



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

BRUNO APOLINÁRIO DE MENDONÇA

**METODOLOGIA PDCA PARA MELHORIA DE PROCESSOS BASEADOS EM IoT  
EM PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Recife

2021

BRUNO APOLINÁRIO DE MENDONÇA

**METODOLOGIA PDCA PARA MELHORIA DE PROCESSOS BASEADOS EM IoT  
EM PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Laerty Moraes Cavalcante

Recife

2021

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

M539m Mendonça, Bruno Apolinário de.  
Metodologia PDCA para melhoria de processos baseados em IoT em prol da eficiência energética / Bruno Apolinário de Mendonça. – 2021.  
41 f.: il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Me. Laerty Moraes Cavalcante.  
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Departamento de Engenharia Mecânica, Recife, 2021.  
Inclui referências.

1. Engenharia mecânica. 2. PDCA. 3. IoT. 4. Indústria 4.0. 5. Inovação. 6. Eficiência. I. Cavalcante, Laerty Moraes (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2022-211

BRUNO APOLINÁRIO DE MENDONÇA

**METODOLOGIA PDCA PARA MELHORIA DE PROCESSOS BASEADOS EM IoT  
EM PROL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 27/08/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Laerty Moraes Cavalcante (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Nadège Sophie Bouchonneau da Silva (Examinadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Ivan Vieira de Melo (Examinador)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente aos meus pais, familiares e amigos, sem os quais não seria possível a elaboração deste trabalho. A realização deste documento foi possível graças à Universidade Federal de Pernambuco por oferecer uma estrutura profissional e física para dar suporte adequado.

Após uma longa jornada de vida acadêmica, este trabalho representa o fim de um ciclo, no qual amigos foram formados, visões e um próprio conceito de personalidade e identidade pessoal/profissional foi constituída durante o percurso.

Também sou muito grato à oportunidade dada pelo programa Ciência Sem

Fronteiras, pois, sem ter vivenciado esta experiência, provavelmente não descobriria o meio que se tornaria a minha profissão, mesmo antes de finalizar o curso de graduação.

Finalmente, eu gostaria de agradecer à turma Megazord.

## RESUMO

Planejar, fazer, checar e agir são as 4 etapas do ciclo PDCA, e este método é um dos mais conhecidos para melhoramento de processos dentro das empresas. A metodologia PDCA é integrada a um problema que envolve tanto aumentar a taxa de conversão de potenciais clientes quanto diminuir o respectivo tempo entre o primeiro contato e a implementação do projeto. Esta necessidade foi percebida depois de verificar que um estudo e análise teórica não era suficiente para a argumentação de venda. Para a venda, é fundamental minimizar ao máximo o risco do cliente e, visando isso, foi elaborado um planejamento para solucionar um problema no setor comercial de uma empresa de tecnologia. Assim, é utilizado o ciclo PDCA: uma das ferramentas utilizadas no curso de engenharia mecânica, mais especificamente no aprendizado em engenharia de qualidade. O fato de ser um produto de inovação, que contempla o pilar de Internet das Coisas (IoT) da Indústria 4.0, somado à falta de aplicação no mercado, fez com que não houvesse caminhos já testados e pré estabelecidos neste setor. Desta forma, é discutido o princípio do PDCA, sua evolução, fazer a identificação dos problemas, verificação de viabilidades técnicas e econômicas, análise de fenômeno, de processos, estabelecer e executar planos de ação de acordo com o desenvolvimento das etapas, avaliar alcance de benefícios estratégicos, padronização de procedimentos operacionais, discutir passos futuros e refazer etapas da metodologia a fim de solucionar intercorrências. Aplicado ao estudo de caso, poderemos proporcionar não somente uma visão geral do processo estudado, mas da aplicabilidade da metodologia em casos que também não tem muita recorrência no mercado, o que proporcionou uma otimização de processos, redução de desperdício, capacitação de pessoas e economia de aproximadamente R\$ 13.000,00 por mês somente em uma das unidades de uma rede de escolas.

