

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - CAMPUS BAMBUÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Christopher Bruno Lamounier

**MODERNIZAÇÃO DA INDÚSTRIA: ESTRATÉGIAS APLICADAS A SHOPPING
CENTERS**

CHRISTOPHER BRUNO LAMOUNIER

**MODERNIZAÇÃO DA INDÚSTRIA: ESTRATÉGIAS APLICADAS A SHOPPING
CENTERS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Gilberto Augusto Soares

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

L236m Lamounier, Christopher Bruno.
Modernização da indústria: estratégias aplicadas a shopping centers. /
Christopher Bruno Lamounier. – 2024.
53 f.; il.: color.

Orientador: Gilberto Augusto Soares.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Engenharia de Produção, 2024.

1. Modernização da indústria. 2. Indústria 4.0. 3. Tecnologias
avançadas. I. Soares, Gilberto Augusto. II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III.
Título.

CDD 338.4

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

Christopher Bruno Lamounier

**MODERNIZAÇÃO DA INDÚSTRIA: ESTRATÉGIAS APLICADAS A SHOPPING
CENTERS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como parte dos requisitos para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em ____ / ____ / ____ pela banca examinadora:

Prof. Gilberto Augusto Soares (Orientador – IFMG/BambuÍ)

RESUMO

Este trabalho possui como tema a Modernização da Indústria: Estratégias Aplicadas a Shopping Centers. Estudo de caso realizado para apontar os benefícios que a modernização da indústria traz, como tendência que transcende setores econômicos, abrangendo também o universo dos shopping centers, que se apresentam como um dos pilares da indústria de varejo. A dinâmica do comércio e o avanço tecnológico impõem desafios constantes aos empreendimentos de shopping, exigindo adaptações e estratégias que estejam alinhadas com as demandas dos consumidores e as expectativas de um mercado em constante evolução. A modernização da indústria de shopping centers é um processo abrangente que envolve múltiplos aspectos, desde a infraestrutura física até a integração de tecnologias avançadas e a criação de experiências memoráveis para os visitantes. Mediante esta problemática, a indústria 4.0 foi o melhor achado para solucionar a demanda de otimização do uso da energia. A Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, refere-se a uma revolução tecnológica que está transformando a indústria de manufatura e produção de bens de forma significativa. Ela se caracteriza pela integração de tecnologias digitais, automação avançada, análise de dados, inteligência artificial e internet das coisas (IoT) nos processos industriais.

Palavras-chave: Modernização da Indústria; Indústria 4.0; Tecnologias Avançadas; Otimização do uso de energia; Internet das Coisas (IoT).

ABSTRACT

This work's theme is Industry Modernization: Strategies Applied to Shopping Centers. Case study carried out to highlight the benefits that the modernization of the industry brings, as a trend that transcends economic sectors and covers the universe of shopping centers, which are one of the pillars of the retail industry. The dynamics of commerce and technological advancement impose constant challenges on shopping malls, requiring adaptations and strategies that are aligned with consumer demands and the expectations of a constantly evolving market. Modernizing the shopping center industry is a comprehensive process that involves multiple aspects, from physical infrastructure to integrating advanced technologies and creating memorable experiences for visitors. Faced with this problem, Industry 4.0 was the best way to solve the demand for optimizing energy use. Industry 4.0, also known as the Fourth Industrial Revolution, refers to a technological revolution that is transforming the manufacturing industry and production of goods in a significant way. It is characterized by the integration of digital technologies, advanced automation, data analysis, artificial intelligence, and the internet of things (IoT) in industrial processes.

Keywords: Modernization of Industry; Industry 4.0; Advanced Technologies; Optimization of energy use; Internet of Things (IoT).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Conceito Smart factory.....	18
Figura 2. Características construtivas de um motor de alto rendimento.....	22
Figura 3. Topologia do Follow Energy.....	26
Figura 4. Dashboards dos insumos.....	26
Figura 5. E-mail de alerta.....	27
Figura 6. Gráficos diários de consumo de energia.....	28
Figura 7. Topologia do Elipse.....	30
Figura 8. Tela de comando da iluminação.....	33
Figura 9. Tela de comando da climatização de salas.	34
Figura 10. Alarme de inconformidade dentro do sistema.....	35
Figura 11. Supervisório Elipse. Sistema de ar-condicionado.....	41
Figura 12. Supervisório Elipse. Sistema de ar-condicionado.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Períodos da Revolução Industrial.	17
Tabela 2. Estruturação da Indústria 4.0	18
Tabela 3. Tecnologias da Indústria 4.0.	20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico de demanda contratada do Shopping 01.....	37
Gráfico 2. Gráfico de demanda contratada do Shopping 01.....	38
Gráfico 3. Gráfico de demanda diário Shopping 01 em 2022.....	39
Gráfico 4. Gráfico de demanda contratada do Shopping 02.....	42
Gráfico 5. Gráfico de demanda contratada do Shopping 02.....	43
Gráfico 6. Gráfico de demanda diário Shopping 02 em 2022.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CPS – Sistemas Cyber Físicos
HP – Horário Ponta
HFP – Horário Fora Ponta
IA – Inteligência Artificial
IOT – Internet das Coisas
LED – Diodo Emissor de Luz
LEDD – *Leadership in Energy and Environmental Design*
SMS – Serviço de Mensagens Curtas
SynBio – Biologia Sintética
TI – Tecnologia da Informação
E3 – Software Elipse
GDCE - Gráficos diários de consumo de energia
GDCS - Gráfico de Demanda Contratada do Shopping
GDDS - Gráfico de demanda diário Shopping

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 METODOLOGIA.....	13
2.1 Classificação da pesquisa	13
2.1.1 Procedimento de coleta e análise de dados.....	13
3 OBJETIVO.....	15
3.1 Objetivo geral.....	15
3.2 Objetivos específicos	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0	16
4.2 Follow Energy	24
5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	26
5.1 SISTEMA DE MONITORAMENTO.....	26
5.2 SUPERVISÓRIO	29
5.3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA NOS EQUIPAMENTOS.....	32
5.4 SOLUÇÃO.....	33
6 SHOPPING CENTERS DA COMPANHIA DO ESTUDO DE CASO E A APLICAÇÃO DO MONITORAMENTO E CONTROLE.....	37
6.1 Demandas de Energia	37
6.2 Shopping 1 - Redução do contrato de demanda.....	38
6.3 Shopping 2 - Redução do contrato de demanda.....	42
7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
7.1 Redução de demandas de energia e de custos.	47
7.2 Shopping 01.	47
7.3 Shopping 02.	48
8 CONCLUSÃO.....	50
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Os dispêndios associados ao consumo de energia constituem os encargos de maior magnitude para uma entidade empresarial. A habilidade de aumentar a produção mediante a utilização parcimoniosa de recursos converteu-se em um fator de extrema relevância para que empreendedores possam preservar a sua competitividade no cenário mercantil (MARQUES; HADDAD; MARTINS, 2007).

A busca pela eficiência energética oferece um leque de vantagens às organizações. Isso abarca desde a preservação dos recursos naturais até a diminuição dos custos de produção, o que, por conseguinte, viabiliza a fabricação de mercadorias mais acessíveis e competitivas (MONTEIRO & ROCHA, 2005).

Ademais, igualmente, a incorporação de práticas eficazes atenua a necessidade de investimentos em infraestrutura, fomentando o incremento do desempenho e o desenvolvimento econômico das empresas. Além disso, se faz necessário que a aplicação e o estudo sobre tecnologias avançadas se tornem cada vez mais costumeiros e usuais.

A gestão dos recursos energéticos em instalações industriais, plantas fabris e estabelecimentos comerciais, por exemplo, shopping centers, engloba a adoção de medidas que incluem a obtenção de informações pormenorizadas sobre todos os processos e atividades que demandam tais recursos. Isso compreende a vigilância dos índices de controle, como o consumo de energia, além da análise dos custos específicos, taxas de utilização e os valores médios contratados, faturados e registrados - fatores que demonstram uma modernização da indústria e de suas aplicações.

A implementação de ações voltadas à otimização e modernização da utilização desses recursos, concomitantemente com a aplicação das tecnologias relacionadas à Indústria 4.0 para a supervisão de dispositivos, máquinas e procedimentos, figura como ferramentas de importância inestimável na administração e engenharia, alavancando a eficácia da produção e, por conseguinte, a redução do consumo de recursos energéticos.

A Indústria 4.0 busca impulsionar avanços nos processos de produção, resultando em melhorias nos produtos, redução das perdas de matéria-prima e, conseqüentemente, na diminuição do tempo necessário para a fabricação de produtos e componentes específicos. Além disso, essa abordagem contribui para a otimização do uso de energia, englobando a modernização do consumo de energia elétrica. Contudo, é imprescindível ressaltar que a implementação da Indústria 4.0 acarreta custos substanciais.

Tais custos envolvem a necessidade de possuir conhecimento técnico avançado por parte da equipe encarregada da implementação, bem como a aquisição de equipamentos, sensores, atuadores e *softwares* de supervisão, além de outros elementos essenciais que viabilizam a utilização da internet das coisas (IoT). Portanto, este presente trabalho tem por objetivo demonstrar dois estudos de caso que caracterizam a viabilização da introdução da Indústria 4.0 em empreendimentos e que, a partir desta implantação, resultados referindo-se à gestão energética e à otimização puderam ser registrados.

2 METODOLOGIA

Neste capítulo, serão expostas as metodologias empregadas na obtenção dos dados deste trabalho de conclusão de curso, abrangendo a descrição da natureza da pesquisa e suas fronteiras definidas.

Também serão discutidas as estratégias para a coleta dos dados, bem como os dispositivos e procedimentos empregados para sua mensuração. Finaliza-se o capítulo enumerando as variáveis que foram objeto de observação durante a realização do trabalho.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa adota uma abordagem prática, que se configura como um elemento essencial na construção do conhecimento, enfocando a consolidação da prática como uma premissa fundamental para a compreensão teórica.

Conforme apontado por Demo (2002), a prática detém um espaço próprio, embora esteja intrinsecamente entrelaçada com a teoria. Ela corresponde, primordialmente, à aspiração inovadora da ciência, que não busca apenas compreender a realidade, mas também transformá-la de maneira significativa.

A pesquisa foi conduzida em uma extensa rede de shopping centers. Conforme ressaltado por Santos, Molina e Dias (2007), a delimitação consiste na definição de uma porção específica dentro de um conjunto maior e deve identificar claramente a área de estudo.

2.1.1 PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Este trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográficas e documentais, sendo empregada a técnica de observação como meio de coleta de dados. De acordo com a definição de Marconi e Lakatos (2017), a observação é um método que envolve a utilização dos sentidos para adquirir informações sobre aspectos específicos da realidade. Isso engloba a prática de ver, ouvir e examinar fatos ou fenômenos com o propósito de análise.

A pesquisa de observação foi realizada em um contexto em que os participantes são membros da mesma comunidade que está sendo investigada. O foco da observação foi direcionado para a análise dos consumos de energia nas instalações do empreendimento. Para isso, utilizaram-se medidores específicos, incluindo medidores de energia elétrica.

Os dados obtidos por meio desses medidores foram registrados e armazenados em uma base de dados especialmente montada pelo autor. O medidor de energia, por exemplo, contou com o auxílio de memória de massa para o armazenamento das informações, interligado com o medidor correspondente.

A coleta de dados deve fornecer informações cruciais para a análise dos valores de consumo e possibilitar a identificação de áreas que necessitam de correções e melhorias nos sistemas em uso. Essa abordagem não apenas permite uma compreensão mais aprofundada dos padrões de consumo, mas também possibilita a implementação de medidas para otimizar o uso de recursos, contribuindo, assim, para a eficiência e sustentabilidade do empreendimento em questão.

