
Dia todo (24 horas)	Demanda única	Demanda única

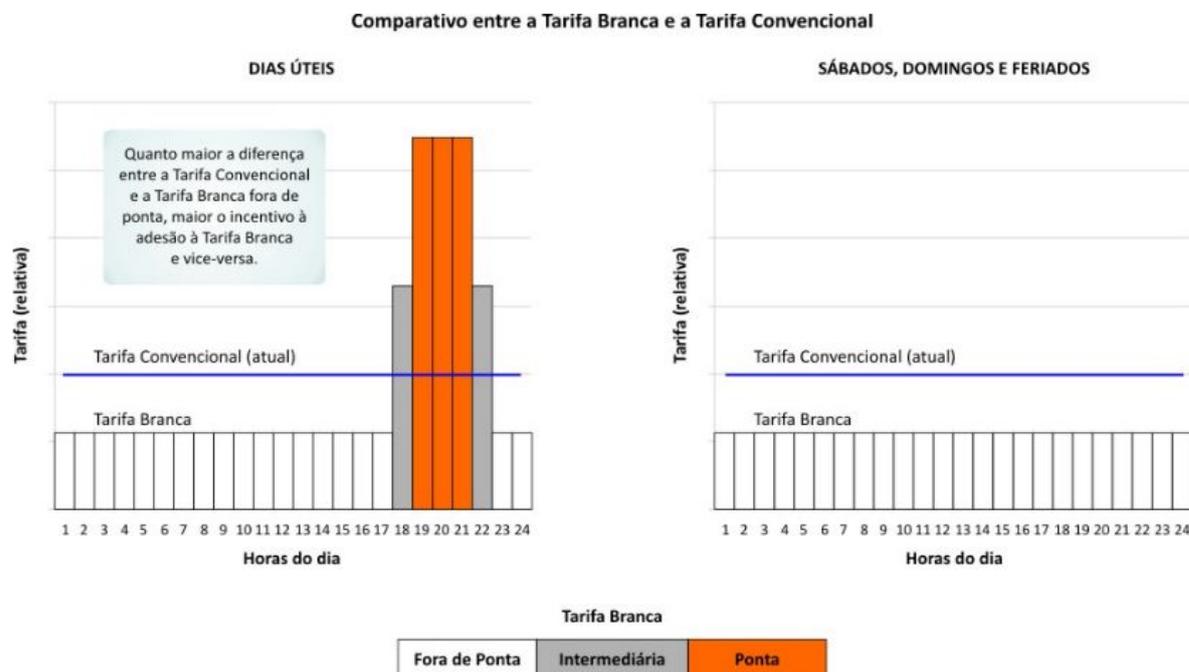
Fonte: CAPELLI, 2013

Consumidores de baixa tensão, grupo B, também pode optar por duas Tarifas: Convencional e Branca. Segundo ANEEL (2019), nos dias úteis, o valor Tarifa Branca varia, dentro da área de concessão, em três horários:

- Ponta (aquele com maior demanda de energia);
- Intermediário (via de regra, uma hora antes e uma hora depois do horário de ponta);
- Fora de ponta (aquele com menor demanda de energia);

Na ponta e no intermediário, a energia é mais cara. Fora de ponta, é mais barata. Nos feriados nacionais e nos fins de semana, o valor é sempre fora de ponta.

Figura 12 – Comparativo entre a Tarifa Branca e a Convencional



Fonte: ANEEL, 2019

#### 2.4.4 Migração de Mercado

Dentro das segmentações que compõe a cadeia de energia elétrica do Brasil, os consumidores podem optar pelo Mercado Cativo ou Livre. Ambos existem paralelamente conduzindo as negociações de compra e venda de energia elétrica e se diferem na forma de contratação desse ativo. No Mercado Cativo, ou Ambiente de Contratação Regulada - ACR, os consumidores são atendidos pelas distribuidoras de energia que possuem concessão para vender energia naquela região. Já no Mercado Livre, a compra é feita pelos consumidores diretamente das comercializadoras, através de contratos bilaterais com condições livremente negociadas, como preço, prazo, volume etc.

Os consumidores que se interessam em migrar para o mercado livre buscam reduzir os custos advindos da compra de energia elétrica, principalmente quando estes representam percentual expressivo em suas despesas, para isso, deve cumprir algumas regras impostas pela legislação, como se enquadrar dentro dos limites de carga. Beenergy (2019)

Tabela 5 – Características para migrar para o Mercado Livre de Energia.

DEMANDA KW	DATA DE CONEXÃO	TENSÃO (KV)	CLASSIFICAÇÃO
Inferior a 500	-	-	Cativo (Não pode migrar para o ACL)
De 500 a 2.999	-	-	Potencialmente Livre Especial
Superior a 3.000	Antes de Jul/95	Inferior a 69	Potencialmente Livre Especial
		A partir de 69	Potencialmente Livre
	Após Jul/95	-	Potencialmente Livre

Fonte: Beenergy, 2019

- Um consumidor com carga superior ou igual a 3MW, que seja atendido em uma tensão maior ou igual a 69 kV, pode escolher como contratar seu fornecimento de energia.
- Um consumidor que se conectou após julho de 1995 e tem carga igual ou superior a 3MW em qualquer tensão, sua escolha é livre.
- Consumidores com carga superior ou igual a 500kW e inferior a 3.000 kW também podem participar do mercado livre, desde que a energia comprada seja oriunda de fontes alternativas.
- Um consumidor com carga abaixo de 500 kW pela legislação é obrigada a estar no mercado cativo.

Dentre as vantagens de migração de mercado, pode-se destacar:

- Existe liberdade de escolha de quem comprar e como comprar energia, negociando livremente os acordos contratuais;
- Os preços da energia em relação ao Mercado Cativo são mais atrativos, trazendo maior economia;
- Maior flexibilidade na compra de acordo com o seu perfil de carga e sazonalidade de consumo;
- Contratação da energia através de contratos bilaterais com preços e condições totalmente negociáveis a longo e curto prazo;
- Melhor previsão orçamentária, pois os índices de reajuste são previamente acordados.

Vale ressaltar que devido a complexidade do Mercado Livre, é necessária uma boa gestão do consumo, evitando comprar mais ou menos energia do que foi utilizado, o que pode acarretar em penalidades e gastos desnecessários;

## 3 Metodologia

### 3.1 Diagnóstico energético

O primeiro passo da auditoria energética é analisar o consumo de energia atual. Para isso deve-se fazer um levantamento de todas as contas de energia em um período de no mínimo um ano. Com esse dado é possível observar a variação sazonal do consumo (caso ocorra), de acordo com cada época do ano. Junto a essas contas, também será possível identificar qual o consumo mensal médio (kWh), a demanda contratada (kW), energia reativa e a tarifa a qual a instituição se enquadra.

Em seguida, uma visita técnica deve ser feita ao local para realização do levantamento de carga, ou seja, tomar nota de todos os equipamentos que consomem energia presentes no local, sua potência(W) e o tempo de utilização(h), para assim traçar a participação de cada equipamento no consumo, através da seguinte fórmula:

A equação (3.1) determina a energia gasta em um período de tempo, onde energia (E), potência(P) e tempo (t).

$$E = Pt \quad (3.1)$$

Para uma análise mais detalhada, principalmente quando os equipamentos estudados no levantamento de carga não possuem uma placa com as informações de potência ou não se sabe o tempo certo de utilização do equipamento, é possível utilizar um Registrador de Energia Elétrica, como o FLUKE 1730. Com esse equipamento é possível registrar continuamente o consumo energético, facilitando na identificação de qual equipamento está gerando maior impacto e sua proporção.

### 3.2 Planejamento

O planejamento é a fase em que se estabelece os objetivos do projeto. A partir do diagnóstico é possível traçar medidas de gestão de energia como reduzir o consumo e desperdício de energia elétrica.

Deve-se portanto realizar o escopo do projeto, com as principais medidas de intervenção como *retrofit* de lâmpadas e motores, etapas do projeto, tempo de duração e insumos necessários para realização do mesmo.

Uma das primeiras medidas que podem ser realizadas a partir do diagnóstico energético é analisar a necessidade de readequação dos contratos de fornecimento de energia elétrica. Além de uma análise de equipamentos com funcionamento no horário fora de ponta (HFP) e horário de ponta(HP), que corresponde a 3 horas consecutivas do dia em que a energia elétrica tem um valor mais caro, optando assim, pelo funcionamento no horário mais barato.

Outro fator que implica no resultado do planejamento é a análise de viabilidade, portanto para cada medida traçada deve ser feita uma análise junto a empresa levantando pontos positivos e negativos da implementação, além do cálculo de *payback*.

### 3.2.1 Retrofit Iluminação

Os sistemas de iluminação nas últimas décadas vêm passando por profundos avanços, em especial aqueles relacionados ao emprego da eletrônica nos processos de ignição, acionamento e promoção da eficiência energética, Zanin (2015).

Existem diversos tipos de lâmpadas no mercado, os principais fatores a avaliar na escolha do produto é a potência (watts-W) do equipamento, quanto mais watts de eletricidade a lâmpada gera, mais potência ela tem. Isto é importante porque quanto mais potência tem uma lâmpada, mais caro fica o custo de energia. Lâmpadas de LED são um dos tipos mais variados disponíveis e a mais nova aposta do setor de construção verde, como forma de diminuir gastos com energia elétrica e preservar o meio ambiente, Sousa (2012).

Quando comparado às lâmpadas convencionais, o LED apresenta melhores resultados economicamente, levando em conta a vida útil e potência. Pode-se observar uma comparação na Figura 13, a seguir:

Figura 13 – Comparativo das lâmpadas presentes no mercado.

EFICIÊNCIA	Menos		Mais	
TIPO				
	COMUM	HALÓGENA	CFL	LED
CONSUMO	40 W	28 W	8 W	4 W
	60 W	42 W	12 W	6 W
	75 W	53 W	15 W	8 W
	100 W	70 W	20 W	10 W
DURABILIDADE	1 ano	1-3 anos	6-10 anos	15-25 anos
ECONOMIA	×	até 30%	até 80%	até 95%

Fonte: Ecosoli, 2017.

Algumas lâmpada tipo LED de 6W tem o mesmo fluxo luminoso que uma lâmpada incandescente de 60 W, ou seja, economia de 53 Watts por hora ou quase 95% de economia. Além disto, a vida útil do LED é 25 vezes maior e o calor que é transferido para o ambiente é menor, portanto, locais climatizados gastarão menos energia para resfriar o ambiente.

De acordo com KROEMER (2007), a iluminância é a quantidade de luz incidindo sobre uma superfície e sua unidade é medida de em *lux*, definido como:

A equação (3.2) determina o tempo de preparação, sendo zero para todas as tarefas fictícias, onde  $lux(lx)$  e  $lúmem(lm)$  sendo a unidade do fluxo luminoso.

$$1lux = \frac{lm}{m^2} \quad (3.2)$$

A distribuição das luminâncias é de crucial importância tanto para o conforto visual quanto para a visibilidade e quando mal feita acarreta no ofuscamento. Vários fatores estão envolvidos quando se trata deste problema, tais como o tamanho da fonte de ofuscamento, altura e sua distância da linha de visão do observador e a intensidade da iluminação geral do local.