**Palavras-chave:** PDCA; IoT; indústria 4.0; inovação; eficiência.

## **ABSTRACT**

Plan, Do, Check and Act are the 4 steps of PDCA Cycle and this method is one of most known for process improvement within companies. The PDCA methodology is integrated with a problem that involves both increasing the conversion rate of potential customers and decreasing the respective time between the first contact and the implementation of the project. This need was realized after verifying that a study and analysis theory was not sufficient for the selling argument. For sale, it is essential minimize the customer's risk as much as possible and, with this in mind, a plan was prepared to solve a problem in the commercial sector of a technology company. So, it's using the PDCA cycle: one of the tools used in the mechanical engineering course, more specifically on learning quality engineering. The fact that it is an innovation product, which includes the Internet of Things (IoT) pillar of Industry 4.0, added to the lack of application in the market, meant there weren't early tested and pre-established paths in this sector. In this way, we will discuss the principle of PDCA, its evolution, identify problems, verify technical and economic feasibility, analyze phenomena, processes, establish and execute action plans according to the development of steps, assess the scope of strategic benefits, standardization of operational procedures, discuss future steps and redo steps of the methodology in order to resolve complications. Applied to the case, we will be able to provide not only an overview of the process, but also the applicability of the methodology in cases that do not have much recurrence in the market, which provided an optimization of processes, reduction of waste, training of people and savings of approximately BRL 13,000.00 per month in just one of the units of a private school group.

**Keywords:** PDCA; IoT; 4.0 industry; innovation; efficiency.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Conceito de controle de Taylor e os três processos de produção em massa	15
Figura 2 –	Ciclo de Shewhart de 1939	16
Figura 3 –	Ciclo de Shewhart para desenvolvimento de produto	17
Figura 4 –	Ciclo de Shewhart para processos repetitivos de melhoria	17
Figura 5 –	Ciclo PDCA como desenvolvido no Japão	18
Figura 6 –	Fluxograma de etapas da metodologia	26
Figura 7 –	Módulos e conectores	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Parâmetros de análise teórica	31
Tabela 2 –	Resultados da análise teórica	32
Tabela 3 –	Diagrama 5W1H	34
Tabela 4 –	Requisitos e respectivas soluções	34
Tabela 5 –	Cronograma de execução do projeto	35
Tabela 6 –	Média de consumo diário de cada semana	37
Tabela 7 –	Dados da situação base do teste prático	37
Tabela 8 –	Mapa de diferença de tempos de utilização	39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	Objetivos	12
1.1.1.1	<b>Objetivo geral</b>	<b>12</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
1.2	Estrutura do trabalho	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1	Precedentes da metodologia	15
2.2	Ciclo PDCA	18
<b>2.2.1</b>	<b>Plan</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Do</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Check</b>	<b>19</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Act</b>	<b>20</b>
2.3	Ferramenta 5W1H	20
2.4	Inovação e contexto histórico: Revoluções industriais	20
2.5	Automação	22
<b>2.5.1</b>	<b>Automatismos X Automação</b>	<b>22</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Automação Predial</b>	<b>23</b>
<b>2.5.3</b>	<b>IoT – Internet das coisas</b>	<b>23</b>
2.6	A empresa	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>25</b>
3.1	Identificação de demanda	25
3.2	Estudo teórico	26
3.3	Ciclo PDCA	26
<b>3.3.1</b>	<b>Plan</b>	<b>26</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Do</b>	<b>27</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Check</b>	<b>27</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Act</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>28</b>
4.1	Identificação de demanda	28
4.2	Análise teórica – Dados quantitativos	28
<b>4.2.1</b>	<b>Acionamentos e desligamentos</b>	<b>29</b>