Conforme Sampieri (2013), as variáveis são elementos que representam situações definidas e constituem parte integrante do fenômeno em estudo. Neste contexto, as variáveis sob investigação são consideradas como dependentes. No âmbito deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), o procedimento adotado para a coleta de dados fundamentou-se na geração de indicadores, os quais foram obtidos por meio da medição direta *in loco* de cada insumo energético relevante.

As informações quantitativas resultantes dessas medições foram, então, compiladas em uma tabela de dados. Essa estrutura tabular proporcionou uma base sólida para a análise subsequente, permitindo estabelecer relações entre custos e benefícios associados a cada ação implementada nas diferentes áreas de utilidade da empresa em estudo.

Dessa forma, a coleta sistemática de dados e sua posterior análise desempenham um papel crucial na avaliação do desempenho energético da empresa, fornecendo *insights* valiosos para a tomada de decisões informadas e a implementação de estratégias voltadas para a eficiência e a sustentabilidade energética.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O propósito deste trabalho foi realizar uma análise detalhada dos estudos e métricas associados à implementação de projetos de Eficiência Energética, com o intuito de validar a redução do consumo de recursos energéticos em empresas do setor de shopping centers.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter conhecimento acerca dos custos atuais de shopping centers em avaliação, por meio da análise das faturas relativas aos insumos energéticos;
- Compreender o funcionamento interno dos shopping centers, examinando suas operações;
- Avaliar as condições da sala de máquinas e a tecnologia utilizada nos equipamentos;
- Identificar oportunidades de aprimoramento e atualização das instalações elétricas do estabelecimento;
- Sugerir a implementação de um sistema centralizado de monitoramento para as áreas de utilidades;
- Apresentar um relatório sobre os benefícios de eficiência decorrentes da adoção de novos sistemas inteligentes de controle do consumo energético.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Júnior G.G.S (2023), Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 são impulsionadas por um conjunto diversificado de tecnologias habilitadoras que estão redefinindo a forma como as empresas produzem, operam e se conectam com seus clientes. Essas tecnologias são amplamente discutidas e analisadas na literatura acadêmica e empresarial, representando uma mudança significativa no paradigma industrial.

O *Follow Energy* é uma ferramenta abrangente para a gestão de energia elétrica, água e outras utilidades em setores e unidades empresariais. Esta plataforma oferece diversas funcionalidades que podem ser exploradas de maneira simples e eficaz.

Uma das capacidades essenciais do *Follow Energy* é a análise do consumo de energia, água, gás e outras utilidades de negócios. Os relatórios gerados podem ser diários, semanais, analíticos ou mensais. É possível segmentar esses relatórios por grupos, selecionando os pontos de medição principais. Isso permite uma análise abrangente do comportamento de cada medição, incluindo relatórios de metas de consumo e indicadores-chave de desempenho (KPI).

O *Follow Energy* também oferece a funcionalidade de automação para o maquinário principal de uma empresa, permitindo uma previsibilidade e controle de dados que auxiliam na economia de energia elétrica e outras utilidades. A automação abrange cargas como ar-condicionado e iluminação, além de programação de maquinários de acordo com horários exclusivos de funcionamento em diferentes locais, visando reduzir ou eliminar gastos desnecessários.

O sistema fornece, ainda, ferramentas de monitoramento e gestão dos principais indicadores operacionais, o que possibilita identificar oportunidades de melhoria nos processos internos, com painéis de visualização personalizáveis que atendem às necessidades de diversos tipos de usuários.

Além disso, o *Follow Energy* é altamente personalizável, adaptando-se às necessidades específicas de cada empresa. É uma plataforma *online* com acesso por *login* e senha, disponível em diferentes idiomas e com relatórios e configurações de painéis ajustáveis.

Tabela 1 – Períodos da Revolução Industrial.

1ª Revolução Mecanização	2ª Revolução Eletricidade	3ª Revolução Automação	4ª Revolução Conectividade
Máquina a vapor; Tear mecânico	Eletricidade; Indústria do petróleo; Produção em massa.	Energia nuclear; Avanços da eletrônica; Novas tecnologias; Sistemas CAD CAM.	Internet of Things (IoT); Cyber Physical System (CPS); Smart Factory; Indústria 4.0; Logística 4.0.
1784	1870	1969	Hoje

Fonte: Gaspar (2018).

Significativa, com a substituição do trabalho manual por máquinas movidas a vapor??? No século XIX, com a introdução da eletricidade nas linhas de produção industrial, deu-se início à segunda Revolução Industrial, marcada por uma mudança radical na forma como os produtos eram fabricados. Nesse período, destacaram-se a produção em massa e a divisão de tarefas entre os operários nas fábricas.

A partir da década de 1970 até os dias atuais, estamos vivenciando a terceira Revolução Industrial, caracterizada pela incorporação da eletrônica e da Tecnologia da Informação (TI), para aprimorar a automação da produção. Nesse contexto, a literatura tem abordado o conceito da Indústria 4.0, que representa uma evolução significativa na forma como as empresas manufaturam produtos. Um estudo relevante identificado na pesquisa se refere à implementação da Indústria 4.0.

De acordo com essa pesquisa, os produtos em linhas de produção, agora, podem seguir seu próprio caminho de forma automática dentro do processo produtivo. Isso é possível graças aos avanços nas tecnologias de processo e ao desenvolvimento de máquinas inteligentes que são capazes de se comunicar entre si, **por meio da Inteligência Artificial (IA)**. Além disso, a matéria-prima e as máquinas estão interconectadas por meio da Internet das Coisas (IOT), conforme evidenciado em uma pesquisa realizada por Araújo (2017). Essas mudanças representam um avanço notável na indústria, onde a automação e a conectividade desempenham um papel fundamental na otimização e modernização da produção, tornando-a mais eficiente e adaptável às demandas do mercado. Isso ilustra o cenário em constante evolução da indústria moderna, com o objetivo de alcançar níveis cada vez mais elevados de eficiência e produtividade. A Figura 1 e a Tabela 2 fornecem informações adicionais sobre esse desenvolvimento.

Figura 1 – Conceito Smart Factory



Fonte: WEG² (2020).

Tabela 2. Estruturação da Indústria 4.0

Indústria 4.0
Produção diária Indústria 4.0 Digitalização
Impressão 3D e fabricação de ferramentas
Operação humana robotizada Monitoramento de dados

Fonte: Adaptação de Araújo (2017).

A revolução da Indústria 4.0 trouxe consigo uma poderosa ferramenta que está redefinindo a maneira como as fábricas operam: a capacidade de operar em tempo real na fabricação. Esse avanço é um dos pilares da transformação digital que está ocorrendo nas indústrias de todo o mundo.

Nessa nova era da manufatura, os dados desempenham um papel fundamental. Eles são coletados, processados e analisados em tempo real, proporcionando uma visão instantânea e precisa de todas as etapas do processo de produção. Essa operação em tempo real é possível graças aos sistemas de malha fechada, que conectam todos os elementos da fábrica e permitem que a tomada de decisões seja ágil e precisa.

O que torna essa abordagem ainda mais impactante são as vantagens que ela traz para as grandes indústrias. De acordo com Araújo (2017), essas vantagens são notáveis:

- Redução de Custos: a eficiência operacional é maximizada, resultando em uma redução significativa nos custos de produção;

- Economia de Energia: o monitoramento constante dos sistemas permite o uso mais eficiente da energia, contribuindo para a sustentabilidade ambiental;
- Aumento da Segurança: a automação e o controle em tempo real reduzem os riscos de acidentes e melhoram a segurança dos trabalhadores;
- Conservação Ambiental: a otimização dos recursos e o uso eficiente de matérias-primas contribuem para a conservação ambiental;
- Redução de Erros: a automação reduz a probabilidade de erros humanos, garantindo maior precisão e qualidade na produção;
- Fim do Desperdício: o desperdício de materiais e recursos é minimizado, tornando a produção mais sustentável;
- Transparência nos Negócios: a visibilidade em tempo real de todas as operações promove a transparência nos processos de negócios;
- Aumento da Qualidade de Vida: com ambientes de trabalho mais seguros e eficientes, a qualidade de vida dos funcionários melhora.

Essas vantagens não apenas melhoram a competitividade das indústrias, mas também têm impacto positivo na sociedade como um todo. A Indústria 4.0 está moldando um futuro em que a produção é mais eficiente, sustentável e segura, beneficiando não apenas as empresas, mas também o meio ambiente e a qualidade de vida das pessoas. À medida que a tecnologia continua avançando, é emocionante imaginar as possibilidades que ainda estão por vir nesse emocionante caminho da Indústria 4.0.

Conforme apontado pela Development (2020), a revolução da Indústria 4.0 é impulsionada por um conjunto diversificado de tecnologias inovadoras, sendo essas a Manufatura Aditiva (3D), Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IoT), Biologia Sintética (SynBio) e Sistemas Ciber-Físicos (CPS). Essas tecnologias são os pilares que sustentam a transformação radical que está ocorrendo nas fábricas e nas operações industriais em todo o mundo. Na Tabela 3, podemos visualizar mais de perto as tecnologias principais que estão moldando essa revolução.

Tabela 3. Tecnologia da Indústria 4.0

	Manufatura aditiva	Manufatura aditiva, ou impressão 3D, é a adição de material para fabricar objetos, formados por várias peças, constituindo uma montagem.
	Inteligência artificial	É um segmento da computação que busca simular a capacidade humana de raciocinar, tomar decisões, resolver problemas, dotando <i>softwares</i> e robôs de uma capacidade de automatizarem vários processos.
	Internet das coisas	Internet das Coisas representa a possibilidade de que objetos físicos estejam conectados à internet, podendo, assim, executar de forma coordenada determinada ação. Um exemplo seriam carros autônomos que se comunicam entre si e definem o melhor momento (velocidade e trajeto, por exemplo) de fazer um cruzamento em vias urbanas.
	Biologia sintética	É a convergência de novos desenvolvimentos tecnológicos nas áreas de química, biologia, ciência da computação e engenharia, permitindo o projeto e a construção de novas partes biológicas, tais como enzimas, células, circuitos genéticos e redesenho de sistemas biológicos existentes.
	Sistemas ciber-físicos	Sistemas Ciber-Físicos sintetizam a fusão entre os mundos físico e digital. Dentro desse conceito, todo objeto físico (seja uma máquina ou uma linha de produção) e os processos físicos que ocorrem, em função desse objeto, são digitalizados. Ou seja, todos os objetos e processos na fábrica têm um irmão gêmeo digital.

Fonte: Brazilian Journal of Development, *apud* Agenda brasileira para a Indústria 4.0 (2019).

Conforme descrito pela Development (2019), o termo "Indústria 4.0", referente à quarta revolução industrial, originou-se do financiamento de um projeto de alta tecnologia pelo governo federal alemão. O conceito foi mencionado pela primeira vez em 2011 durante uma feira de tecnologia em Hannover. Em 8 de abril de 2013, na mesma feira de tecnologia, e dois anos depois, os princípios e diretrizes para a implementação da Indústria 4.0 foram apresentados ao governo alemão.

Essas diretrizes visavam especificamente aprimorar os processos de produção industrial, diferentemente das aplicações da internet voltadas para uso pessoal, comuns

atualmente. É notável que os Estados Unidos, Alemanha e China despontam como líderes globais na adoção e avanço das renovações em suas indústrias, demonstrando comprometimento significativo com a implementação da Indústria 4.0 (Klaus Schwab, 2016).

Enquanto isso, países como o Brasil e outras nações que não estão classificadas como economias de primeiro mundo têm adotado uma abordagem mais cautelosa e menos agressiva em relação a essas transformações. Seu foco principal é a busca pela competitividade em face da nova realidade de produção estabelecida por essas três potências econômicas globais (André de Oliveira, 2018).