A norma NBR 8995-1 define os níveis de iluminância mínimos para a iluminação artificial para os locais onde se realizam as atividades de comércio, ensino, esporte, indústria e outros. Existem tabelas, como a Tabela 6 que especificam a norma para cada ambiente e suas possíveis formas de utilização. LUME (2015)

Tabela 6 – Iluminância para quadras esportivas

<b>Campo</b>						
			Uniformidade Horizontal		Uniformidade Vertical	
Atividade	Eh (lux)	Ev (lux)	min/Max	min/méd	min/max	min/med
Recreação	150		0.4	0.6		
Competição	300		0.4	0.6		
Profissional	500		0.5	0.7		
<b>TVC</b>						
Nacional		1000	0.4	0.6	0.3	0.5
Internacional		1400	0.6	0.7	0.4	0.6
HDTV		2000	0.7	0.8	0.6	0.7
<b>Ginásio</b>						
			Uniformidade Horizontal		Uniformidade Vertical	
Atividade	Eh (lux)	Ev (lux)	min/Max	min/méd	min/max	min/med
Recreação	200		0.4	0.6		
Competição	500		0.4	0.6		
Profissional	750		0.5	0.7		
<b>TVC</b>						
Nacional		750	0.4	0.6	0.3	0.5
Internacional		1000	0.6	0.7	0.4	0.6
HDTV		2000	0.7	0.8	0.6	0.7
Eh = Iluminância Horizontal						
Ev = Iluminância vertical						
Min/Max = relação entre a iluminância mínima e a iluminância máxima						
Min/méd = relação entre iluminância mínima e iluminância média						

Fonte: LUME ARQUITETURA, 2015.

### 3.2.2 Análise luminotécnica

Além do *retrofit* da lâmpadas, uma análise luminotécnica deve ser feita para garantir a qualidade e o enquadramento às normas brasileiras de iluminação. Em campos de futebol, exemplo do estudo de caso, o ofuscamento pode ser evitado traçando-se uma linha imaginária que liga o ponto mais alto do poste ao centro do campo. É necessário fazer um ângulo com a superfície do campo de no mínimo 21 graus. Outro fator é a escolha de projetores de aberturas óticas adequadas e na quantidade certa para o local.

### 3.2.3 Equipamentos para iluminação

Na análise luminotécnica devem ser coletados a iluminância de cada local estudado. Para isso, utiliza-se o Luxímetro, instrumento que mede a intensidade da luz que chega ao sensor. Isso indica a grandeza denominada iluminância (lux) do ambiente averiguado. Os dispositivos desse gênero oferecem muitas variações e praticidade, o que simplificam a utilização e manuseio.

Com essa análise é possível identificar o mau posicionamento, a baixa qualidade e a necessidade de mais lâmpadas.

### 3.2.4 Softwares para iluminação

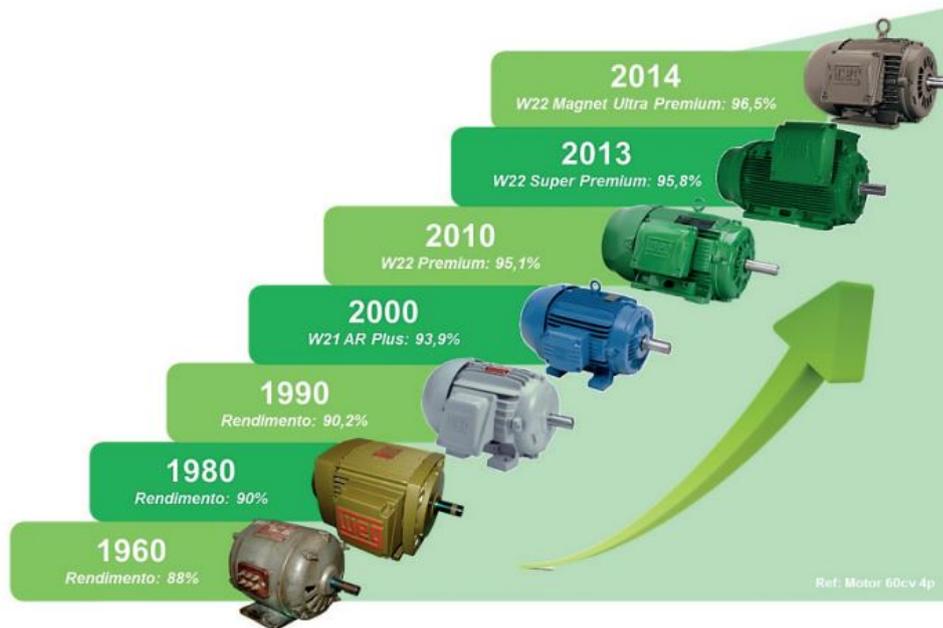
No mercado existem diversos tipos de softwares para simulação luminotécnica, como o DIALux, software gratuito líder mundial para planejamento, cálculo e visualização de iluminação interna e externa. Com esse programa é possível simular o número de lâmpadas e sua luminância em um plano definido em 3D. Dessa forma, evitando o erro de dimensionamento e má adequação as normas. Além disso, o *softwares* comporta pacotes com lâmpadas das principais marcas do mercado, o que facilita na escolha do produto.

### 3.2.5 Retrofit Motores

Segundo dados da Eletrobras, a indústria consome 42% da energia elétrica no Brasil e os motores elétricos correspondem a 70% da energia consumida na indústria. Em média, um motor de alto rendimento economiza de 20 a 30% de energia em relação a um motor tradicional. Além disso, uma boa parte dos motores instalados possui potência maior que a necessária, portanto adequando a potência do motor, haverá mais economia de energia elétrica.(ABESCO, 2015)

Na Figura 14 pode-se observar a evolução dos motores desde 1960.

Figura 14 – Evolução da densidade de potência nos motores elétricos.



Fonte: SEBRAE, 2016

A norma brasileira ABNT NBR 17094-1 estabelece índice crescente de eficiência (IE) para motores elétricos, sendo medidos de acordo com os índices de rendimento (IR), que variam de 1 a 5, da seguinte forma:

- IR 1 - motores padrão.
- IR 2 - motores de alto rendimento.
- IR 3 - motores *premium*.
- IR 4 - motores *super premium*.
- IR 5 - motores *ultra premium*. (ABESCO, 2015)

Atualmente a norma elevou o nível mínimo de IR para motores elétricos de indução comercializados no Brasil, que antes eram de IR 2 e agora passaram a ser de IR 3. De acordo com Filho (2018), a evolução de um nível para o seguinte impõe uma redução de 20% nas perdas do motor a plena carga. Sendo assim, motores na faixa de 1 cv tiveram um incremento de 10% no rendimento dentre os níveis IR 1 e IR 3, Figura 15 .

Figura 15 – Índices de rendimento de motores elétricos



Fonte: WEG, 2016

### 3.2.6 Softwares para motores

Para o auxílio na escolha e *retrofit* de motores, utiliza-se simulador gratuito See+. O *software* simula a aplicação de motores elétricos de alta eficiência com foco na redução do consumo de energia elétrica na indústria. O programa calcula o potencial de economia que o usuário pode obter com a substituição do motor elétrico em operação, queimado ou novo, por um de maior eficiência, através de dados do motor atual ou a ser adquirido como potência, número de polos, número de rebobinagens, quantidade e horas trabalhadas.

### 3.2.7 Análise de viabilidade econômica

Como o *retrofit* de equipamentos nos projetos de eficiência energética requerem um investimento inicial na compra do produto, estudos devem ser feito para calcular a viabilidade financeira dessa etapa e para isso utiliza-se o cálculo de *payback* (período necessário para recuperar o investimento inicial). Segundo Leismann (2016), a partir do fluxo negativo correspondente ao investimento realizado, somam-se os fluxos positivos (ou negativos) das entradas de caixa na medida em que o projeto começa a render resultados. Quando o valor acumulado sair da condição de saldo negativo para a condição de saldo positivo, neste momento ocorre o *Payback*, ou seja tempo de retorno do investimento. Conforme a equação (3.3), dado pelo investimento inicial pelo fluxo de caixa periódico geral.

$$Payback = \frac{Investimento}{Fluxo} \quad (3.3)$$

## 3.3 Gerenciamento do uso e consumo de energia

Durante a aplicação do plano de ação, deve-se conscientizar toda equipe de implementação e funcionários quanto a importância da gestão energética para instituição. A participação de cada um é fundamental para eficácia do projeto e a eliminação de desperdícios.

### **3.4 Monitoramento do desempenho e melhorias**

Após a implementação das melhorias, um novo monitoramento deve ser feito para analisar a efetividade das propostas aplicadas e identificar novas medidas de atuação. Para isso, deve-se fazer uma auditoria interna, que deve ser vista como um processo de auto avaliação buscando novas oportunidades.

Uma medida que pode ser tomada é a implantação de autoprodução de energia utilizando placas fotovoltaicas. Posteriormente, deve-se realizar uma análise do consumo após as implementações e posteriormente dimensioná-las junto aos seus gastos.

## 4 Estudo de Caso

O Ouro Preto Tênis Clube, fundado em 06 de outubro de 1969, também designado pelas iniciais OPTC, com sede na cidade de Ouro Preto, Estado de Minas Gerais, é uma sociedade civil, destinada à prática de atividades desportivas, recreativas e culturais.

Com o objetivo de reduzir as despesas com energia elétrica pagas pela instituição e desperdícios, esse trabalho apresentará um estudo de caso realizado no Clube Ouro Preto Tênis Clube (OPTC). Em virtude de um aumento significativo de 82% na fatura da conta de luz e 30% no consumo de energia elétrica. O foco deste trabalho é voltado para a energia elétrica.