<b>4.2.2</b>	<b>Controle de temperatura</b>	<b>29</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Informações de base</b>	<b>29</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Resultados totais</b>	<b>31</b>
4.3	Aplicação do ciclo PDCA	31
<b>4.3.1</b>	<b>Plan</b>	<b>32</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Do</b>	<b>34</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Check</b>	<b>35</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Act</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
5.1	Considerações finais	39
5.2	Trabalhos futuros	40
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Analisando o contexto histórico da civilização humana, é possível afirmar que, desde os primórdios de sua existência, a busca por inovação foi – e continua sendo – o combustível propulsor da geração de tecnologias cada vez mais evoluídas, complexas e importantes. Impulsionada principalmente pela Primeira Revolução Industrial através da mecanização de tarefas realizadas por pessoas e animais, a chamada Cultura da Inovação tem sido crucial para a manutenção da competitividade organizacional, onde a capacidade de resposta ao mercado recai principalmente sobre o capital intelectual das pessoas.

Apesar de ter iniciado na metade do século XIX, a chamada Segunda Revolução Industrial teve seu apogeu na diversificada demanda exigida pelo século XX (DATHEIN, 2003), fazendo da eletricidade o centro de um aumento de produtividade bem mais acentuado do que a revolução anterior. Logo em seguida, a Terceira Ruptura Industrial veio da implementação dessas inovações no campo da comunicação, proporcionando a chegada mais precoce da globalização através da velocidade da informação. Nos anos subsequentes, a Indústria 4.0 traz consigo um vasto leque de possibilidades aplicáveis às mais diversas organizações e indústrias. Baseada principalmente na popularização do acesso à informação através da internet, esta vem caracterizada por sensores menores e mais poderosos (SCHWAB, 2016).

Atualmente, diante de uma crescente necessidade de energia elétrica e uma lenta geração, a sua utilização de uma forma inteligente torna-se uma necessidade latente. Todavia, para a entrada dessa maior eficiência de utilização de energia elétrica no mercado é necessário ter o aval financeiro e, para isso, é necessário não somente gerar demanda e demonstrar cálculos teóricos. Para uma maior escalabilidade no mercado, é necessárioo minimizar - ou anular, se necessário - todos os risco do investimento para estas empresas. Para isso, foi proposto o atual estudo de caso, que tem como base a metodologia PDCA.

O ciclo PDCA tem início na década de 1930, onde acontece outro grande avanço na ciência da melhoria: inicia-se a utilização das ferramentas estatísticas e do método científico na melhoria de processos. O protagonista desse avanço foi o

estatístico Walter Shewhart. Ele trabalhava com a análise dos processos do laboratório. Dentre suas inovações mais importantes, podemos citar o controle estatístico de processo (CEP), que culmina com os Gráficos de Controle, onde é possível ter um melhor entendimento de variações e, conseqüentemente, a estabilidade e instabilidade de sistemas. Saber se um processo está estável ou instável é condição fundamental para escolher quais medidas tomar, frente a um problema. Além dos métodos estatísticos, mais tarde Shewhart também introduziu ao mundo fabril o método científico, desenvolvendo um passo a passo para a geração e implementação de mudanças nos processos. Esse “passo a passo” ficou conhecido como o ciclo de Shewhart e foi o embrião para as técnicas modernas do PDCA.

Através da contínua verificação e ação corretiva das etapas de projeto através do ciclo PDCA, a metodologia Plan, Do, Check and Act cria um sistema que evita o acúmulo de erro e possibilita a solução dos mesmos em paralelo com o andamento do projeto. Há também a aplicação do ciclo PDCA no planejamento da qualidade (ou de inovação). Este último é usado nos casos de estabelecimento de novos produtos e processos.

## 1.1 Objetivos

Quando um produto de inovação - que, neste caso, é aplicado em soluções de Internet das Coisas - é implementado em um mercado tradicionalmente conservador, é fundamental demonstrar e minimizar ao máximo o risco do respectivo investimento. Foi notado que, apresentando cálculos baseados unicamente em teoria, não é suficiente, portanto, foi necessário elaborar uma abordagem mais prática para apresentação de dados, informações e resultados reais.