No contexto brasileiro, observa-se um desenvolvimento atual na indústria siderúrgica, com iniciativas voltadas para a implementação da Indústria 4.0, especialmente nas áreas de redução, aciaria e laminação. Essas ações refletem o esforço do Brasil em se adaptar às tendências globais da indústria e garantir sua posição competitiva em um cenário internacional cada vez mais orientado pela tecnologia (Luiz Gonzaga de Sampaio, 2018).

“A substituição de motores elétricos comuns pelos de alto rendimento e a aplicação em larga escala de inversores de frequência para controle dos processos são mais exemplos de vantajosas mudanças para a eficiência energética. Ao lado desses motores mais eficientes em consumo de combustíveis e eletricidade, Aluizio Sales, gerente de Melhoria de Processos e Excelência de Manufatura da International Paper, ressalta a importância da criação de sistemas inteligentes autootimizáveis, que possibilitam encontrar o melhor ponto de operação sem a necessidade de um operador para interpretar o resultado. “Unidades operacionais com um maior reaproveitamento de calor e melhores sistemas de gestão da matriz energética são capazes de diagnosticar mais rapidamente eventuais desvios (Aluizio Sales, 2015)”.

Destaca-se que a simples instalação de equipamentos e tecnologias avançadas não são suficientes para alcançar a máxima redução no consumo de energia, como afirmado por Martin (2013). Para alcançar resultados efetivos, é necessário considerar três fatores fundamentais: tecnologia (incluindo equipamentos, máquinas e automação), operações bem treinadas e metodologias adequadas, além de sistemas e procedimentos operacionais padronizados e sistemas de gestão disponíveis.

O autor continua, dizendo que a ausência de qualquer um desses elementos pode impedir o alcance pleno dos objetivos de eficiência energética. Além disso, ressalta-se a importância da conscientização dos colaboradores sobre a necessidade de reduzir os custos com

energia, a utilização de equipamentos com maior eficiência energética e a implementação de monitoramento e manutenção adequados.

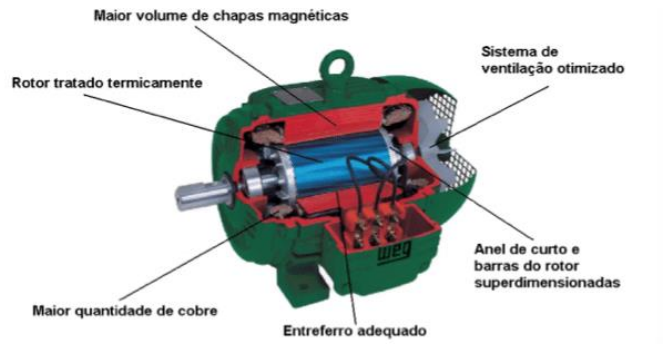
Esses elementos se combinam com a definição de metas e indicadores de desempenho na operação fabril. Outro ponto relevante mencionado é a introdução de um novo modelo no setor elétrico em 2004, que desempenhou um papel significativo na redução dos custos de energia (Martin, 2013).

Nesse novo modelo, a comercialização da energia não utilizada pela empresa passou a ser vista como uma forma eficaz de melhorar a eficiência. Esse modelo trouxe mudanças significativas na gestão da energia e na forma como as empresas encaram o consumo energético, contribuindo para uma abordagem mais eficiente e econômica no uso desse recurso vital.

“O novo modelo do setor elétrico, lançado em 2004, foi um momento importante, com a criação dos dois ambientes de comercialização de energia no Brasil: Ambiente de Comercialização Regulado (ACR) e Ambiente de Comercialização Livre (ACL)”. De acordo com Cristopher Vlavianos(data?), sócio-presidente da Comerc Energia, a criação do mercado livre havia ocorrido em 1995, durante o governo de Fernando Henrique Cardoso, por meio da Lei n.º 9.074, criada com o objetivo de estimular a livre concorrência e, assim, reduzir os custos com energia elétrica para as indústrias a partir da competição entre os vendedores. O mercado livre de energia, porém, recrudescer no Brasil após o fim do racionamento de energia, em fevereiro de 2002. “A redução do consumo elétrico pela população foi tão eficiente a ponto de resultar em sobra de energia no mercado. Esse excedente alimentou a fase de maior expansão do mercado livre, que, desde então, vem atuando com os grandes consumidores de energia de diversas cadeias produtivas” (Martin, 2013).

De acordo com a pesquisa conduzida por (AGOSTINHO *et al.*, 2016), os motores elétricos de alto desempenho emergem como uma alternativa viável e estratégica para a melhoria da eficiência energética. Tal como evidenciado na Figura 2, é possível observar as características construtivas desses motores que favorecem a eficiência energética.

Figura 2. Características construtivas de um motor de alto rendimento.



Fonte: Ramos (2005) apud Agostinho, Rocca, Ferreira e Stefenon (2016)

4.2 FOLLOW ENERGY

Neste capítulo, os benefícios associados à melhoria da eficiência energética e econômica, resultantes da implementação da Indústria 4.0 em shopping centers pertencentes à empresa que serve como foco de estudo de caso serão delineados. Além disso, a variedade de tecnologias utilizadas em cada sistema relacionado à gestão energética será detalhada.

Dados relevantes para quantificar e avaliar o impacto das iniciativas da Indústria 4.0 nos referidos shoppings serão analisados. Para isso, técnicas de coleta de dados, incluindo a medição direta do consumo de energia e a análise de indicadores de eficiência energética, serão empregadas. Essas informações permitirão uma avaliação precisa dos ganhos alcançados em termos de eficiência energética e econômica devido à adoção da Indústria 4.0.

A implementação do software *Follow Energy* em shoppings centers pode resultar em diversas mudanças e melhorias em suas operações relacionadas ao gerenciamento de energia elétrica. Abaixo, estão algumas das mudanças que podem ocorrer:

- **Melhor Gestão de Recursos Energéticos:** a empresa passa a ter um sistema dedicado à gestão de seus recursos energéticos, permitindo um controle mais eficiente sobre o consumo de energia elétrica, água e gás.
- **Acesso a Informações Detalhadas:** por meio dos relatórios gerados pelo *Follow Energy*, a empresa pode acessar informações detalhadas sobre o consumo de energia e outras utilidades em diferentes períodos, o que permite uma análise mais precisa.
- **Análise de Desempenho:** com a capacidade de criar relatórios analíticos e acompanhar indicadores-chave de desempenho, a empresa pode avaliar como está utilizando seus recursos e identificar áreas de melhoria.
- **Automação de Maquinário:** a funcionalidade de automação oferecida pelo *software* permite à empresa programar e controlar o maquinário principal de acordo com as necessidades e horários específicos, resultando em economia de energia e recursos.
- **Redução de Custos:** a previsibilidade e o controle de dados fornecidos pelo *Follow Energy* ajudam a empresa a reduzir gastos excessivos em energia e utilidades.

- **Monitoramento de Indicadores:** a empresa pode monitorar de perto os principais indicadores operacionais, o que permite identificar oportunidades para melhorias em seus processos internos.
- **Personalização:** o *software* é altamente personalizável, permitindo que a empresa o adapte às suas necessidades específicas, garantindo que a solução atenda aos requisitos da organização.
- **Acesso Online:** p *Follow Energy* é uma plataforma *online*, tornando-o facilmente acessível a partir de diferentes locais e dispositivos. Isso pode levar a uma maior flexibilidade na gestão de recursos energéticos.
- **Suporte Especializado:** a disponibilidade de consultores especializados para fornecer suporte e esclarecer dúvidas durante a implementação e uso do *software* ajuda a empresa a aproveitar ao máximo o *Follow Energy*.

5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Abaixo, serão relacionados os shopping centers nos quais foram observadas uma economia significativa nos insumos, bem como uma redução nos contratos de demanda energética. Essa conquista foi possibilitada pelo emprego do sistema de monitoramento *Follow Energy*, fornecido pela *Engie*, juntamente com o supervisor Elipse E3 e uma gestão eficaz dos insumos energéticos. Os dados apresentados a seguir comprovam os benefícios tangíveis obtidos ao se adotar o paradigma da Indústria 4.0 nesse contexto.

5.1 SISTEMA DE MONITORAMENTO

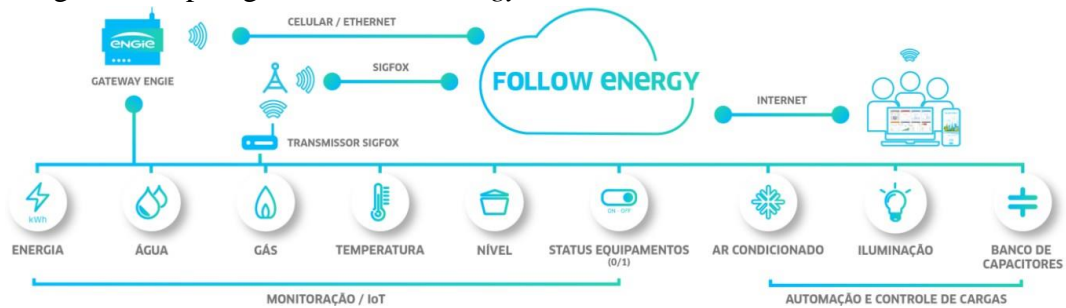
Conforme informações fornecidas pela *Engie*, no ano de 2022, o sistema *Follow Energy* é uma solução dedicada à gestão de energia elétrica e utilidades, oferecida em uma plataforma *online*. Segundo (White RD, Hankins DG, Atkinson EJ, 2001), esse sistema já se encontra em aplicação em mais de 5.200 empresas em diferentes setores industriais. Uma das características proeminentes do *Follow Energy* é a sua capacidade de permitir o monitoramento remoto de uma ampla gama de variáveis de dados.

Além do monitoramento, o sistema também oferece funcionalidades de notificação que alertam os usuários sobre desvios nos padrões de consumo, por meio de comunicações via e-mail ou SMS. Para uma análise mais abrangente, o *Follow Energy* disponibiliza a visualização de dados em gráficos e estatísticas, permitindo uma compreensão mais profunda dos registros obtidos.

Outros destaques relevantes são a capacidade de armazenamento em nuvem e a análise de informações a partir dos dados coletados. O grupo *Engie* oferece ferramentas de análise de relatórios operacionais e gerenciais, proporcionando uma abordagem abrangente para a interpretação e tomada de decisões com base nos dados monitorados.

A comunicação em nuvem, essencial para o funcionamento eficaz do sistema, está representada na Figura 3, ilustrando a topologia de comunicação empregada no sistema *Follow Energy*. Essa estrutura de nuvem desempenha um papel fundamental na coleta, armazenamento e análise dos dados, viabilizando a eficiência e a praticidade no monitoramento e gestão dos recursos energéticos.

Figura 3. Topologia do *Follow Energy*.



Fonte: Engie Soluções.

Conforme informações fornecidas pela *Engie*, no ano de 2022, o instrumento *Follow Energy* oferece a capacidade de criar e superpor painéis de controle, conforme demonstrado na Figura 4. Essa funcionalidade representa uma ferramenta de gestão de informações essencial, que desempenha um papel crucial no acompanhamento e análise dos insumos energéticos em cada unidade submetida a estudo.

Um dos aspectos notáveis do *Follow Energy* é a sua capacidade de personalização dos ciclos de informação, permitindo a adaptação às demandas específicas de monitoramento. Isso engloba a possibilidade de selecionar o tipo de insumo a ser monitorado, bem como o período de análise, que pode abranger intervalos diários, mensais ou anuais, conforme a necessidade.

Essa flexibilidade de personalização proporciona aos gestores e pesquisadores a capacidade de ajustar o sistema de monitoramento de acordo com os requisitos específicos de cada situação, contribuindo para uma análise mais precisa e abrangente dos insumos energéticos nas unidades em estudo.