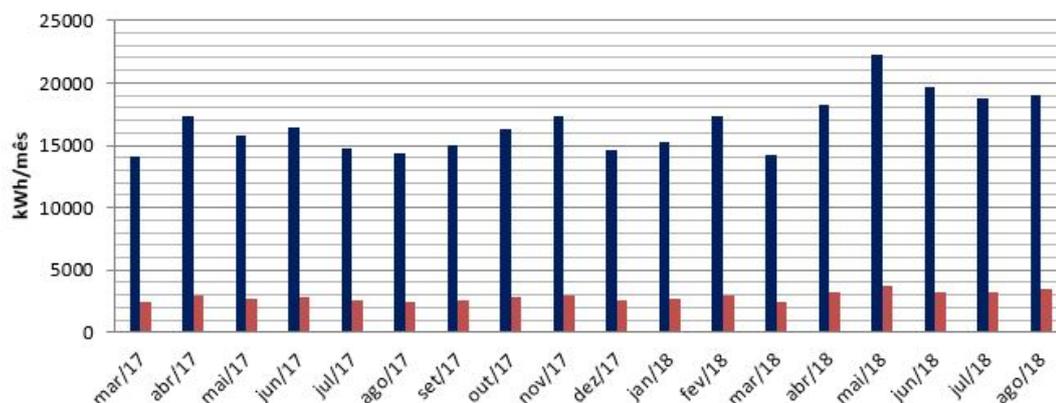
Figura 16 – Fatura do OPTC no início do Estudo

		<b>Acesse o Cemig Atende</b> <a href="http://www.cemigatende.com.br">www.cemigatende.com.br</a>			
<small>Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 052.322136.0087          Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG</small>		<small>Emergências: 0800 723 2827          Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002</small>			
<b>OURO PRETO TENIS CLUBE</b> RUA WASHINGTON DIAS 241 CX BARRA 35400-000 OURO PRETO, MG CNPJ 23.070.816/0001-97		<b>Nº DO CLIENTE</b> <b>7000034960</b>	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3009001475</b>		
		Referente a	Vencimento	Valor a pagar (R\$)	
		<b>AGO/2018</b>	<b>22/08/2018</b>	<b>20.030,03</b>	
<b>NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIEU - Nº012044233 - PTA Nº16.000114527.70</b>					
<b>Classe</b> Comercial	<b>Subclasse</b> Outros Serviços e Outras Ativ	<b>Modalidade Tarifária</b> THS Verde A4	<b>Datas de Leitura</b>		<b>Data de Emissão</b>
			Anterior	Atual	Próxima
			01/07	01/08	01/09
<b>Informações de faturamento</b>					

### 4.1 O contexto do OPTC: aumento do consumo e aumento da demanda

Ao fazer uma análise anual do consumo do clube, notou-se uma leve variação sazonal: o consumo cai um pouco entre julho e setembro e aumenta em janeiro, fevereiro e abril. A partir de abril de 2018, o consumo teve um aumento significativo (30% em média), devido, provavelmente, à entrada em funcionamento de novos equipamentos, conforme Figura 17:

Figura 17 – Consumo mensal do OPTC



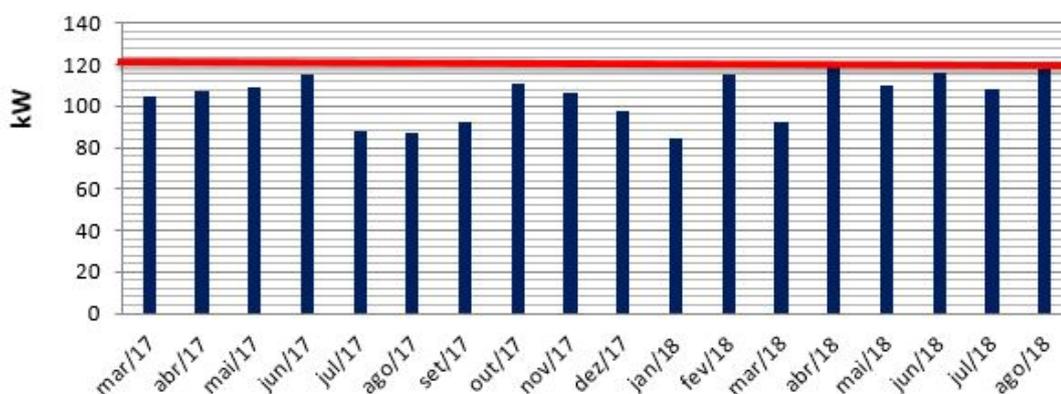
Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 17, a barra pequena (vermelha) representa o consumo no horário de ponta enquanto a barra grande (azul) representa o consumo total do mês.

Vale destacar que as tarifas aplicadas pela CEMIG tiveram um aumento médio de 23% em 28 de maio de 2018, com isso nos últimos meses juntaram dois efeitos adversos para as contas do clube: aumento significativo do consumo num contexto de energia elétrica cada vez mais cara.

A demanda máxima a partir de abril de 2018 também aumentou, a uma taxa média de 15%. A demanda contratada à CEMIG é de 120 kW. O clube estava em uma situação de risco, cada vez mais perto de pagar ônus por ultrapassagem da demanda contratada, como ilustra a Figura 18:

Figura 18 – Demanda máxima de cada mês e limite contratado de 120 kW.



Fonte: Elaboração Própria

## 4.2 Modalidade Tarifária

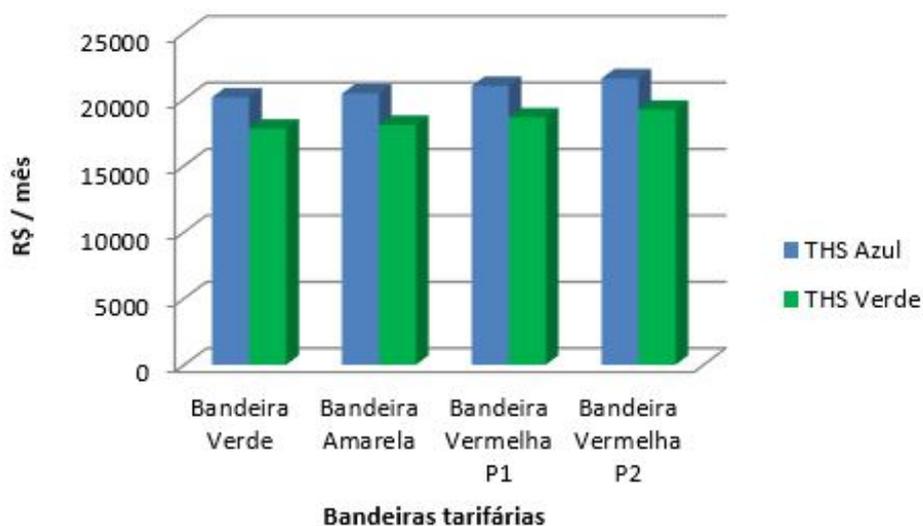
Até abril de 2018, o clube estava enquadrado na modalidade "Comercial, Convencional A4". Em maio de 2018, a modalidade tarifária foi mudada para "Comercial, THS Verde A4". Esta tarifa:

- Distingue entre Horário de Ponta - HP (17h às 20h, de segunda a sexta-feira exceto feriados) e horário de Fora de Ponta - HFP (resto das horas);
- Considera um valor único de demanda ativa contratada (120 kW), válido para tanto para HP quanto para HFP. Há uma tarifa com valores altos para eventuais ultrapassagens dessa demanda contratada.

Há dois tipos de Tarifa Horosazonal (THS) disponíveis: a Verde e a Azul. O resultado do Simulador de Fatura para Cliente Cativo da CEMIG indica que a modalidade "THS Verde A4" é mais vantajosa do que a "THS Azul A4", oferecendo uma economia média de R\$ 2.359.

A figura 19 a seguir ilustra o resultado da simulação para as quatro possíveis bandeiras tarifárias:

Figura 19 – Bandeiras tarifárias



Fonte: Elaboração Própria

Os parâmetros da simulação foram:

Tabela 7 – Parâmetros da simulação.

Demanda Contratada HP - kW	120
Demanda Contratada HFP/única - kW	120
Consumo médio mensal HP - kWh	3.444
Consumo médio mensal HFP - kWh	16.461

Fonte: Elaboração Própria

O simulador da CEMIG usa valores de "fator de carga"fixos que são um pouco inferiores aos do clube (o OPTC possui valores médios na ponta de 50% e de 23% em fora de ponta) mas o resultado da simulação é válido: a modalidade tarifária "THS Verde A4"foi bem escolhida e resulta mais vantajosa do que a tarifa alternativa, THS Azul.

### 4.3 Composição do consumo e usos finais da energia

A potência total instalada no clube é de aproximadamente 213 kW. O Fator de Carga (valor médio dos últimos meses) é de 23% no Horário de Fora de Ponta - HFP e 50% no Horário de Ponta - HP, o que dá uma demanda média de 49 kW durante o HFP e de 106,5 kW no HP. A demanda máxima registrada (valor médio dos últimos meses) está em 113 kW.

A potência total instalada se reparte entre os seguintes tipos de equipamentos:

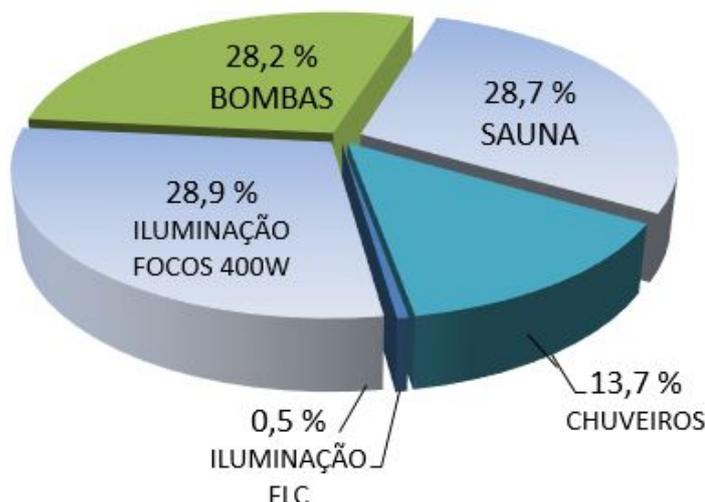
Tabela 8 – Capacidade Total Instalada

Capacidade instalada total	259,8 kW	100,00 %
Iluminação (fluorescente, FLC)	2,3 kW	0,87 %
Iluminação (vapor metálico, focos de 400 W)	52,6 kW	20,25 %
Bombas	20,9 kW	8,02 %
Sauna	54,0 kW	20,78 %
Chuveiros	130,1 kW	50,07 %

Fonte: Elaboração Própria

O consumo de cada aparelho depende de sua potência e do seu tempo de uso. Os chuveiros representam 50% da potência instalada no clube, embora são acionados durante pouco tempo e por isso têm menor participação no consumo total. A Figura 20 a participação de cada tipo de equipamento no consumo total do clube:

Figura 20 – Composição do consumo total em Kwh



Fonte: Elaboração Própria

Com respeito à potência reativa, a mesma se mantém em valores baixos (o fator de potência do clube está em torno de 0,94) o que supõe em torno de R\$ 60,00 na fatura mensal. Apesar de um uso significativo de motores de indução para acionar as bombas, a predominância da carga é resistiva (chuveiros e sauna). Segundo a Legislação Brasileira o Fator de Potência mínimo permitido para as contas de energia é de 0,92. Abaixo deste valor, a Concessionária deve cobrar multa na fatura de energia sobre o consumo de Potência Reativa além dos 8% máximos permitidos

#### 4.4 Análise detalhada da sauna

##### 4.4.1 Ambiente a ser aquecido

Tabela 9 – Ambiente a ser aquecido

Ambiente	Equipamento
Sauna masculina: 5x2x4 = 40 m <sup>3</sup>	Gerador de vapor SODRAMAR, 220 V trif. de 24 kW para 40 m <sup>3</sup>
Sauna seca: 3x2x2 = 12 m <sup>3</sup>	Gerador de calor SODRAMAR, 220 V trif. de 12 kW para 30 m <sup>3</sup>
Sauna feminina: 5x2x4 = 40 m <sup>3</sup>	Gerador de vapor SODRAMAR, 220 V trif. de 18 kW para 30 m <sup>3</sup>

A tubulação de vapor é de ferro e cobre, não isolada. Não há informações sobre a presença de isolamento nas paredes das saunas: o ambiente da sauna seca então deve ser

isolado termicamente com lã de vidro ou isopor; o revestimento interno do cômodo de vapor deve possuir isolamento térmico (verniculita) e azulejo, de preferência.