### 1.1.1 Objetivo geral

Portanto, tomando como base a metodologia PDCA e desenvolvendo o processo comercial para que seja demonstrado o risco minimizado no investimento

da solução, o atual trabalho tem intuito de aumentar a conversão de clientes prospectados e diminuir seu respectivo tempo no processo comercial através da amostragem de resultados práticos da implementação de soluções IoT para eficiência energética.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

Para atingir o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Criação de demanda e projeção teórica de economia com base em dados e informações, com intuito de definir uma meta quantitativa para o trabalho prático proposto.
- Aplicar metodologia PDCA para melhoria de processo comercial baseado na prática da aplicação da automação.
- Executar projeto do estudo de caso e recolher parâmetros, através da plataforma IoT, para obtenção de resultados em teste prático.
- Apresentar resultados, análises e etapas da fase prática do estudo de caso para calcular a economia proporcionada.
- Discussão da comparação de resultados teóricos e práticos, a fim de mostrar a viabilidade do projeto através de informações quantitativas e qualitativas.
- Discussão de eficácia de metodologia PDCA de acordo com os resultados obtidos, vantagens e melhorias futuras do processo.

### **1.2 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos que representam as diferentes etapas do seu desenvolvimento. O primeiro capítulo dedica-se a introdução do tema e definição dos objetivos gerais e específicos. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, relacionado aos principais conceitos e definições que fundamentam o tema abordado. O terceiro capítulo refere-se a metodologia utilizada para desenvolvimento do projeto e obtenção dos resultados. O quarto apresenta o desenvolvimento do trabalho e exibe os resultados que foram

atingidos, como também suas respectivas análises. O capítulo 5 expõe as principais conclusões a cerca do tema desenvolvido e apresenta sugestões de trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referencias e os materiais utilizados para embasamento do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta parte do trabalho, é apresentado o contexto histórico da metodologia, o ciclo PDCA, ferramentas utilizadas para a elaboração e argumentação do trabalho e demais conceitos pertinentes em relação ao tema do trabalho.

### 2.1 Precedentes da metodologia

Devido à grande influência proporcionada pelas melhorias dos meios de produção, criação de uma padronização de linha de montagem, treinamento sistêmico de funcionários e demais inovações da época, a grande maioria - se não todas - as empresas adotaram a linha de montagem em algum aspecto. Isso ajudou a popularizar a preocupação com a qualidade e, conseqüentemente, com a melhoria dos produtos. Naquela época, datada na década de 1930, é iniciada a utilização de ferramentas estatísticas e de métodos científicos para melhoria de processos. Esse avanço aconteceu nos laboratórios Bell, uma das mais renomadas instituições de pesquisa da história e o protagonista desse avanço foi o estatístico Walter Shewhart, que, juntamente com Willian Edwards Deming - seu orientando durante sua vida acadêmica -, foram grandes inspirações para a criação do ciclo PDCA.

As organizações industriais já conheciam 3 processos da produção em massa - Plan, Do, See - (ISHIKAWA, 1986, p.55), os quais se encadeiam numa seqüência linear simples, aberta e representavam a estrutura de funcionamento das indústrias daquela época. Abaixo segue a figura 1, relativa ao conceito de controle de Taylor e os três processos de produção em massa aplicado naquela época.

Figura 1 – Conceito de controle de Taylor e os três processos de produção em massa



Fonte: Moen e Norman (2007).

Todavia, o modelo cíclico foi proposto apenas por Shewhart no final da década de 1930 através de sua obra intitulada *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Shewhart argumentou que esses três passos devem fazer um círculo ao invés de uma linha reta, pois eles constituem um “processo científico dinâmico de aquisição de conhecimento” (MOEN e NORMAN, 2007, p. 1.). Isso realimenta o processo e permite que ele seja aprimorado pela análise dos erros e problemas das etapas anteriores. Esse modelo, denominado ciclo de Shewhart, é levado por Deming ao Japão em 1950 e lá este modelo também é conhecido como ciclo de Deming ou Ciclo de controle, conforme pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Ciclo de Schewhart de 1939