Figura 4. Dashboards dos insumos.

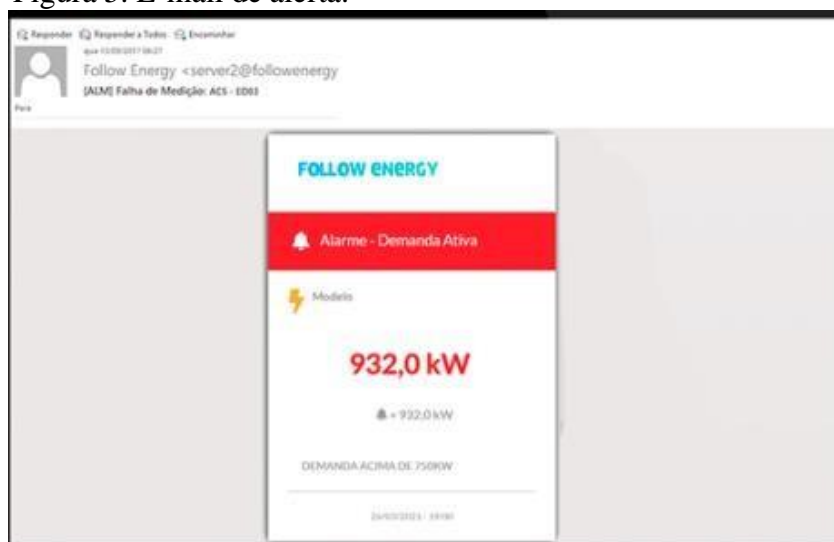


Fonte: Engie Soluções.

O serviço de monitoramento oferecido pela empresa *Engie* inclui a funcionalidade de envio de alertas por meio de correio eletrônico, conforme ilustrado na Figura 5. Esses alertas têm como finalidade principal notificar sobre a ultrapassagem dos limites de demanda e energia contratada, além de indicar a ultrapassagem das metas estabelecidas para consumo de energia, bem como identificar casos de perda de comunicação com a plataforma em nuvem.

Essa capacidade de envio de alertas desempenha um papel crucial na gestão eficiente dos recursos energéticos e na manutenção do desempenho dentro dos parâmetros desejados. Ela proporciona uma resposta proativa às situações críticas, permitindo a adoção de medidas corretivas imediatas quando necessário. Dessa forma, o serviço de monitoramento da *Engie* não apenas coleta dados, mas também fornece um sistema de notificação ágil e eficaz para garantir a eficiência e o controle contínuo dos processos energéticos.

Figura 5. E-mail de alerta.



Fonte: Engie Soluções.

Conforme evidenciado pela *Engie*, no ano de 2022, é possível acessar gráficos diários que representam a demanda de consumo de energia. Um exemplo desses gráficos, cuja principal finalidade é fornecer uma representação visual das tendências e variações nos padrões de consumo de energia, pode ser observado na Figura 6.

Além disso, esses gráficos são fundamentais na identificação de situações críticas, como a ultrapassagem de limites de demanda, o excesso em relação às metas estabelecidas para o consumo de energia, bem como a detecção de problemas de comunicação com a plataforma em nuvem.

Essa visualização gráfica dos dados é uma ferramenta valiosa para a análise e tomada de decisões informadas, uma vez que permite uma compreensão mais imediata e intuitiva dos padrões de consumo ao longo do tempo. Dessa forma, os gráficos diários representam um componente importante do sistema de monitoramento da *Engie*, contribuindo para a eficiência na gestão dos recursos energéticos.

Figura 6. Gráficos diários de consumo de energia.



Fonte: Engie Soluções.

De acordo com as informações fornecidas pela *Engie*, no ano de 2022, o monitoramento das áreas de utilidades de uma empresa representa uma solução de medição remota que desempenha um papel fundamental na abordagem de combate ao desperdício de recursos. Essa abordagem tem como objetivo principal a gestão eficiente dos recursos, com ênfase na economia e no uso responsável dos insumos energéticos.

5.2 SUPERVISÓRIO

O Elipse E3 é a ferramenta de supervisão adotada pela empresa varejista objeto deste estudo de caso para o controle de suas operações. Diversas áreas técnicas, incluindo a sala de máquinas, o salão de vendas e os sistemas de ventilação, exaustão e ar-condicionado, são submetidas à vigilância por meio do centro de monitoramento centralizado da empresa. Nesse ambiente, é utilizado um *videowall* para facilitar a gestão do sistema e monitorar as operações em tempo real.

O *software* Elipse E3 foi concebido para atender aos requisitos mais rigorosos em termos de conectividade, oferecendo maior flexibilidade e confiabilidade. Essa solução de supervisão proporciona a capacidade de controle abrangente das operações da empresa, garantindo a integração eficaz de sistemas e a gestão proativa das instalações.

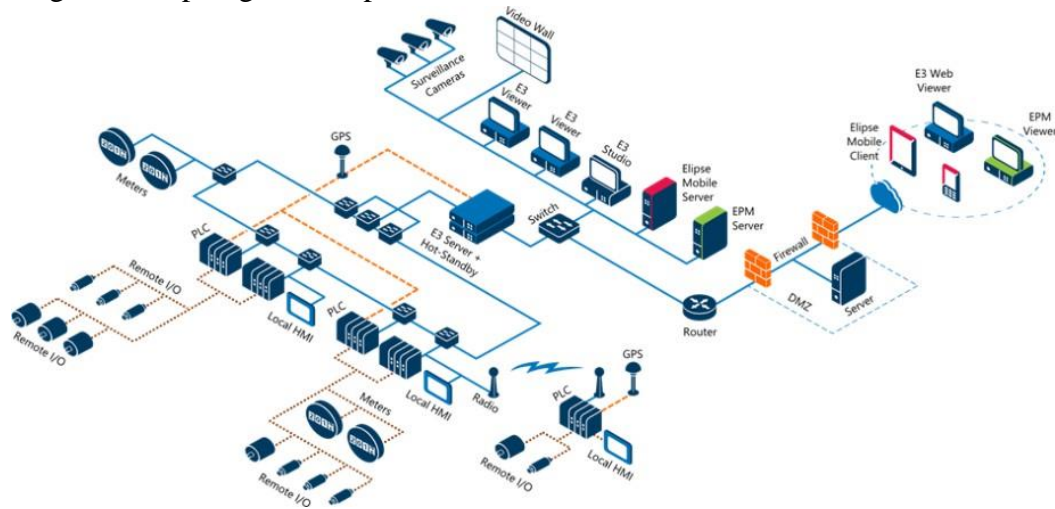
De acordo com informações fornecidas pela Elipse (2015), o *software* E3 foi desenvolvido com base em padrões que asseguram sua adaptabilidade e capacidade de atender às demandas crescentes de monitoramento e controle das operações empresariais, proporcionando uma solução tecnologicamente avançada e confiável para a empresa varejista em questão:

“Com alta performance de comunicação e conectividade com mais de 400 equipamentos, o Elipse E3 oferece recursos avançados de programação para o gerenciamento, em tempo real, de processos industriais, saneamento e infraestrutura, integrando todos estes sistemas em uma arquitetura única. Através da integração com os demais produtos da Elipse, o Elipse E3 compõe uma solução avançada de supervisão, permitindo visualizar e operar o sistema via tablets e smartphones, gerenciando indicadores, alarmes e manipulando grandes massas de dados” (Elipse, 2015).

Conforme destacado pela Elipse, em 2015, o *E3 Viewer* desempenha a função de interface de operação entre o sistema de supervisão e o usuário. Essa interface permite a visualização e operação do sistema a partir de qualquer computador vinculado à aplicação, desde que esteja sendo executada no servidor principal. Uma característica relevante é que não é necessário instalar o aplicativo nos dispositivos dos clientes, uma vez que todas as variáveis, telas interativas, bibliotecas de dados e tags são acessadas e baixadas diretamente do servidor principal onde a aplicação é executada.

Isso resulta em uma abordagem altamente eficiente, uma vez que a manutenção e a atualização do *software* são centralizadas no servidor principal, facilitando a gestão e garantindo a uniformidade da interface em todos os terminais de acesso. A comunicação em nuvem desempenha um papel crítico nesse processo, representada na Figura 7, ilustrando a topologia utilizada no sistema. Essa arquitetura em nuvem possibilita o acesso remoto e a operação eficiente do sistema a partir de qualquer dispositivo autorizado, proporcionando flexibilidade e acessibilidade aos usuários em diferentes locais.

Figura 7. Topologia do Elipse.



Fonte: Elipse E3.

Ao analisar o estudo de caso apresentado sobre os serviços prestados pela E3, é possível destacar e ilustrar as diversas aplicações do *software*, bem como demonstrar os *layouts* das telas e exemplos das variáveis que podem ser controladas de forma remota.

De acordo com as informações obtidas no *site* da empresa prestadora de serviços, a empresa *Engie* possui um notável exemplo de aplicação de energias mais sustentáveis do Brasil. A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), uma distinta certificação para construções sustentáveis, atribuiu 92 pontos ao projeto, que foi construído em conformidade com normas internacionais.

Essa pontuação colocou a *Engie* entre os primeiros colocados no ranking global de eficiência energética, na categoria LEED *Platinum 3.0 Core and Shell*, sendo a segunda na América do Sul. Dentre as características notáveis dessa empresa, destaca-se a utilização de vidros com filtro UVA/UVB, que reduzem em 60% o calor solar, resultando na diminuição da carga térmica interna em 30%.

Este caso da Elipse, apresentado em 2020, evidencia de maneira notável as aplicações práticas do *software* em um contexto de construção sustentável e eficiência energética, demonstrando como as tecnologias de supervisão desempenham um papel crucial na otimização de recursos e na promoção da sustentabilidade em edifícios comerciais de grande porte.

5.3 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA NOS EQUIPAMENTOS

A implantação dos sistemas de monitoramento e supervisão mencionados segue um processo organizado pela empresa contratada e pode variar de empresa para empresa, mas os processos são parecidos. Inicialmente, a empresa de monitoramento faz uma visita técnica ao local, identifica os ativos industriais a serem monitorados e todos os dados coletados vão para uma avaliação técnica, com os principais dados de necessidade do cliente que serão dispostos na plataforma de forma personalizada. Com base nessas informações, são instalados estrategicamente dispositivos de medições inteligentes em cada equipamento, posicionados em todas as áreas técnicas dos shoppings, nos quais se concentram os ativos industriais.

Na próxima fase, os dispositivos instalados vão garantir que as medições aconteçam em tempo real, informando os dados captados aos leitores, sendo esses equipamentos responsáveis pela integração de tais dados dentro da plataforma de supervisão.

Na tela da plataforma, os dados já tratados retornam com as informações desejadas imputadas na avaliação técnica no começo do processo de implantação, além de informações como anomalias, picos de demanda em épocas de altas tarifas e sugestão de otimização energética.

A comunicação dentro do monitoramento se dá pela inteligência do sistema, que possibilita tomadas de decisões assertivas em resposta ao comportamento do consumo energético, reduzindo consideravelmente os custos com energia, que, além do benefício financeiro, pode-se considerar também sustentável. Dessa forma, além de se conseguir mensurar e canalizar os dados obtidos em tempo real do consumo de cada ativo, é possível, também, criar estratégias para alcançar um patamar de eficiência energética a um custo satisfatório.