#### 4.4.2 Horários de funcionamento da sauna

Tabela 10 – Horários de funcionamento da sauna

	Masculina	Feminina	Seca
Terça-feira	17h às 21h	16h às 21h	16h às 21h
Quinta-feira	16h às 21h	17h às 21h	16h às 21h
Sábado	14h às 18h		
Domingo	10h às 17h30		

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.4.3 Sistema Elétrico da sauna

Os equipamentos elétricos da sauna (chuveiros, geradores de calor e vapor, tomadas, iluminação) formam um sistema elétrico trifásico bem equilibrado, centralizado em um único quadro de distribuição, moderno e em boas condições.

Nesse quadro foi instalado um analisador de energia Fluke 1730, cujos resultados principais são apresentados a seguir:

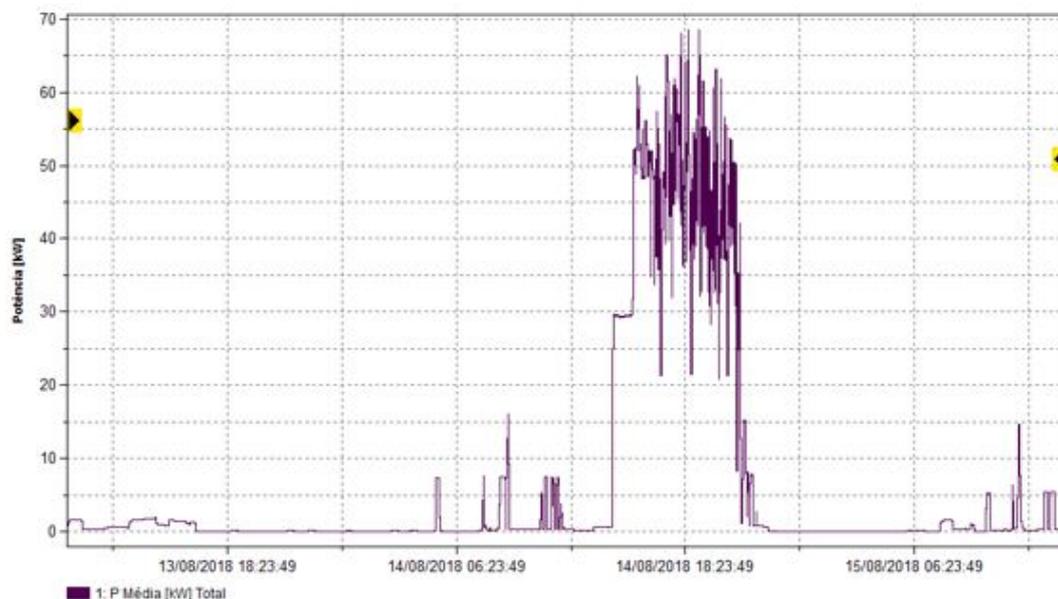
Tabela 11 – Resultados do analisador

Fase	Corrente máxima registrada	Tensões registradas	Potência máxima registrada
A	227,5 A	133,2 a 121,4 V	27,312 kW
B	224,7 A	132,5 a 121,7 V	26,921 kW
C	223,2 A	132,5 a 120,3 V	26,529 kW

Fonte: Elaboração Própria

- Consumo médio total por dia de funcionamento: 332,4 kWh;
- Consumo mensal de kWh HP: 1176 kWh;
- Consumo mensal de kWh HFP: 4008 kWh.

Figura 21 – Curva de carga da sauna



Fonte: Elaboração Própria

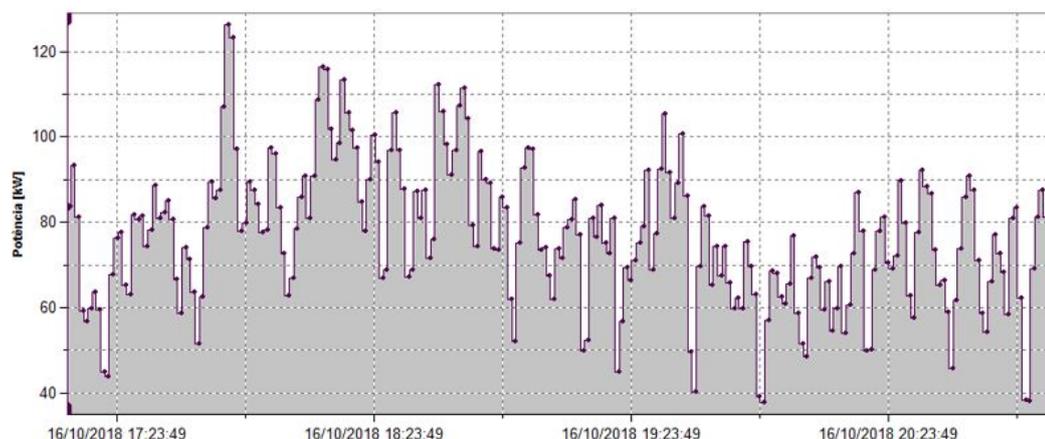
#### 4.5 Gerador a Diesel

O clube adquiriu um gerador a diesel capaz de suprir inicialmente toda sua demanda, este gerador está em bom estado e se mantém operativo (era acionado uma vez por mês para manutenção). Por tanto, esta primeira medida foi colocada em prática com a permissão do clube. Foi realizada a programação do equipamento, bem como o treinamento de funcionário para manter essa programação, já que o modelo em questão não possibilitava autoprogramação mensal. Basicamente o gerador seria ligado sempre no horário de ponta. O custo de operação seria a despesa com combustível e, a cada 250h de funcionamento, a troca de lubrificante e filtros.

Para o valor do diesel comum (em torno de 3,75 R\$/litro, outubro 2018) e a tarifa do clube, a análise econômica indica que compensa acionar o gerador durante as três horas de ponta na maioria dos cenários. Contudo, deve se observar a bandeira tarifária vigente no mês e o fator de carga.

Tal medida funcionou bem nos dias em que não havia a utilização das saunas, os dias em que a sauna era ligada foi queda na geração do gerador instalado. Para melhor entender tal acontecimento, foi realizada a medida da utilização da potência em um dia de sauna. A Figura 22 o representa os resultados.

Figura 22 – Curva de carga da sauna com todos equipamentos em operação



Fonte: Elaboração Própria

A ultrapassagem de demanda às 17h50min, prevista no diagnóstico, deve-se ao fato do acionamento de vários equipamentos ao mesmo tempo. Nesta circunstância, uma medida inicial e provisória seria a mudança no horário de uma das saunas, para evitar a ultrapassagem. Tal medida foi considerada provisória pois, se colocado em prática a segunda proposta de intervenção (mudanças na iluminação) o consumo dessa fonte diminuiria drasticamente permitindo a utilização da sauna em qualquer horário. A utilização do gerador em horário de ponta é de extrema importância e se justifica nos dados abaixo.

Tabela 12 – Consumo Gerador

Carga:	100%	75%	50%	30%
Potência entregue (kW) :	110,0	82,5	55,0	33,0
Consumo de combustível: (litros/h)	31,0	24,2	18,6	13,0

Fonte: Elaboração Própria

Utilizando o gerador a diesel (considerando o preço médio do diesel), o custo do kWh é de R\$1,24. Cada kWh proveniente da CEMIG custa, no HP, entre R\$2,34 e R\$2,41 a depender da bandeira do mês.

Os cálculos foram realizados com um preço médio de diesel na data do diagnóstico. Feita uma cotação mais recente notou-se que dois postos em Ouro Preto fornecem o Diesel, com o valor de R\$3,899 o litro.

Figura 23 – Gerador Stemac



Fonte: Stemac 2018

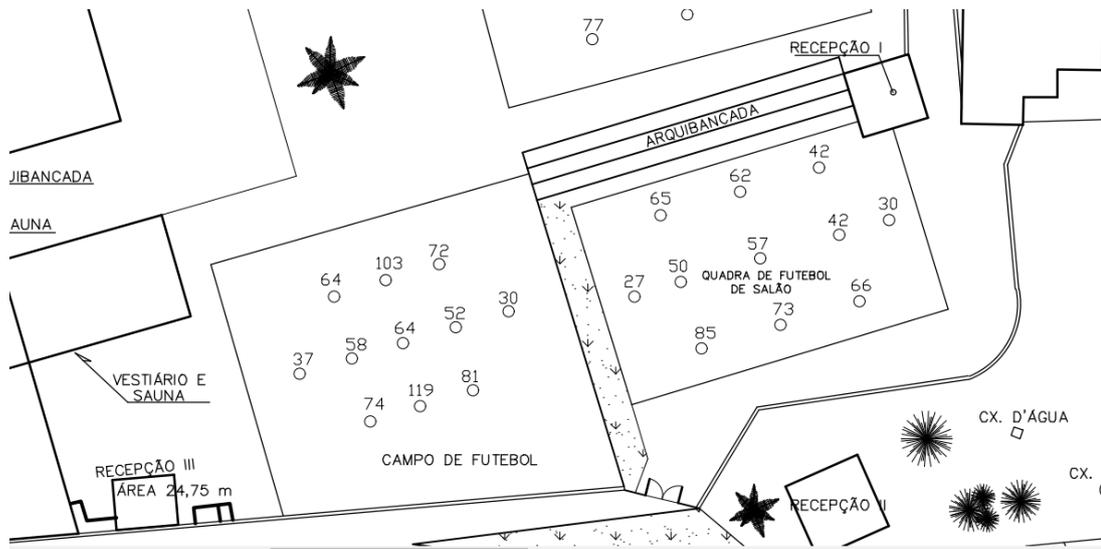
#### 4.6 Substituição de iluminação fluorescente e lâmpadas de vapor metálico por LEDs

A substituição dos aproximadamente 150 lâmpadas de vapor metálico (vapor de sódio) de 400 W atuais por pontos LED de 200 W é uma medida rápida e pode ser realizada gradativamente. O investimento inicial (aquisição dos lâmpadas LED) é elevado, mas se considerarmos as despesas com energia e manutenção e sua maior vida útil, o retorno econômico está garantido, sobre todo em aqueles pontos que são acendidos durante o horário de ponta. As lâmpadas LED entregam a mesma quantidade de luz consumindo até 75% menos de energia. Apresentam vantagens em termos de economia de energia, menor ofuscamento, não perdem potência lumínica com o tempo, dispensam uso de reator e duram 4 vezes mais, o que facilita a manutenção. Em ambientes fechados como a quadra esportiva do ginásio, os LED's têm a vantagem adicional de que esquentam muito menos do que as lâmpadas de vapor metálico.