O custo inicial associado à implantação e manutenção desses sistemas pode, à primeira vista, parecer substancial, devido à compreensão da funcionalidade do sistema e do entendimento de que é uma tecnologia da Indústria 4.0, dentro de uma realidade também macro, com equipamentos industriais financeiramente muito avaliados no mercado. No entanto, o investimento é irrisório e, nesse contexto, diluído nas tarifas condominiais de obrigação dos lojistas. Estes medidores não somente possibilitam à administração analisar o contexto do espaço comum do shopping como também as áreas específicas, como as lojas. Em ocasiões passadas, a medição do consumo kWh era feita manualmente, com o fator humano sendo empregado mês após mês, cobrança após cobrança. Como esta tecnologia é benéfica também

para os lojistas, conseguimos embutir este valor rateado nas despesas tanto específicas quanto comuns do empreendimento.

O ponto-chave é que a implantação dessas tecnologias não implica em custos exorbitantes nem ao proprietário nem aos lojistas, tornando o processo financeiramente viável e descomplicado nesse contexto.

Os custos para implantação de cada medidor em um shopping, seja específico para lojista ou para os ativos industriais, podem ser observados da seguinte forma:

- R\$191,08 por cada instalação de medidor;
- R\$41,29 mensais pela locação de cada medidor;
- R\$25,02 mensais pela utilização da plataforma de controle.

Logo, os valores totais sempre serão proporcionais à quantidade de medidores instalados em um empreendimento, ou seja, quanto maiores as quantidades, maiores serão os valores cobrados. Entretanto, os equipamentos que são utilizados para mensurar o consumo de ativos industriais que trabalham para o bem comum do espaço (ar-condicionado, iluminação...), são rateados entre os lojistas e cobrados no boleto como despesas comuns, fato que corrobora a eliminação, quase em sua totalidade, do ônus para o empreendedor.

Além disso, a implantação não necessita de nenhum equipamento compatível com o sistema, o que elimina a necessidade da troca de bombas, modelos de elevadores ou quaisquer outros pontos elétricos a serem mensurados, uma vez que o dispositivo realiza a medição nas fases elétricas que chegam no equipamento, detectando, assim, informações ao leitor em tempo real.

5.4 SOLUÇÃO

Conforme informações obtidas pela Elipse, é possível constatar que o *E3 Viewer* desempenha um papel abrangente no monitoramento e controle de diversas funcionalidades em um ambiente específico. Entre as áreas supervisionadas, estão a iluminação, climatização, portas, reservatórios de água, estacionamento, sensores de chuva, bombas de recalque, exaustores e sistemas de irrigação dos jardins.

Para exemplificar, no caso do controle da iluminação, o sistema foi segmentado por pavimentos. Para operar as luminárias no salão de entrada, por exemplo, o operador do sistema de supervisão precisa apenas clicar na representação gráfica correspondente à lâmpada ou conjunto de lâmpadas na tela que representa a planta baixa do local. Esta abordagem é ilustrada

na Figura 8, a qual foi fornecida apresentando as informações mencionadas na interface de controle e automação do supervisor.

Essa funcionalidade demonstra a capacidade do E3 Viewer em proporcionar um controle detalhado e eficiente de diversos sistemas, facilitando a gestão e o monitoramento das operações em um ambiente específico. Além disso, essa interface intuitiva contribui para a otimização do uso de recursos e para a eficiência operacional em instalações comerciais e industriais.

Figura 8. Tela de comando da iluminação.



Fonte: Elipse E3.

A função de um sistema supervisor de climatização controla equipamentos de ar-condicionado, como *chillers* e *fancoils*, em edifícios. O supervisor tem a capacidade de ligar ou desligar esses equipamentos, ajustar suas temperaturas e potências de acordo com a demanda de cada área e selecionar entre os modos de refrigeração ou aquecimento. Além disso, ele oferece a funcionalidade de programação de operação com base em um calendário.

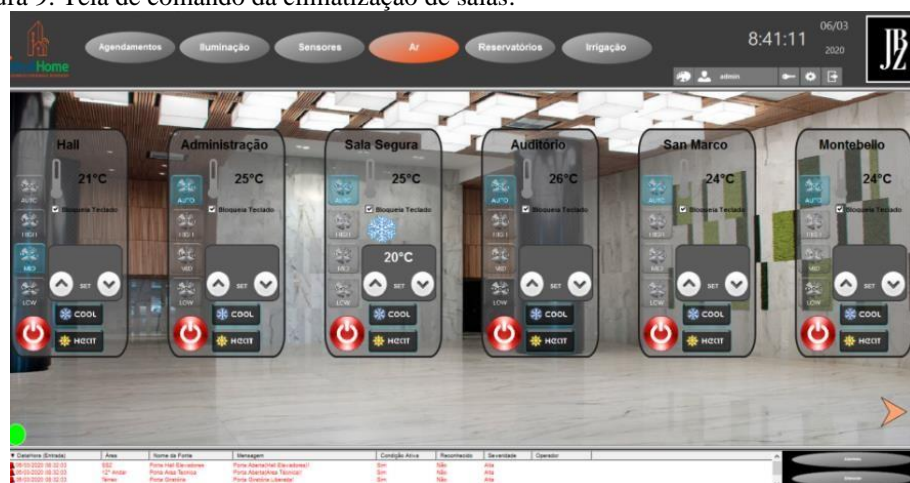
Essa programação permite que os controladores dos equipamentos sejam configurados para iniciar e parar em horários específicos, de acordo com as necessidades operacionais do empreendimento. Isso é particularmente útil para otimizar o uso de energia e manter um ambiente confortável em diferentes áreas do prédio.

O sistema supervisor desempenha um papel fundamental na gestão eficiente da climatização, garantindo que os equipamentos funcionem de forma adequada, econômica e ambientalmente sustentável. Ele também oferece a capacidade de monitorar o desempenho do

sistema, diagnosticar problemas e fazer ajustes em tempo real, contribuindo para o conforto e bem-estar dos ocupantes do edifício.

Além disso, a Figura 9, mencionada no texto, representa a interface gráfica do sistema supervisor de climatização, onde os operadores podem visualizar e controlar os equipamentos, configurar programações e acessar informações relevantes sobre o sistema de climatização do prédio. Essa interface facilita a operação e manutenção eficazes do sistema de climatização.

Figura 9. Tela de comando da climatização de salas.



Fonte: Elipse E3.

A funcionalidade de alarmes programáveis dentro de um sistema é destinada a fornecer alertas e notificações para facilitar a detecção e resolução rápida de problemas. Esses alarmes podem ser acionados em resposta a diversas situações, agilizando a resposta a eventos indesejados.

Um exemplo mencionado é a detecção de anomalias simples, como a abertura indevida de portas. Quando tal evento ocorre, o sistema, chamado de E3, ativa um alarme que inclui um sinal sonoro audível e uma janela *pop-up* vermelha na tela, exibindo informações detalhadas sobre a ocorrência.

Esse tipo de funcionalidade é extremamente útil em ambientes em que é importante manter o controle de situações específicas em tempo real. A representação visual desse disparo de alarme, na Figura 10, mostra como a notificação aparece na interface do sistema, tornando a identificação e a resposta às anomalias mais eficazes.

Além disso, sistemas de alarme programáveis podem ser configurados para lidar com uma ampla variedade de cenários, desde questões de segurança, como intrusos, até problemas operacionais, como falhas de equipamentos. Isso ajuda a melhorar a eficiência

operacional e a segurança em diversos contextos, como edifícios comerciais, industriais e residenciais, contribuindo para um ambiente mais seguro e eficaz.

Figura 10. Alarme de inconformidade dentro do sistema.

The screenshot displays a software interface for a security system. At the top, there are navigation buttons for 'Agendamentos', 'Iluminação', 'Sensores', 'Ar', 'Reservatórios', and 'Irrigação'. The current time is 8:36:01 on 06/03/2020. A central window titled 'Alerta' shows a red background with the text 'Existem Porta(s) Aberta(s)' and 'Solicite Para Portaria Fechar a Porta'. Below this, there is a 'Silenciar' button and a table of events.

Datahora (Evento)	Area	Nome da Porta	Mensagem	Condição Ativa	Reconhecido	Operador	Severidade
18-03-2020 08:32:03	S32	Porta Hall 03-Admões	Porta Aberta! (Ex-Admões)	Sim	Não		Alta
18-03-2020 08:32:03	12º Andar	Porta Area Técnica	Porta Aberta!Area Técnica!	Sim	Não		Alta
18-03-2020 08:32:03	Torre	Porta Diretoria	Porta Aberta! Diretoria!	Sim	Não		Alta
18-03-2020 08:32:03	S31	Porta Lixo	Porta Aberta!Área Lixo!	Sim	Não		Alta

Fonte: Elipse E3.

6 SHOPPING CENTERS DA COMPANHIA DO ESTUDO DE CASO E A APLICAÇÃO DO MONITORAMENTO E CONTROLE

Neste item, serão apresentados os resultados dos empreendimentos da companhia antes da implementação do segmento de Indústria 4.0. Isso indica que os resultados abordados correspondem a um período anterior à adoção das tecnologias e práticas associadas à Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 é um conceito que envolve a integração de tecnologias digitais avançadas, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, automação e análise de dados, na fabricação e operações industriais. Essas tecnologias visam aumentar a eficiência, a produtividade e a capacidade de tomada de decisões nas empresas.

Portanto, os resultados anteriores à implementação da Indústria 4.0, provavelmente, refletem a situação e o desempenho da empresa antes de adotar essas tecnologias. É importante notar que esses resultados podem ser usados como uma linha de base para avaliar o impacto da implementação da Indústria 4.0 nos empreendimentos da companhia.

Após a implementação da Indústria 4.0, é comum esperar melhorias significativas em áreas como eficiência operacional, qualidade do produto, redução de custos e capacidade de resposta às demandas do mercado. Portanto, a análise dos resultados pré e pós-industrial 4.0 pode ser uma maneira importante de avaliar o retorno sobre o investimento e o impacto das tecnologias digitais na empresa.

6.1 DEMANDAS DE ENERGIA

De modo geral, foram 2 (dois) shopping centers englobados dentro do estudo deste trabalho, enumerados da seguinte maneira: Shopping 1 e Shopping 2.

O monitoramento remoto das demandas de energia envolve o uso de tecnologias e sistemas que permitem acompanhar, em tempo real, o consumo de energia em várias instalações ou unidades da empresa. Isso possibilita identificar padrões de uso, picos de demanda e áreas de desperdício, contribuindo para uma gestão mais eficiente e econômica da energia.

No contexto do mercado livre de energia, as empresas têm a capacidade de negociar contratos de fornecimento de energia de forma mais flexível, ajustando-os de acordo com as necessidades reais de consumo. Ao utilizar dados de monitoramento remoto para entender melhor essas necessidades, a empresa pode otimizar seus contratos de demanda, reduzindo custos e aumentando a eficiência operacional.

6.2 SHOPPING 1 - REDUÇÃO DO CONTRATO DE DEMANDA

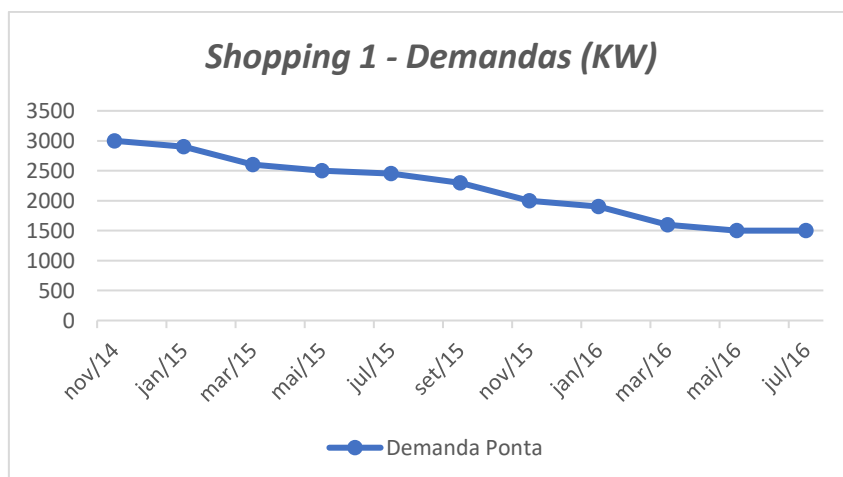
Houve uma significativa redução na demanda contratada de energia em uma unidade, conforme evidenciado no Gráfico 1, a partir de dezembro de 2016. Inicialmente, a demanda contratada era de 2.800 kW para os horários de Ponta e Fora de Ponta.

Após a implementação do monitoramento de energia, por meio do sistema *Follow Energy*, e a subsequente gestão eficaz desse recurso na unidade comercial em análise, foi possível reduzir a demanda tanto nos horários de Ponta quanto nos de Fora de Ponta, de 2.800 kW para 2.300 kW. Essa redução representa uma economia considerável de energia, equivalente a 500 kW nas horas de Ponta (HP) e Fora de Ponta (HFP) ao longo do período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017.

Essa conquista demonstra a eficácia do monitoramento e da gestão inteligente da demanda de energia. Reduzir a demanda contratada não apenas resulta em economia de custos para a empresa, mas também pode indicar um uso mais eficiente dos recursos energéticos. A otimização da demanda de energia é uma estratégia fundamental para empresas que buscam reduzir seus gastos com eletricidade, melhorar sua sustentabilidade ambiental e aumentar sua eficiência operacional.

Além disso, a capacidade de reduzir a demanda durante os períodos de pico (horário de Ponta) pode ser especialmente benéfica, uma vez que muitas empresas pagam tarifas mais elevadas por energia durante esses momentos. Portanto, essa conquista representa uma economia significativa e também um exemplo de como a tecnologia de monitoramento e gestão de energia pode beneficiar as operações comerciais.

Gráfico 1. Gráfico de Demanda Contratada do Shopping 1.



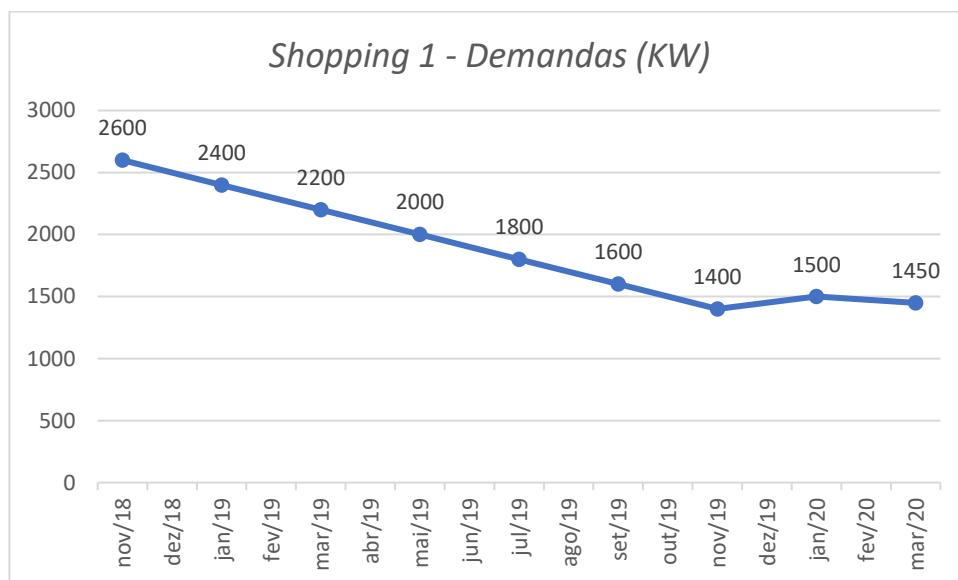
Fonte: Autor.

No ano de 2014, o shopping enfrentou um desafio relacionado ao aumento da demanda de energia devido à sobrecarga registrada de janeiro a maio daquele ano. Esse aumento na demanda foi, em grande parte, resultado do acréscimo de carga no sistema de ar-condicionado do estabelecimento. Coincidentemente, nesse mesmo período, foi realizada a implementação do *software* Elipse E3.

A implementação do *software* Elipse E3 desempenhou um papel fundamental na gestão e no controle eficaz da demanda de energia. Esse programa oferece recursos avançados de automação e controle que permitiram aos usuários interagir e controlar diretamente os equipamentos de maior potência, como os sistemas de ar-condicionado. Isso proporcionou uma melhoria significativa na eficiência operacional do shopping, uma vez que as máquinas de maior consumo de energia puderam ser otimizadas para operar de maneira mais eficiente, economizando recursos e custos.

O Gráfico 2 confirma o sucesso dessas intervenções. Houve uma notável redução na demanda de energia durante os períodos de novembro 2018 a março de 2020.

Gráfico 2. Gráfico de demanda contratada do Shopping 01.



Fonte: Autor.

O Gráfico 3 mostra o monitoramento *online* via sistema *Follow Energy* do Shopping 1. É um exemplo de como as empresas estão utilizando tecnologias avançadas para acompanhar e gerenciar o consumo de energia de forma detalhada e em tempo real. Além disso, exibe as curvas de demanda em intervalos de 15 minutos ao longo de um período de 24 horas.

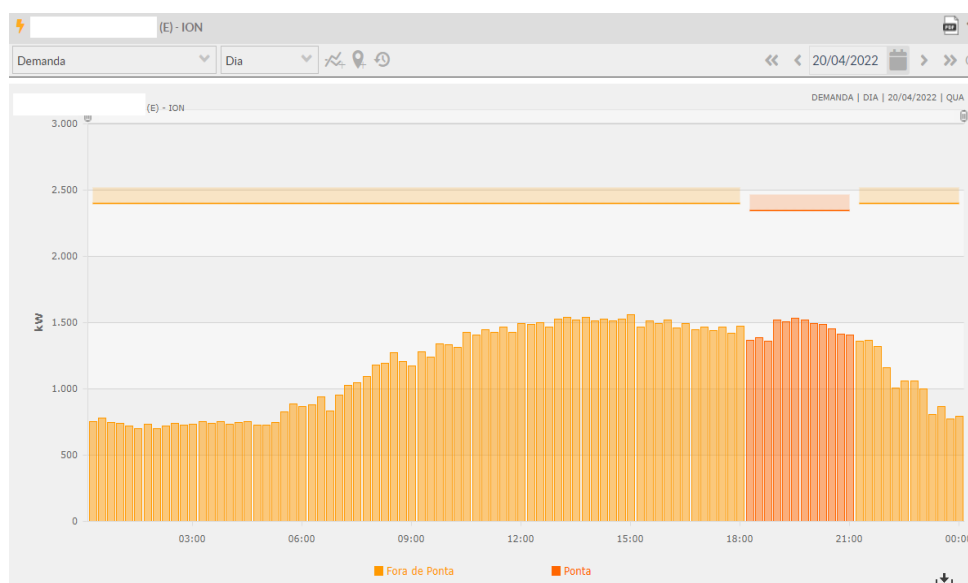
Esse tipo de monitoramento granular fornece uma visão abrangente do perfil de consumo de energia do shopping ao longo do dia. Essas informações detalhadas podem ser extremamente valiosas para a gestão eficiente da energia, permitindo identificar padrões de uso, picos de demanda e áreas onde é possível implementar medidas de economia de energia.

Outro elemento de destaque é que o monitoramento em intervalos de 15 minutos é especialmente útil para identificar tendências de consumo ao longo do dia, o que pode ser vital para a tomada de decisões estratégicas. Por exemplo, pode ajudar a determinar os horários de maior demanda e, assim, otimizar o funcionamento dos equipamentos, como os sistemas de ar-condicionado, para reduzir os custos durante os períodos de pico.

Tais sistemas de monitoramento *online*, quando integrados a *softwares* de gestão de energia, podem até mesmo automatizar respostas apropriadas com base em eventos previamente definidos, como a redução da carga durante períodos de alta tarifação. Isso não só contribui para a economia de energia, mas também para a redução de custos operacionais, tornando as operações comerciais mais eficientes e sustentáveis.

O Gráfico 3 representa a importância da monitorização detalhada e em tempo real do consumo de energia em ambientes comerciais e industriais, demonstrando como essa prática pode contribuir para a gestão eficaz da energia e para a tomada de decisões estratégicas baseadas em dados sólidos.

Gráfico 3. Gráfico de demanda diário Shopping 01 em 2022.



Fonte: Follow Energy.

No contexto do monitoramento e controle dos sistemas de ar-condicionado, a eficácia da operação depende, em grande parte, das interfaces de interação entre o usuário e o *software* utilizado. Essas interfaces desempenham um papel crucial na coleta de informações e na tomada de decisões informadas para garantir o funcionamento ideal dos sistemas de climatização.

A Figura 11 ilustra como essas interfaces podem fornecer dados valiosos relacionados ao desempenho do sistema. Essas informações incluem leituras de temperaturas de saída e entrada de líquido de arrefecimento, status da ventilação e informações sobre o funcionamento dos *fancoils*, entre outros dados relevantes.

A capacidade de acessar e interpretar essas informações em tempo real é fundamental para garantir que os sistemas de ar-condicionado estejam operando de maneira eficiente, proporcionando conforto térmico aos ocupantes e economizando energia. Por exemplo, o monitoramento das temperaturas de saída e entrada de líquido de arrefecimento pode ajudar a identificar desvios de temperatura que possam indicar problemas no sistema, como vazamentos ou obstruções.

Além disso, o status da ventilação e do funcionamento dos *fancoils* é essencial para garantir a qualidade do ar interior e a distribuição adequada de ar-condicionado nos espaços. Essas informações podem ser usadas para ajustar as configurações do sistema de acordo com a demanda, melhorando o conforto dos ocupantes e reduzindo o consumo de energia.

A integração dessas interfaces com sistemas de automação e controle avançados, como o *software* Eclipse E3, mencionado anteriormente, permite uma gestão mais eficaz dos sistemas de ar-condicionado e uma resposta rápida a eventos não planejados, como falhas ou mudanças nas condições ambientais.

As interfaces de interação e as telas de monitoramento desempenham um papel fundamental na operação eficiente dos sistemas de ar-condicionado, fornecendo informações essenciais para a gestão e manutenção adequadas desses sistemas em ambientes comerciais e industriais. Essas ferramentas desempenham um papel crucial na melhoria do conforto, na redução de custos operacionais e na sustentabilidade ambiental.

Figura 11. Supervisório Elipse. Sistema de ar-condicionado.



Fonte: Supervisório Elipse E3.

6.3 SHOPPING 2 - REDUÇÃO DO CONTRATO DE DEMANDA

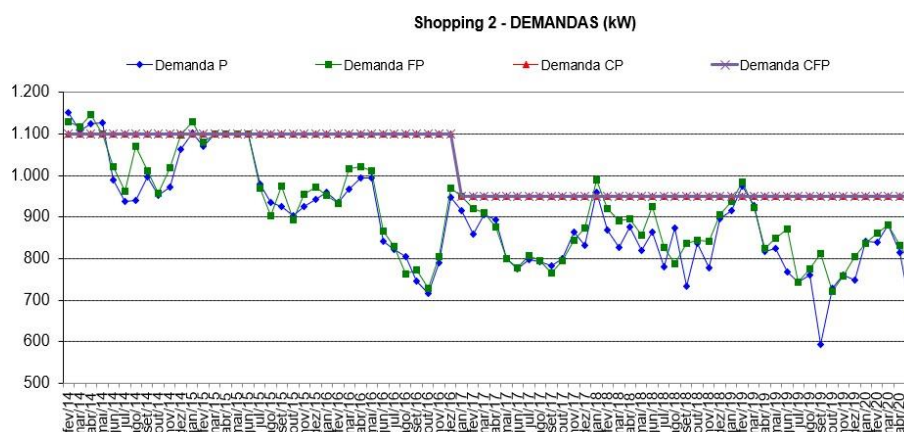
O Gráfico 4 apresenta um cenário notável de sucesso na gestão da demanda de energia de uma unidade comercial. Inicialmente, a demanda contratada para os horários de Ponta e Fora de Ponta era de 1.100 kW.