#### 4.7 Análise Luminotécnica

Foi confeccionada a malha de medição da iluminância de cada quadra, que são apresentadas nas Figuras,24,25,26,27 a seguir, a partir os dados medidos com o luxímetro.

Figura 24 – Quadra de futebol de salão e do campo de futebol



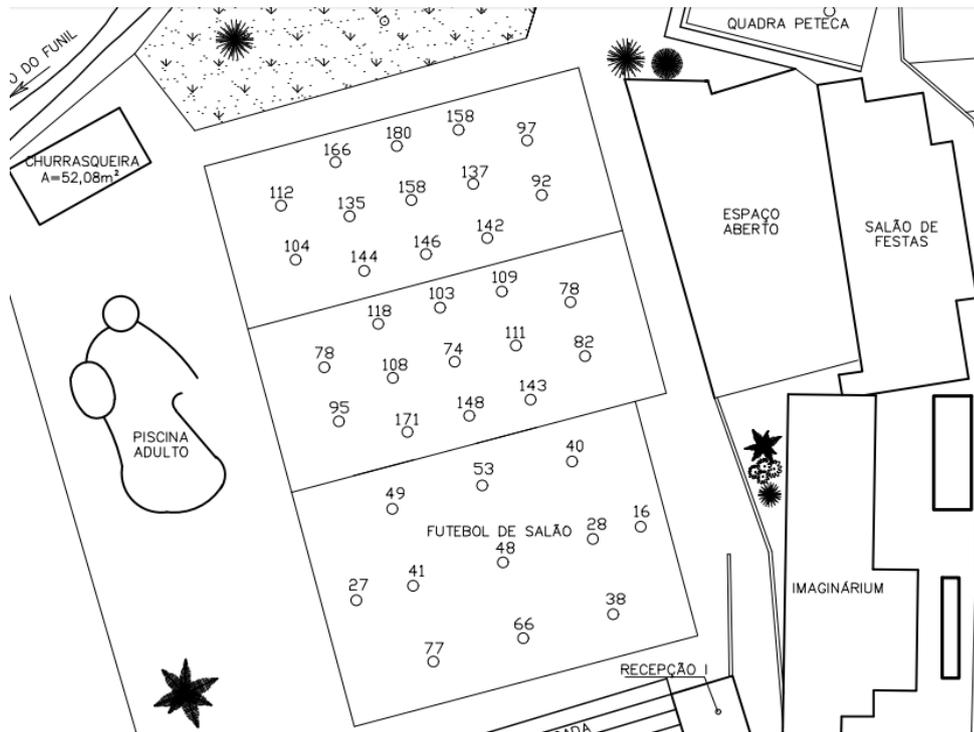
Fonte: Elaboração Própria

Figura 25 – Quadras de peteca



Fonte: Elaboração Própria

Figura 26 – Quadra de futebol de salão e das quadras de tênis



Fonte: Elaboração Própria

Figura 27 – Ginásio e quadra de futebol



Fonte: Elaboração Própria

Pode-se observar a necessidade de adequar o sistema de iluminação local, aumentando assim o fluxo luminoso na quadra. De antemão, infere-se que será necessário trocar os tipos de lâmpadas do local. Desta forma, o ambiente ficaria dentro dos níveis adequados de iluminância estabelecidos pela norma NBR 8995-1, que prevê um nível mínimo de 150-300 lux(a depender da modalidade)para quadras esportivas, proporcionando melhores condições de trabalho.

#### 4.7.1 Seleção de Lâmpadas

Ao se projetar o sistema de iluminação em quadras e campos esportivos deve-se optar por projetores de feixe direto e que possuam a regulação de sua inclinação. É necessário que estes projetores possuam uma capacidade de foco alta e que tenham um feixe de luz regulável, tornando possível o ajuste da luminosidade em áreas do campo onde há pouca ou muita iluminação.

Atualmente existem projetores de alta tecnologia que são elaborados justamente para compensar esse excesso ou falta de luminosidade e que se adequam muito bem a todo tipo de topologia encontrada na arquitetura do local, ao ângulo do feixe e à altura de projeto.

Recomenda-se a utilização de LED por ser uma tecnologia que apresenta maior eficiência luminosa, maior vida útil e baixo custo de manutenção. O projetor escolhido foi da linha LED T4 G3 da Philips.

Figura 28 – Projetor Tango G3 - BVP382



Fonte: Philips 2018

Os LED da Philips incorporam uma avançada tecnologia e oferecem qualidade de iluminação, durabilidade e confiança. O grupo de projetores Tango G3 é a solução ideal para melhorar a iluminação das quadras, ele incorpora sistema óptico, dissipador de calor e possui um material compacto que atende aos padrões de segurança reconhecidos mundialmente. Por serem de tecnologia LED, estes projetores proporcionam um desempenho superior e uma vida útil mais longa, levando a iluminação da quadra a um nível totalmente diferente.

Benefícios da linha:

- Economia de energia: A eficácia do sistema ultrapassa 100lm/W, gerando mais 40% de economia de energia quando comparado a projetores convencionais.
- Livre de substituição de lâmpadas: O tempo de vida atinge 50.000 horas mantendo 70% do fluxo luminoso.
- Baixo custo de manutenção: O corpo com grau de proteção IP66 assegura baixa manutenção sem a necessidade de limpeza interna, resultando em TCO reduzido.
- Flexibilidade: Diversas opções de fecho disponíveis.
- Excelente confiabilidade: Corpo de alumínio injetado com revestimento anticorrosivo.
- Fácil instalação e manutenção: Suporte de montagem em formato universal 'U'. PHILIPS (2018)

Especificações técnicas:

Tabela 13 – Especificações técnicas Tango G3 - BVP382

Tango LED Gen3			
Modelo	BVP381	BVP382	BVP383
Temperatura de cor	3000K / 4000K / 5700K		
IRC	> 70		
Fluxo luminoso (Para NW)	6.000lm (50W) / 8.400lm (70W) / 12.000lm (100W)	14.000lm (120W) / 18.000lm (150W) / 24.000lm (200W)	27.000lm (240W) / 36.000lm (320W) / 40.500lm (360W) / 45.000lm (400W)
Potência	50W / 70W / 100W	120W / 150W / 200W	240W / 320W / 360W / 400W
Eficiência luminosa	NW e CW: 120lm/W; WW: 110lm/W		NW e CW: 110lm/W; WW: 100lm/W
Vida útil	50.000h L70 @35°C		
Ópticas disponíveis	Assimétrica média / Simétrica média / Simétrica aberta		Fechada / Assimétrica média / Assimétrica aberta / Simétrica média / Simétrica aberta
Controle de entrada	DALI / 0-10V opcionais		
Tensão de alimentação	220-240V		
Protetor de surto	15kV/kA		
Fator de potência	0,95		
Material	Corpo em alumínio injetado a alta pressão; junta em borracha de silicone resistente ao calor; fechamento da óptica em polcarbonato		
Acabamento	Pintura cinza alumínio RAL 9007		
Salt Spray	500h		1000h
Classificações	IP66 / IK08 / Classe I		
Peso	5,5Kg	8Kg	12,5Kg
Instalação	Suporte universal em "U"		
Temperatura de operação	-40°C a 50°C		

Fonte: Philips 2018

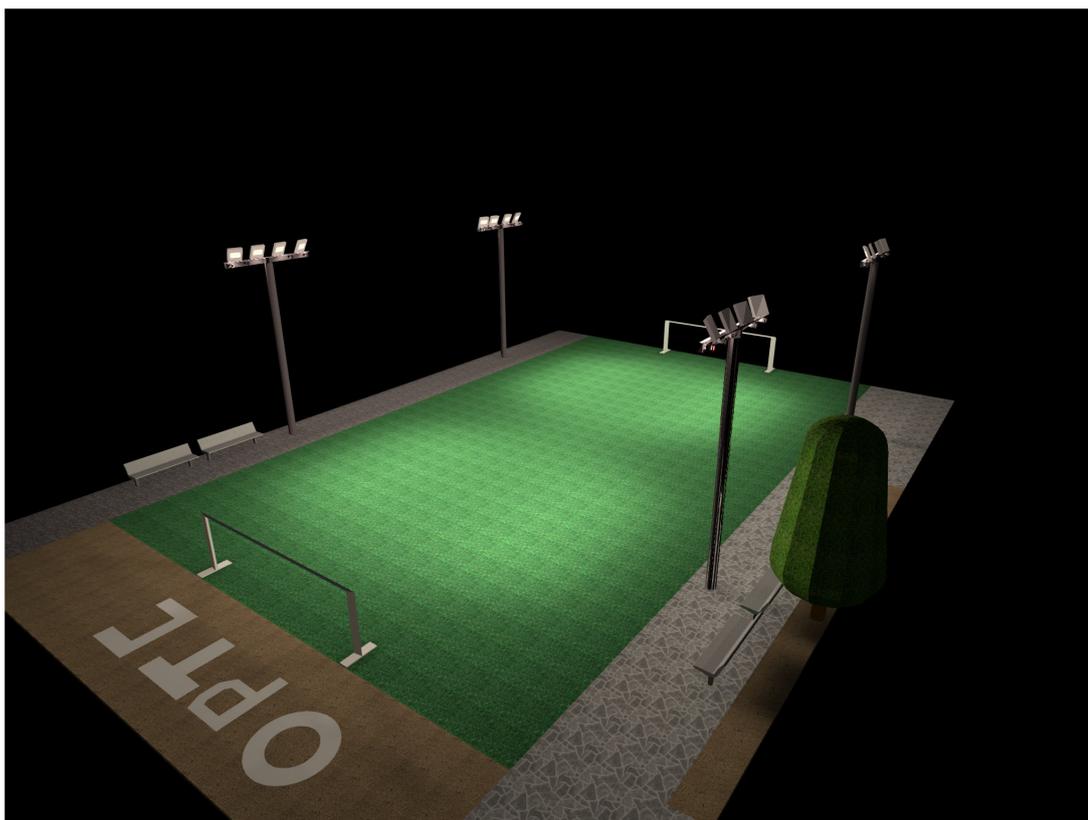
#### 4.7.2 Estudo da Instalação das Lâmpadas

Com a finalidade de estudar melhor a colocação das lâmpadas que foram sugeridas, foi utilizado o programa DIALux, programa no qual é possível simular como ficaria a iluminação das quadras com os novos projetores, simular a colocação dos equipamentos para ter um aproveitamento maior e também é fornecido a distribuição dos lux no plano de trabalho das quadras.

Para prosseguir com esse estudo, focou-se no campo de futebol junto à sauna, o mais alugado pelos usuários para realizar jogos. Tal estudo foi realizado nesse campo, mas pode-se concluir que a proposta de intervenção trará benefícios e mudanças similares para todas as outras quadras/campos que apresentam dimensões parecidas com o campo em estudo.

A Figura 29: representativa como ficaria a iluminação do Campo de futebol junto à sauna.