Após a implementação do monitoramento por meio do sistema *Follow Energy* e uma gestão eficiente da energia no shopping em questão, a demanda contratada foi significativamente reduzida, passando de 1.100 kW para 950 kW, tanto nos horários de Ponta quanto nos de Fora de Ponta. Essa redução representa uma economia substancial de energia, equivalente a 150 kW em horários de Ponta (HP) e Fora de Ponta (HFP) no período de janeiro de 2014 a março de 2020.

Essa conquista não apenas reflete uma economia significativa em termos de custos de energia para a unidade comercial, mas também demonstra o impacto positivo de uma gestão proativa e baseada em dados da demanda de energia. Essa abordagem contribui para a diminuição de custos operacionais e também para a redução da pegada de carbono da empresa, promovendo a sustentabilidade ambiental.

Vale destacar que a gestão da demanda de energia é uma estratégia importante para empresas que buscam otimizar suas operações, reduzir custos e se tornar mais eficientes do ponto de vista energético. A Figura 11 serve como um exemplo inspirador de como a tecnologia e a gestão inteligente podem contribuir para alcançar esses objetivos de forma eficaz.

Gráfico 4. Gráfico de demanda contratada do Shopping 02.



Fonte: Autor.

O ano de 2020 contou com mais um marco positivo na gestão da demanda de energia após a implementação do *software* Elipse E3, em maio. Este *software* proporcionou automação e controle avançados, permitindo aos usuários interagir e controlar diretamente os equipamentos de maior potência, como os sistemas de ar-condicionado.

O Gráfico 5 confirma a continuação dessa tendência de redução na demanda de energia. Inicialmente, a demanda contratada era de 950 kW, para os horários de Ponta e Fora de Ponta. Após a implementação do *software* e a otimização dos maquinários, essa demanda foi reduzida para 800 kW, no horário de Ponta, e 850 kW no horário Fora de Ponta. Essa redução equivale a uma economia de 150 kW durante os horários de Ponta (HP) e 100 kW durante os horários Fora de Ponta (HFP) entre maio de 2020 e maio de 2022. No gráfico, podemos observar os seguintes indicadores:

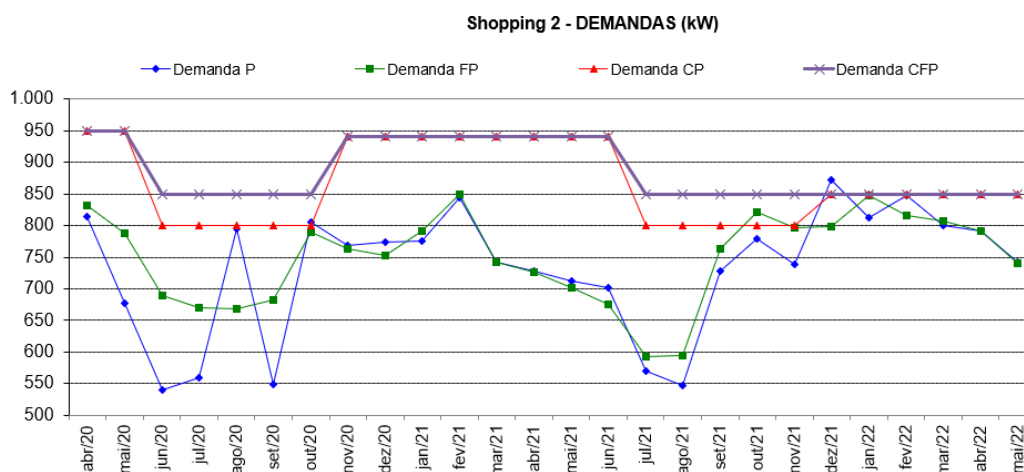
- Demanda P: Demanda na ponta;
- Demanda FP: Demanda fora de ponta;
- Demanda CP: Demanda contratada na ponta;
- Demanda CFP: Demanda contratada fora de ponta.

Essa nova conquista reforça a importância da tecnologia e da automação na gestão eficiente da demanda de energia. A capacidade de ajustar e otimizar o funcionamento dos equipamentos de maior consumo de energia em tempo real proporciona economia de custos significativa, aprimora a eficiência operacional e contribui para a sustentabilidade ambiental.

Além disso, essa história de sucesso destaca como a implementação de sistemas de controle e monitoramento avançados, como o Elipse E3, pode gerar retornos rápidos sobre o investimento em termos de economia de energia e eficiência. Isso serve como um exemplo

inspirador para outras empresas que buscam maneiras de otimizar seu uso de energia e reduzir seus impactos ambientais.

Gráfico 5. Gráfico de demanda contratada do Shopping 02.



Fonte: Autor.

O Gráfico 6 apresenta um exemplo do monitoramento online, realizado por meio do sistema *Follow Energy*, no Shopping 2. O gráfico exibido na imagem ilustra as curvas de demanda em intervalos de 15 minutos, ao longo de um período de 24 horas.

Esse tipo de monitoramento detalhado e em tempo real é fundamental para entender e gerenciar eficazmente o consumo de energia em instalações comerciais como shoppings. Ele fornece uma visão abrangente das flutuações na demanda de energia ao longo do dia, permitindo que os gerentes identifiquem padrões de uso, picos de consumo e áreas onde é possível implementar medidas de economia de energia.

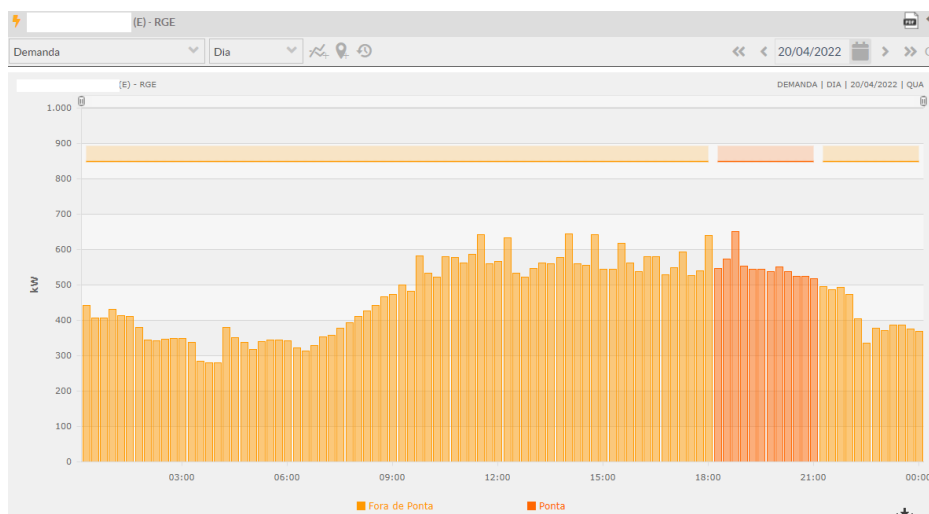
Essa informação granular é especialmente valiosa para tomar decisões informadas sobre o uso de energia e implementar estratégias de otimização. Por exemplo, ao analisar os dados de monitoramento, os operadores do Shopping 2 podem identificar os horários de pico de demanda e tomar medidas para reduzir o consumo durante esses momentos, resultando em economia de custos significativa.

Além disso, o monitoramento *online* em intervalos curtos como 15 minutos permite detectar tendências de consumo ao longo do dia e avaliar o impacto das ações de conservação de energia. Isso é fundamental para a gestão eficiente da energia e para o cumprimento de metas de sustentabilidade.

O Gráfico 6 destaca a importância do monitoramento detalhado e em tempo real do consumo de energia em ambientes comerciais. Essa prática fornece dados essenciais para a

gestão eficaz da energia, a redução de custos operacionais e a promoção da sustentabilidade ambiental. É um exemplo de como a tecnologia pode ser uma aliada poderosa na busca pela eficiência energética.

Gráfico 6. Gráfico de demanda diário Shopping 02 em 2022.



Fonte: Follow Energy.

No contexto do monitoramento e controle dos sistemas de ar-condicionado, as telas de interface com o usuário desempenham um papel essencial na gestão eficaz dos equipamentos. O *software* oferece a capacidade de editar e controlar o calendário de operação dos *fancoils* do shopping, como evidenciado na Figura 12.

Essa funcionalidade permite que os operadores do sistema programem horários específicos para o funcionamento dos *fancoils*, de acordo com as necessidades do estabelecimento. Por exemplo, eles podem ajustar o calendário para otimizar o resfriamento durante os horários de pico de calor e reduzir a operação durante os períodos de menor demanda, economizando energia e custos operacionais.

Além disso, a capacidade de edição do calendário oferece flexibilidade para acomodar eventos especiais ou mudanças nas condições operacionais, garantindo que o ambiente permaneça confortável e eficiente em todos os momentos.

Esta abordagem não apenas contribui para o conforto dos ocupantes do shopping, mas também promove a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental. O gerenciamento inteligente dos sistemas de ar-condicionado é fundamental na redução do consumo de energia e nas emissões de carbono associadas à climatização.

As telas de interface do *software* oferecem uma maneira intuitiva e poderosa de controlar e otimizar os sistemas de ar-condicionado, tornando-os mais eficientes e econômicos.

Essa é apenas uma das muitas maneiras por meio das quais a tecnologia pode melhorar o gerenciamento de instalações comerciais, garantindo conforto e eficiência.

Figura 12. Supervisório Elipse. Sistema de ar-condicionado.



Fonte: Supervisório Elipse E3.

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 REDUÇÃO DE DEMANDAS DE ENERGIA E DE CUSTOS

Mediante o estudo, foi analisado que a implementação da Indústria 4.0 em shopping centers podem variar dependendo de vários fatores, como o tamanho do shopping, o nível de automação existente e os recursos disponíveis para investimento. Em média, a transição completa para a Indústria 4.0 pode levar de alguns meses a alguns anos.

Referente ao retorno positivo da implementação da Indústria 4.0 em shopping centers, existem várias vantagens. Uma delas é a melhoria da eficiência operacional, permitindo a automação de processos como logística, manutenção preditiva e gerenciamento de estoque. Essa automação pode levar a uma redução nos custos operacionais e a um aumento na produtividade.

A Indústria 4.0 permite uma melhor experiência ao cliente, por meio de tecnologias como realidade aumentada, inteligência artificial e análises de dados em tempo real. Essas tecnologias podem resultar em um aumento no número de visitantes, maior satisfação do cliente e, conseqüentemente, aumento nas vendas.

Outro benefício importante é a capacidade dos shopping centers de tomar decisões estratégicas com base em dados precisos e em tempo real. Isso permite uma melhor gestão do negócio, identificando tendências de mercado, otimizando a alocação de recursos e antecipando demandas futuras.

A implementação da Indústria 4.0 em shopping centers pode trazer benefícios significativos, como eficiência operacional, melhoria da experiência do cliente e tomada de decisões mais elaboradas. O retorno positivo dessa implantação pode ser medido em termos de redução de custos, aumento de receita e maior competitividade no mercado.

7.2 SHOPPING 01

As análises dos perfis de demanda realizadas no Shopping 01 revelam uma tendência impressionante de redução gradual no consumo de energia à medida que novas tecnologias são implementadas no empreendimento. Isso é particularmente significativo ao comparar as demandas contratadas iniciais com as mais recentes, após a entrada da empresa no Mercado Livre de energia.