Figura 29 – Iluminação do campo de futebol junta da sauna com os novos equipamentos



Fonte: Elaboração Própria

Como ressaltado anteriormente, também foi possível simular como seria a colocação das lâmpadas com o objetivo de chegar na melhor distribuição possível da iluminação, conseqüentemente, uma satisfação maior aos usuários. A Figura 30 abaixo representa o

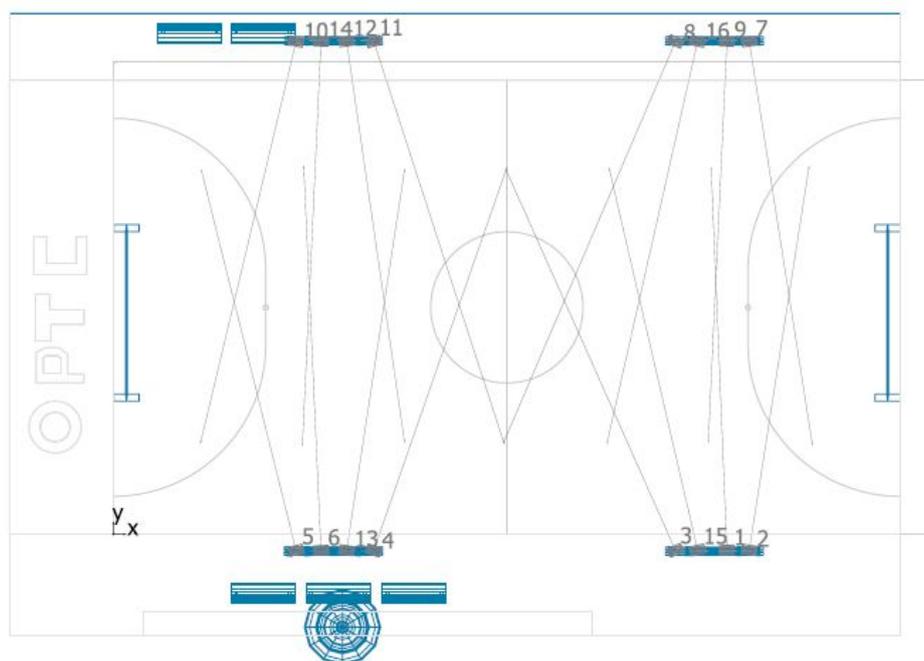
posicionamento dos equipamentos, onde os traços representam para onde as lâmpadas devem ser direcionadas.

Figura 30 – Colocação das lâmpadas, visão de cima



Fonte: Elaboração Própria

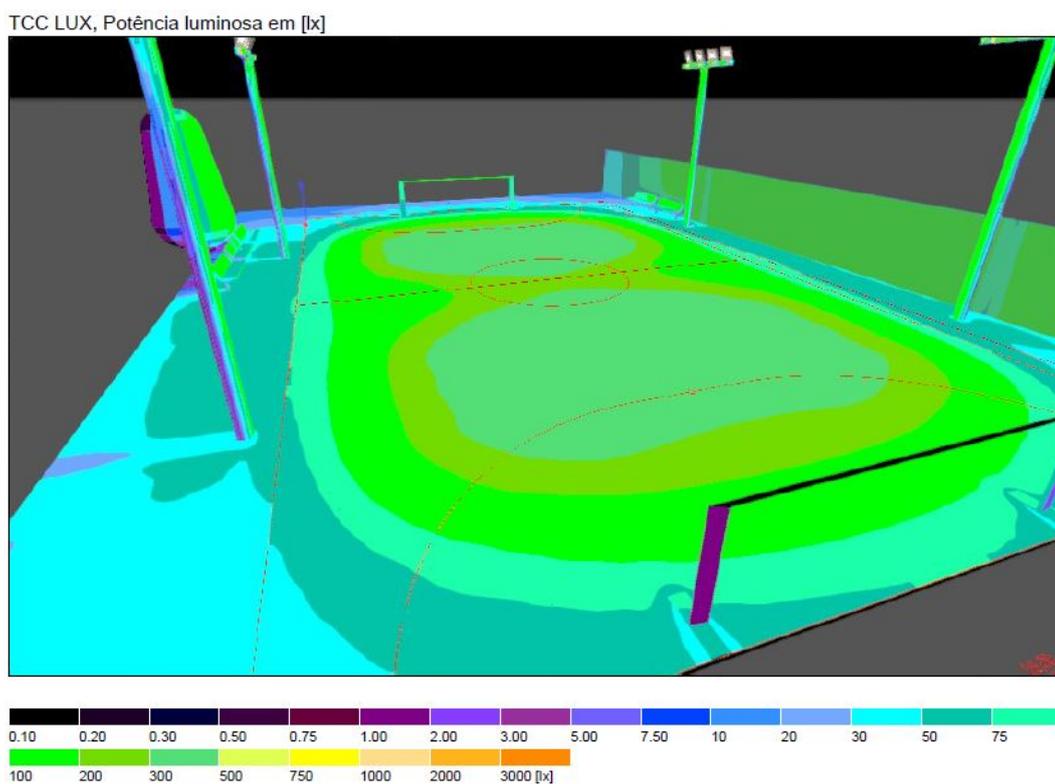
Figura 31 – Colocação das lâmpadas, visão de cima



Fonte: Elaboração Própria

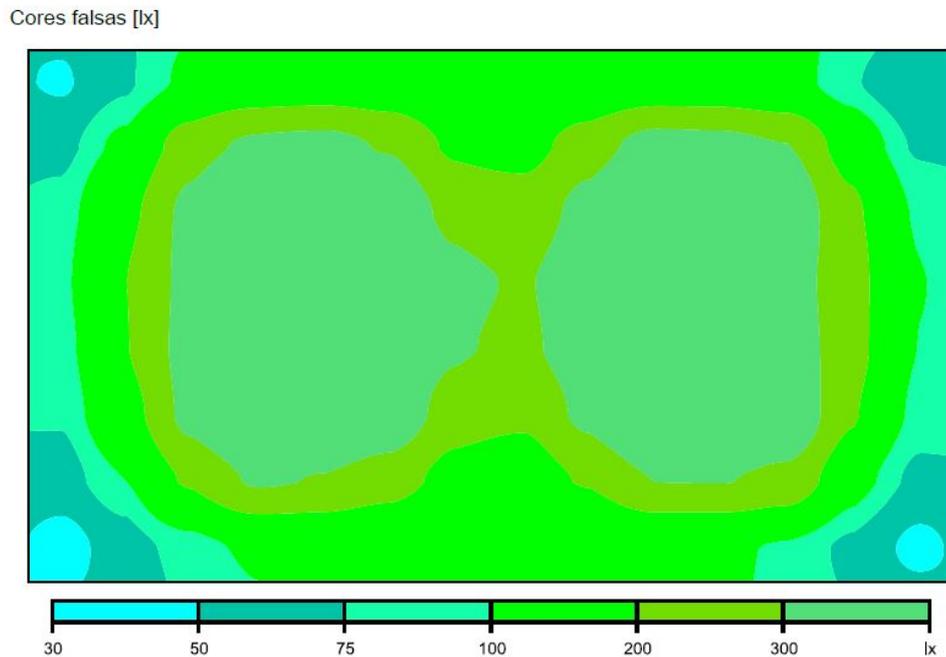
Feito isso, foi gerado o gráfico de cores falsas onde é representado em lux a distribuição da iluminação no plano de trabalho do campo. Sabe-se que quanto maior for a uniformidade das cores nas duas metades do campo melhor então a iluminação está sendo distribuída. A Figura 32 representa o gráfico de cores falsas do Campo de futebol junto da sauna do clube, onde na simulação feita, há uma grande uniformidade nas metades do campo em questão.

Figura 32 – Gráfico de cores falsas



Fonte: Elaboração Própria

Figura 33 – Gráfico de cores falsas



Fonte: Elaboração Própria

A atual situação que o campo apresenta relacionado à iluminação, observa-se que a iluminação sugerida trará uma melhora considerável. Atualmente, o Campo de futebol junto da sauna, apresenta a maior parte dos seus pontos de luminância abaixo de 75 lux, apenas alguns pontos apresentam luminância maior. Outro fator a se considerar é a falta de uniformidade encontrada no estudo da iluminação do plano de trabalho do campo, fatores que seriam solucionados com a colocação correta das lâmpadas e a modificação do modelo de equipamento utilizado.

Outra forma utilizada para analisar a distribuição da luminância que será obtida com os equipamentos sugeridos foi o mapeamento de vários pontos do campo bem como a luminância que será possível encontrar em cada um deles. A Figura 34 abaixo representa o resultado encontrado.

Figura 34 – Grelha de valores

+48	+71	+109	+137	+145	+136	+117	+115	+121	+140	+139	+121	+79	+50
+66	+113	+252	+324	+337	+291	+183	+169	+248	+345	+338	+305	+151	+71
+84	+170	+328	+399	+407	+378	+270	+242	+336	+405	+410	+380	+221	+94
+92	+200	+326	+373	+389	+380	+321	+295	+358	+379	+378	+354	+235	+101
+86	+197	+333	+383	+398	+388	+311	+285	+357	+387	+389	+367	+235	+99
+78	+156	+329	+413	+417	+376	+252	+220	+327	+422	429	+398	+211	+90
+63	+100	+214	+312	+293	+249	+162	+152	+210	+300	+303	+271	+129	+67
42	+62	+85	+108	+115	+112	+105	+106	+102	+110	+108	+95	+69	+45

Fonte: Elaboração Própria

#### 4.8 Análise de custo de energia das quadras

A partir dos dados coletados no diagnóstico de levantamento de carga do clube, foi realizado o custo por hora de cada quadra existente no clube, seja com a atual iluminação, mas também levando em conta se as atuais lâmpadas forem substituídas por LED. Os valores de energia considerados no somatório foram: R\$0,50 no horário fora de ponta, R\$2,41 no horário de ponta e R\$1,41 com o uso do gerador. Vale frisar que os cálculos foram feitos por hora e que a média diária de utilização é de 5 horas.

Em relação ao cálculo da atual iluminação, foi considerado o tempo de aluguel das quadras de uma hora e a partir do preço da vida útil foi calculado o valor de custo R\$0,068 de custo de cada lâmpada por hora.

Tabela 14 – Análise de custos das quadras com utilização de lâmpadas de vapor metálico

Quadra	Potencia(W)	Energia(KWh)	Custo das lâmpadas (R\$)	Preço HFP (R\$)	Preço HP (R\$)	Preço Gerador (R\$)
Campo de futebol junto a sauna	6400	6,4	1,088	4,288	16,512	10,112
Quadra de futebol de salão 1	4800	4,8	0,816	3,216	12,384	7,584
Quadra de futebol de salão 2	4800	4,8	0,816	3,216	12,384	7,584
Quadra de Tennis	6400	6,4	1,088	4,288	16,512	10,112
Quadra de Peteca	2400	2,4	0,816	2,016	6,6	4,2
Quadra de Futebol atrás da peteca	2400	2,4	0,816	2,016	6,6	4,2
Ginásio Coberto	6464	6,464	1,088	4,32	16,66624	10,20224

Fonte: Elaboração Própria

Caso as atuais lâmpadas foram substituídas por lâmpadas de LED, a potência necessária seria a metade da utilizada atualmente e gastos de energia com o aluguel da quadra diminuiriam significativamente como mostra a tabela abaixo.