Inicialmente, a demanda contratada era de 2.800 kW, mas, ao longo do tempo, essa cifra foi reduzida para 2.045 kW. Essa diferença representa uma notável diminuição de 755 kW, o que equivale a uma redução de 26,96% no consumo de energia. Essa conquista demonstra a eficácia das medidas adotadas para otimizar o uso de energia no Shopping 01.

Além disso, é importante considerar o impacto financeiro dessas reduções: o de energia oferece vantagens em termos de custos, com uma alíquota de ICMS de 25% sobre o custo total da tarifa. Por outro lado, as concessionárias de distribuição também aplicam tarifas de incentivo, além de impostos como PIS, COFINS e 25% de ICMS.

Com base nas últimas faturas de energia, o custo total do Mercado Livre foi de R\$410.237,53, enquanto o custo total da Concessionária de Distribuição foi de R\$270.476,99. Aplicando diretamente a taxa de redução de 26,96% a esses valores, obtemos custos atualizados de R\$520.837,57 para o de R\$343.397,59 para a Concessionária de Distribuição.

Essa economia substancial, resultante da gestão eficiente da demanda de energia e da transição para o Mercado Livre, impacta positivamente os custos operacionais do shopping e também contribui para a redução da pegada de carbono e para a sustentabilidade ambiental. É um exemplo notável de como a eficiência energética pode ser uma estratégia financeira e ambientalmente vantajosa para as empresas.

Além disso, tendo em vista todas as adequações implantadas da Indústria 4.0, o Shopping 1 tem, ao todo, 36 dispositivos instalados em áreas técnicas que mensuram o consumo dos equipamentos para a área comum do shopping (refrigeração, portas, iluminação...) e 225 dispositivos instalados em todas as lojas do empreendimento. Logo, baseando-se nos valores apresentados acima, teve-se um custo de implantação de R\$49.871,88, mas, desse valor, R\$42.993,00 foram repassados aos lojistas, uma vez que cada dispositivo foi negociado para cada loja. O valor restante de implantação, R\$6.878,88, teve um *payback* de mais ou menos 9 meses para que o empreendedor pudesse quitar a aplicação financeira inicial. O Shopping 1 realizou uma negociação com a empresa parceira, e o custo de locação dos dispositivos e de uso da plataforma foi repassado somente aos lojistas, de acordo com a quantidade instalada por loja, ou seja, o empreendimento teve um custo fixo somente de instalação.

7.3 SHOPPING 02.

As análises detalhadas dos perfis de demanda no Shopping 02 revelam uma tendência consistente de redução no consumo de energia à medida que novas tecnologias são incorporadas ao empreendimento. Isso é evidenciado quando comparamos as demandas

contratadas iniciais com as mais recentes, após a entrada do shopping no Mercado Livre de energia.

Inicialmente, a demanda contratada era de 1.100 kW, mas, ao longo do tempo, foi reduzida para 800 kW. Essa diferença reflete uma notável diminuição de 300 kW, o que equivale a uma redução de 27,27% no consumo de energia. Essa melhoria é uma demonstração da eficácia das medidas implementadas para otimizar o uso de energia no Shopping 02.

Além disso, é fundamental considerar o impacto financeiro dessas reduções. No Mercado Livre de energia, a alíquota de ICMS é de 25% sobre o custo total da tarifa, enquanto as concessionárias de distribuição aplicam tarifas de incentivo, juntamente com impostos como PIS, COFINS e 25% de ICMS.

Com base nas últimas faturas de energia, o custo total no Mercado Livre foi de R\$161.275,98, enquanto o custo total da Concessionária de Distribuição foi de R\$96.521,79. Aplicando diretamente a taxa de redução de 27,27% a esses valores, obtemos custos atualizados de R\$ 205.255,94, para o Mercado Livre, e R\$ 122.843,28 para a Concessionária de Distribuição.

Essa economia significativa reduz os custos operacionais do shopping e também contribui para a sustentabilidade ambiental, uma vez que menos energia é consumida, resultando em menores emissões de carbono. Essa história de sucesso no Shopping 02 destaca a importância da gestão eficiente da demanda de energia e da transição para o Mercado Livre como uma estratégia financeiramente vantajosa e sustentável.

Sobre os custos de implantação de todos os sistemas que compõem a integração das tecnologias da Indústria 4.0, mensurou-se da seguinte forma: o Shopping 2, em comparação com o 1, é um shopping menor e com menos lojas e áreas técnicas; porém, eles não tiveram o mesmo fator de negociação quanto à locação e uso da plataforma. Ao todo, são 148 dispositivos instalados: 18 para as áreas comuns, com um custo de implantação de R\$3.439,44, um custo mensal de R\$25,02 para plataforma e R\$743,22 para locação de cada medidor; os demais custos dos 130 medidores foram repassados para os lojistas, como no Shopping 01. O *payback* foi de, aproximadamente, 14 meses sobre o valor de instalação.

8 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos destacam claramente os benefícios substanciais, tanto econômicos quanto ambientais, da eficiência energética e da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 em empreendimentos comerciais como os shopping centers. A análise dos dados revelou que a economia nas faturas de energia pode atingir impressionantes 30,96%.

A gestão eficaz de energia desempenha um papel essencial nesse cenário, permitindo a otimização dos contratos de demanda com base nas necessidades específicas de carga instalada em cada local. As análises detalhadas das faturas de energia e o uso do sistema de monitoramento *Follow Energy* possibilitaram o desenvolvimento de estratégias adaptadas a cada shopping do estudo de caso.

Além disso, a implementação da plataforma Elipse E3 trouxe uma revolução no controle remoto dos sistemas, permitindo o monitoramento e o gerenciamento dos sistemas de ar-condicionado e do frio alimentar a distância. Isso inclui o ajuste de *setpoints* de temperatura nos equipamentos e a programação dos calendários de operação dos *fancoils* e *chillers*. Essa abordagem permitiu um controle preciso e eficiente, garantindo que os sistemas não operem fora dos horários desejados.

Uma conclusão fundamental é a importância da integração entre as áreas de Tecnologia, Análise de Dados e Manutenção. A colaboração e o conhecimento de cada segmento desempenham um papel crucial na redução de custos e na luta contra o desperdício de recursos. Essa sinergia entre departamentos é um fator-chave para o sucesso na implementação de estratégias de eficiência energética e sustentabilidade.

Além dos benefícios econômicos, vale ressaltar que essas iniciativas também têm um impacto ambiental positivo, contribuindo para a redução das emissões de carbono e promovendo a sustentabilidade em um mundo cada vez mais consciente das questões climáticas. Portanto, a eficiência energética e a adoção de tecnologias avançadas são investimentos que trazem retornos significativos tanto para as empresas quanto para o meio ambiente.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº414. Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, despacho de 018/2019. Acesso em 28/04/2022.

AGOSTINHO, Fábio Ribeiro; ROCCA, Graciela Alessandra Della; FERREIRA, Fernanda Cristina Silva; STEFENON, Stéfano Frizzo. Estudo sobre a viabilidade financeira na atualização tecnológica de uma planta fabril. Utilização de motores elétricos de alta eficiência e iluminação LED. Vol. 38, n, 12, 2016. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n12/a17v38n12p05.pdf>. Acesso em 24/04/2021.

ARAÚJO, Danilo. A Indústria 4.0 e suas implicações nas organizações. Revista de Administração e Inovação, 2017

DEMO, Pedro. Pesquisa e construção do conhecimento: **Metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2002.

DEVELOPMENT. Industry 4.0: The Fourth Industrial Revolution. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. Acesso em: 10/04/2022.

ELIPSE. Elipse E3 plataforma HMI/SCADA. FOLDER PARA APLICAÇÕES DE MISSÃO CRÍTICA. 2015. Disponível em: https://www.elipse.com.br/wp-content/uploads/2015/09/E3_Folder.pdf. Acesso em 18/04/2022.

ELIPSE. Elipse E3 plataforma HMI/SCADA. **CASE DE SERVIÇO – EDIFÍCIO JBZ**. 2020. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/case/software-da-elipse-gera-um-ganho-de-40-no-tempo-para-realizacao-das-tarefas-diarias-no-edificio-jbz-o-mais-sustentavel-do-sul-do-pais/> . Acesso em 23/04/2022.

ENGIE. O que é sazonalização da energia contratada. Revista Mercado Livre de Energia, Redação de 2018. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/o-que-e-sazonalizacao-da-energia-contratada/#:~:text=Conceitualmente%2C%20a%20sazonaliza%C3%A7%C3%A3o>

%20%C3%A9%20o,em%20determinados%20meses%20do%20ano. Acesso em 28/04/2022.

ENGIE, Soluções. Gerenciamento de Energia e Utilidades. Topologia de comunicação Follow Energy. 2022. Disponível em: <https://www.engie.com.br/solucoes/nossa-expertise/gerenciamento-de-energia/> . Acesso em 11/04/2022.

ENGIE, Soluções. Gerenciamento de Energia e Utilidades. Dashboards dos insumos. 2022. Disponível em: <https://www.engie.com.br/solucoes/nossa-expertise/gerenciamento-de-energia/> . Acesso em 11/04/2022.

ENGIE, Soluções. Gerenciamento de Energia e Utilidades. Email de alerta. Disponível em: <https://www.engie.com.br/solucoes/nossa-expertise/gerenciamento-de-energia/> . 2022. Acesso em 11/04/2022.

ENGIE, Soluções. Gerenciamento de Energia e Utilidades. Gráficos diários de demanda de energia e consumo de água. 2022. Disponível em: <https://www.engie.com.br/solucoes/nossa-expertise/gerenciamento-de-energia/> . Acesso em 11/04/2022.

ENGIE, Soluções. Gerenciamento de Energia e Utilidades. Gerenciamento de energia – Monitoramento de Utilidades. 2022. Disponível em: <https://www.engie.com.br/solucoes/nossa-expertise/gerenciamento-de-energia/#monitoramento-de-utilidades> . Acesso em 14/04/2022.

GÁSPAR, Carlos. Variação eletrônica de velocidade. Eficiência energética na indústria. Marinha Grande, vol 6. 2018. Acesso em 11/04/2021
Júnior G.G.S. 2023

MARTIN, Caroline. Eficiência energética. Revista O papel. 2013. Disponível em: <http://www.revistaopapel.org.br/pesquisa.php?editoria=21>. Acesso em 24/04/2021

MARCONI, Marina de Andrade e LAKATOS, Eva Maria. Técnicas de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2017

MARQUES, A. B.; HADDAD, E. A.; MARTINS, M. A. Indústria 4.0: O que é e como pode ser aplicada. *Revista de Administração e Inovação*, 2007

MONTEIRO, A.; ROCHA, B. Eficiência Energética: Conceitos e Aplicações. *Revista de Administração e Inovação*, 2005

OLIVEIRA, André. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil. São Paulo: Editora Gente, 2018

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; GONZÁLEZ, M. D. Metodologia da Pesquisa. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2013.

SCHWAB, Klaus. *A Quarta Revolução Industrial*. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016

SALES, Aluizio. A importância dos motores de alto rendimento na eficiência energética. 2015

SAMPAIO, Luiz Gonzaga de. *A Indústria 4.0 e a Siderurgia: Oportunidades e Desafios*. 2018

SANTOS, Gisele do Rocio Cordeiro Mugnol, MOLINA, Nilcemara Leal e DIAS, Vanda Fattori. *Orientações e dicas práticas para trabalhos acadêmicos*. Curitiba: Ibplex, 2007

WEG. Smart Factory: Transformação Digital na Indústria. Disponível em: https://www.weg.net/institutional/BR/pt/search/downloadcenter?q=smart+factory&mediaContainerName=*&languageIsoCode=*, Acesso em: 11/04/2021.

White RD, Hankins DG, Atkinson EJ. Patient outcomes following defibrillation with a low energy biphasic truncated exponential waveform in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2001 Apr;49(1):9–14.