Tabela 15 – Análise de custos das quadras com utilização de lâmpadas de LED

Quadra	Potencia(W)	Energia(KWh)	Custo das lâmpadas (R\$)	Preço HFP (R\$)	Preço HP (R\$)	Preço Gerador (R\$)
Campo de futebol junto a sauna	3200	3,2	0,72	2,32	8,432	5,232
Quadra de futebol de salão 1	2400	2,4	0,54	1,74	6,324	3,924
Quadra de futebol de salão 2	2400	2,4	0,54	1,74	6,324	3,924
Quadra de Tennis	3200	3,2	0,72	2,32	8,432	5,232
Quadra de Peteca	1200	1,2	0,54	1,14	3,432	2,232
Quadra de Futebol atrás da peteca	1200	1,2	0,54	1,14	3,432	2,232
Ginásio Coberto	3232	3,232	0,72	2,336	8,50912	5,27712

Fonte: Elaboração Própria

As quadras são usadas em média de 5 horas por dia (estimando duas horas fora de ponta e três horas no horário de ponta) e que existem 52 semanas no ano, fica mais fácil mostrar a diferença de gastos com a troca das atuais lâmpadas pelas de LED.

O ginásio é o ambiente que possui maior demanda de energia elétrica, os gastos durante um ano com a iluminação atual comparados com a LED, podem ser reduzidos de R\$15241,00 para R\$7851,00. Ou seja, este exemplo serve para mostrar o grande impacto que a substituição das lâmpadas podem trazer para a diminuir os gastos com energia que possibilita mais lucratividade ao clube.

#### 4.8.1 Cálculo do Payback das lâmpadas

Foi feita uma análise da economia obtida ao substituir as lâmpadas de vapor metálico por refletores LED. Um refletor LED de 200 W de potência equivale a uma lâmpada

de vapor metálico de 400 W, já que ambos possuem o mesmo fluxo luminoso de 24.000 lumens. A vida útil da lâmpada de vapor metálico é de até 12.000 horas, já do LED 50.000 horas.

O investimento necessário para a adequação da iluminação do local é de R\$ 200.200,00 considerando somente os valores dos projetores, já que a instalação pode ser feita pela equipe de manutenção do clube. A potência instalada do sistema de iluminação passaria a ser de 200 W, havendo uma redução de 200 W. A Figura 16 abaixo mostra em resumo os dados de investimento, economia anual em kWh e economia anual em reais.

Tabela 16 – Dados Financeiros

Local	Quantidade de Lâmpadas	Investimento	Economia (kWh/ano)	Economia (R\$/anos)
Campos Society	28	R\$ 39.200,00	8736	R\$ 16.607,36
Quadra de futebol	28	R\$ 39.200,00	8736	R\$ 16.607,36
Quadra de peteca	6	R\$ 8.400,00	1872	R\$ 3.558,72
Quadra de Tênis	42	R\$ 58.800,00	13104	R\$ 24.911,04
Ginásio	16	R\$ 22.400,00	4992	R\$ 9.489,92
Outras áreas	23	R\$ 32.200,00	7176	R\$ 13.642,76
<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>R\$ 200.200,00</b>	<b>44616</b>	<b>R\$ 84.817,16</b>

Fonte: Elaboração Própria

Considerando o investimento e a economia total alcançada com a substituição das lâmpadas de vapor metálico pelas refletores LED, como mostra a tabela anterior, calculou-se o tempo de retorno simples:

Tabela 17 – Tempo de Payback Simples

Local	Payback Simples (anos)
Campos Society	2,4
Quadra de futebol	2,4
Quadra de peteca	2,4
Quadra de Tênis	2,4
Ginásio	2,4
Outras áreas	2,4
<b>Total</b>	<b>2,4</b>

Fonte: Elaboração Própria

Calculando o *payback* da troca das lâmpadas, pode-se observar que em 2,4 anos recupera-se o valor do investimento. Após pagar todo esse valor, a redução dos gastos será de aproximadamente 84.817,16 ao ano. Sendo assim, podemos afirmar que o estudo

da iluminação permitiu obter resultados que torna viável economicamente a substituição das atuais lâmpadas de vapor de VP por lâmpadas LED no espaço do clube.

#### 4.9 Estudo de Viabilidade de Retrofit de Motor

Foi realizado um estudo de viabilidade da troca de motor de uma das bombas do OPTC, sendo ele o mais antigo, adquirido em fevereiro de 2012. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 18 – Especificações do motor

TAG	Potência Instalada	Polos	Carga	Economia (kwh/ano)	Economia (%)	Payback (Meses)
WEG FEV/2012	0,5	2	63	196,81	10,50 %	108

Fonte: Elaboração Própria

Figura 35 – Investimento na Troca do Motor



Fonte: Elaboração Própria

Esses valores obtidos consideram o plano de troca da marca WEG, no qual é incentivada a substituição de motores com baixo rendimento, onde o motor usado serve como crédito de sucata de 12% para aquisição de um novo motor.

Figura 36 – Calculo do retorno Financeiro



Fonte: Elaboração Própria

Sendo assim, os valores utilizados no cálculo se baseiam na substituição do motor da WEG por um da mesma marca, em busca de um maior rendimento e economia ao longo dos próximos anos. Os valores aqui apresentados são considerados uma estimativa e podem ser orçados e confirmados com empresas fornecedoras desses equipamentos.

De acordo com as simulações feitas, não é vantajoso substituir bombas com menos de 6 anos de funcionamento, já que possuem um rendimento satisfatório e pelos cálculos realizados o tempo de *payback* se tornam superiores a 20 anos. A troca será viável à medida que o motor da bomba for sendo rebobinado, já que, essa manutenção corretiva faz com que o mesmo perca até 5% do seu rendimento. Portanto, uma bomba com rendimento abaixo de 70% faz a troca ser vantajosa.

Com isso, o estudo foi embasado no motor adquirido em 2012, sendo o mais antigo e com maior potencial de ganho caso trocado por um novo com maior rendimento.

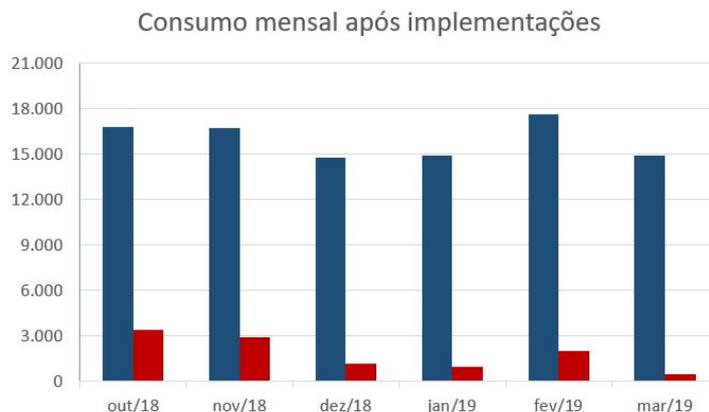
Além da análise de substituição de motores, foi realizado um levantamento dos horários de funcionamento dos motores, que eram ligados aproximadamente 10 horas por dia, de 11h as 21h. Através de teste, foi observado que nos meses de movimentação regular o funcionamento das bombas por 6h supriria a necessidade de limpeza das piscinas e para evitar o custo mais elevado no HP, o horário de funcionamento foi alterado para 9h-15h, evitando portanto a entrada do funcionamento no horário de ponta.

#### 4.10 Resultados Parciais

Até o mês de março de 2019 praticas foram implementadas, tais como: entrada do gerador no HP, troca das lâmpadas em uma das quadras mais movimentadas, troca de horário do funcionamento dos motores e conscientização dos funcionários e sócios quanto ao combate de desperdício de energia. Dessa forma, pode-se observar os resultados em redução no consumo e consecutivamente custo.

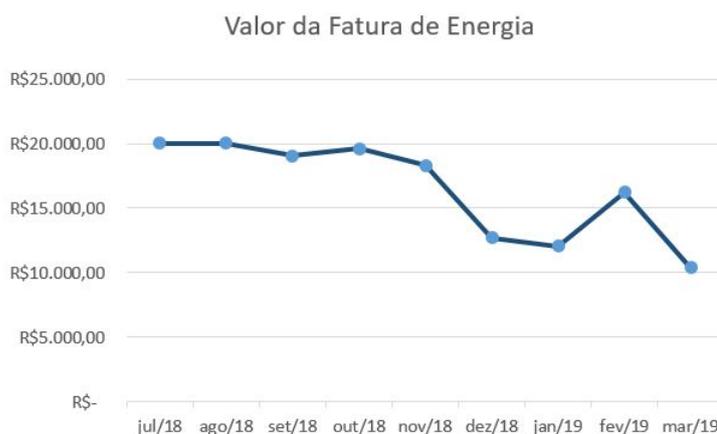
Devido ao elevado custo do investimento, a troca das lâmpadas será feita gradativamente.

Figura 37 – Consumo mensal após a implementação



Fonte: Elaboração Própria

Figura 38 – Valor da fatura nos últimos meses



Fonte: Elaboração Própria

## 4.11 Melhoria Contínua

### 4.11.1 Melhoria no uso do gerador a diesel

Os resultados até o mês de março de 2019, pode-se observar uma oportunidade de melhoria no uso do gerador. Como o modelo "DSE7128" só permitia a programação diária de entrada de carga, o funcionamento do mesmo dependia da pontualidade dos funcionários, que por vezes foram surpreendidos por demandas do próprio clube e acabavam atrasando a programação que deveria ser feita diariamente. No modelo descrito, foram pré-programados o horário de entrada, tempo de funcionamento e outras programações de entrada.

Esse impasse pode ser observado na Figura 39, em que no mês de alta demanda o gerador foi ligado atrasado e teve um impacto significativo na conta de luz.

Figura 39 – Consumo no Horário de ponta



Fonte: Elaboração Própria

Com o objetivo de reduzir a falha humana, foi proposto a substituição do display e componentes do equipamento DSE7120 pelo DSE8620, que possui a função de programação mensal, como meta de reduzir o consumo no HP a zero. Nesse modelo a programação pode ser feita mensalmente, além de possuir um calendário interno que identifica feriados mensais, evitando assim equívocos por data.

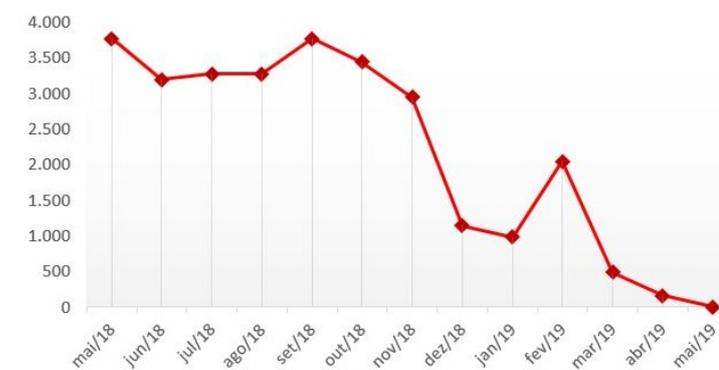
Figura 40 – Display DSE8620



Fonte: Elaboração Própria

Após a implementação do display foi possível zerar o consumo de energia no HP, conforme Figura 41.

Figura 41 – Consumo no HP após a troca do display



Fonte: Elaboração Própria

#### 4.11.2 Placas Fotovoltaicas

Ao dimensionar a quantidade de painéis necessários para suprir a demanda do OPTC, foi necessário coletar o consumo do clube afim de definir o valor da variável "Energia de geração". Para ter resultados mais assertivos, analisou-se os 12 últimos meses e, como apresentado em relatórios anteriores, o consumo médio mensal do clube foi de 19.905 kWh.

A outra variável definida foi o "Tempo de exposição" que é o tempo que os painéis fotovoltaicos ficarão expostos à radiação solar diariamente. Para isso, é necessário definir o valor de Horas de Sol Pico (HSP) de Ouro Preto. Definiu-se o HSP médio mensal da cidade por meio de simuladores, conforme Tabela 19.

Tabela 19 – Irradiação solar diária média mensal

7 km

Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	
5,59	5,83	4,91	4,43	3,94	3,83	4,02	4,95	5,11	5,16	4,79	5,35	4,82	

Fonte: Elaboração Própria

Como também pode-se observar na 19, a média anual do tempo de exposição de Ouro Preto é de 4,82 h/dia.

A soma das potências individuais de cada placa, deverá resultar em 171,277 kW pois assim gerarão a demanda diária do OPTC que é de 663,5 kWh.

Utilizando-se o valor de 171,277 kW pela potência individual dos painéis de 1,95mx1,0m e que geram 330w, obteve-se um número de 519 painéis.

Um valor de grande valia ao se pensar em implementar um sistema solar é a área que o mesmo vai demandar. Como dito anteriormente, o modelo de painel escolhido tem as dimensões de 1,95mx1,0m. Então a área total necessária para a instalações das placas é de 1.012,05 m<sup>2</sup>.

Relacionado aos painéis, por último, é necessário saber qual a melhor inclinação para a sua colocação, aproveitando melhor o seu rendimento e possibilitando uma maior geração de energia. Devido à localização do clube aos painéis devem ser colocados com uma inclinação aproximada de 21° sentido Norte.

Tendo em vista a etapas do projeto de troca de todas a lâmpadas do clube por lâmpadas do tipo LED que consome metade do que é consumido pela iluminação atual, foi calculado o número de placas necessárias para o sistema fotovoltaico caso a iluminação mais eficiente fosse adotada.

O levantamento de carga do OPTC, apresentado no relatório inicial, indicou que a iluminação representa 28,9% do consumo total. O consumo médio mensal foi realizado o cálculo que indicou a representação de 5.752,545 kWh. Ou seja, uma redução de placas para 444 painéis e uma área de 865,8m<sup>2</sup>.

A troca da iluminação atual pela a iluminação sugerida, o possível sistema fotovoltaico poderia conter 75 painéis solares a menos, gerando uma grande economia nos custos com a implementação do sistema, uma diminuição de 146,25 m<sup>2</sup> da área demandada para instalação e expressiva economia na compra das placas.

É indiscutível as vantagens que um sistema de energia fotovoltaica traz para qualquer tipo de instalação, seja ela comercial e até mesmo residencial. A principal dessas vantagens é a econômica, pois com o sistema completo e funcionando perfeitamente é possível quase zerar o consumo de energia, mas cabe aqui ressaltar também a questão ambiental. A consciência ambiental está cada vez mais forte, atualmente as pessoas buscam por locais que degradam menos o ecossistema e é fato quanto esse tipo de geração de energia polui menos que as demais. Atrelado a isso, se implementado, é possível até elaborar uma estratégia de *marketing*, atraindo novos associados.

Com as vantagens e cálculos apresentados, cabe ao OPTC orçar a instalação do sistema (são mais de 400 fornecedores na região) e avaliar com sua realidade econômica.

## 5 Conclusões e considerações finais

O levantamento de carga e a coleta e medições de luminosidade foram essenciais para a realização deste trabalho. Neste caso, foi possível proporcionar à instituição uma visão geral dos seus desperdícios com energia elétrica e os pontos passíveis de melhoria e aprimoramento. Outro dos maiores desafios para o desenvolvimento foi o aprendizado técnico na área de eletrotécnica, necessário para a compreensão dos parâmetros e análises destacadas.

Dentre as medidas tomadas, algumas como a entrada do gerador no HP e o deslocamento de carga das bombas, que não necessitaram de investimento inicial, tiveram impacto considerável na redução dos custos de energia elétrica. Isso mostra que com a gestão adequados dos ativos é possível obter resultados positivos. Já as medidas com investimento inicial, tiveram ótimos tempos de *payback*, o que justificou os investimentos mesmo sendo elevados.

Os resultados do trabalho foram consideráveis, obteve-se uma redução de em média 50% do valor da fatura, passando de R\$ 20.000,00 mensais para R\$10.000,00, além do consumo de energia elétrica no HP ter chegado a 0 Kwh. Sendo assim, conclui-se como satisfatório as medidas implementadas.

O uso da ISO50001 serviu de base para o planejamento e execução do projeto. Essa norma auxilia as empresas a usar a energia de maneira mais eficiente, através da implementação de um Sistema de Gestão de Energia. A adoção desse sistema exige disciplina e mudanças nas práticas institucionais existentes.

Espera-se que a economia gerada até o momento sirva de investimento para aquisição de todos os projetores do sistema de iluminação indicados, para assim, reduzir ainda mais os gastos, e por fim, que a instituição se torne autossustentável através do sistema de geração de energia fotovoltaica.

A Gestão Energética é fundamental para empresas que buscam competitividade no mercado. A norma ISO 50.001 propõe um sistema de melhoria contínua. Por isso recomenda-se continuar monitorando o consumo, para evitar perder parte dos ganhos iniciais obtidos com os projetos de gestão energética, e continuar procurando novas oportunidades de melhorar o desempenho energético da instituição.

## Referências

- ABESCO. *O que é Eficiência Energética?(EE)*: Eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- ABESCO. *ISO 50001 - Gestão de Energia: Iso 50001: 2011 - sistema de gestão de energia*. 2016. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/iso-50001-gestao-de-energia/>>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- ALLIANCE, C. *Gestão de Energia: Guia para aplicação da norma abnt iso 50001*. 2016. Disponível em: <[http://www.abrinstal.org.br/docs/guia\\_gestao\\_de\\_energia.pdf](http://www.abrinstal.org.br/docs/guia_gestao_de_energia.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- ANEEL. *Estrutura tarifária horosazonal: Estrutura tarifária horosazonal*. 2016. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/home?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fhome%3Fp\\_auth%3DXjiJsYM1%26p\\_p\\_id%3D3%26p\\_p\\_lifecycle%3D1%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_state\\_rcv%3D1&\\_101\\_assetEntryId=15852075&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=656835&\\_101\\_urlTitle=estrutura-tarifaria-horosazonal&inheritRedirect=true](https://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fhome%3Fp_auth%3DXjiJsYM1%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=15852075&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=estrutura-tarifaria-horosazonal&inheritRedirect=true)>. Acesso em: 10 out. 2019.
- ANEEL. *relatórios de consumo e receita da distribuição. Brasília*. 2018. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- ANEEL. *Tarifa Branca*. 2019. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- BEENERGY. *Diferenças entre o Mercado Cativo e o Mercado Livre de Energia*. 2019. Disponível em: <<https://beenergy.com.br/mercado-livre-mercado-cativo-energia/>>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- CEMIG. *Bandeiras Tarifárias*. 2016. Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras\\_tarif%C3%A1rias.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras_tarif%C3%A1rias.aspx)>. Acesso em: 10 out. 2019.
- FILHO, G. *Gestão da Energia - Fundamentos e Aplicações*. Editora Saraiva, 2018. ISBN 9788536527543. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=WLdiDwAAQBAJ>>.
- INMETRO. *Etiqueta de eficiência energética: Conheça as informações que a etiqueta traz para você*. 2019. Disponível em: <<https://www2.inmetro.gov.br/pbe/a-etiqueta.php>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- ISO. *ISO 50001:2018: Foreword*. 2018. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-2:v1:en:fig:1>>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- KROEMER, K. *Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem*. Bookman Editora, 2007. ISBN 9788560031290. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=VhB0DgAAQBAJ>>.

LEISMANN, E. *Análise de viabilidade e risco em projetos de investimentos*. Simplíssimo, 2016. ISBN 9788582454138. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=JhjoDQAAQBAJ>>.

LUME. *Iluminação Esportiva: A torcida agradece*. 2015. Disponível em: <[https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/esporte/ed\\_09\\_Aula.pdf](https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/esporte/ed_09_Aula.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2019.

PHILIPS. *BVP382 LED260/CW 200W 220-240V SWB GM*. 2018. Disponível em: <[https://www.lighting.philips.com.br/prof/luminarias-outdoor/sports-and-area-floodlighting/area-and-recreational-floodlighting/tango-g3-bvp38x/911401617105\\_EU/product](https://www.lighting.philips.com.br/prof/luminarias-outdoor/sports-and-area-floodlighting/area-and-recreational-floodlighting/tango-g3-bvp38x/911401617105_EU/product)>. Acesso em: 08 nov. 2019.

PROCEL. *Lei de Eficiência Energética*. 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/lei.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

PROCELINFO. *PROCELINFO*. 2017. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br/main.asp?Team=%7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC%7D>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SANTOS, A. H. M. *Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações*. Itajubá: EFEI, 2016. ISBN 97885352. Disponível em: <<https://www.worldcat.org/title/conservacao-de-energia-eficiencia-energetica-de-instalacoes-e-equipamentos/oclc/50839752>>.

SOUSA, F. J. R. de. *A EVOLUÇÃO DAS TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA E DO SALÁRIO MÍNIMO*. 2005. Disponível em: <[https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema16/2005\\_14301.pdf](https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema16/2005_14301.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2019.

SOUSA, T. *Análise econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por tecnologia led em uma empresa de manutenção de máquinas*. ENEGEP, 2012. ISBN 9788535277432. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_tn\\_wic\\_157\\_913\\_20488.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_wic_157_913_20488.pdf)>.

ZANIN, A. *Análise do Custo x Benefício na troca de Lâmpadas Convencionais por Lâmpadas LED: O Caso de uma Universidade Comunitária do Sul do Brasil*. XXII Congresso Brasileiro de Custos, 2015. ISBN 9788535277432. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/3926/3927>>.