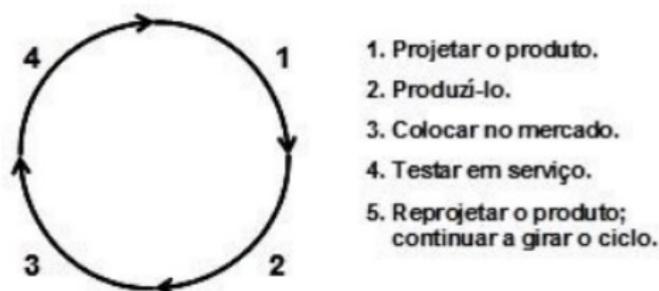


Fonte: Moen e Norman (2007).

Em 1951, o ciclo de Shewhart ganhou mais dois passos passando a compreender:

- O desenho do produto;
- Produzi-lo testando na linha de produção e no laboratório;
- Colocar no mercado;
- Testar no mercado por meio de pesquisas;
- Redesenhar o produto à luz da reação dos consumidores e continuar girando o ciclo (figura 3).

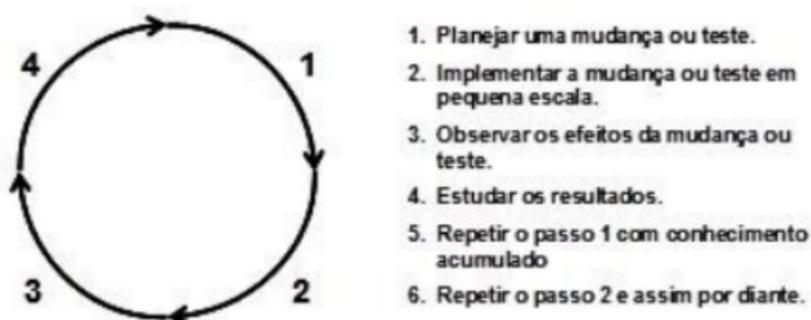
Figura 3 – Ciclo de Schewhart para desenvolvimento de produto



Fonte: Moen e Norman (2007).

Percebendo que seu modelo também é aplicável a processos repetitivos de melhoria, Shewhart substituiu as etapas de desenvolvimento e comercialização de produtos por atividades de planejamento e análise de melhorias, mas mantendo o caráter cíclico. Abaixo, na figura 4, é possível verificar o ciclo de Shewhart para processos repetitivos de melhoria.

Figura 4 – Ciclo de Schewhart para processos repetitivos de melhoria



Fonte: Moen e Norman (2007).

Após sua introdução no Japão, o primeiro ciclo de Shewhart foi muito bem aceito, mas sua ideia original foi alvo de objeções. Ishikawa logo concluiu que o plan-do-see não era adequado para o povo japonês pois, ao seu ver, o significado do verbo see – ver, olhar – “[...] propicia a atitude passiva de apenas se manter em

expectativa” (ISHIKAWA, 1986, p.56.). Deming explicou aos japoneses que a interpretação correta do verbo see não é apenas ver ou revisar, mas sim tomar uma ação, ou take action em inglês. Como essa ideia lhes pareceram mais consistente, os japoneses rapidamente incorporaram action ao modelo, omitindo take, conforme relembra o Dr. Noriaki Kano, autor deste relato. Assim, o modelo adotado no Japão passou a ser o plan-do-check-action, que é o PDCA conhecido nos dias de hoje.

Figura 5 – Ciclo PDCA como desenvolvido no Japão



Fonte: Hosotani (1992).

## 2.2 Ciclo PDCA

Como dito anteriormente, sob uma perspectiva pragmática, um problema é um resultado indesejável de um processo. Em outras palavras, “é um item de controle que não atinge o nível desejado” (WERKEMA, 1995). Ao se idealizar um processo, este é altamente susceptível a causalidades e circunstâncias que só entram em cena após sua implementação. Para lidar com essa inconstância de fatores, foi desenvolvido o Ciclo PDCA, onde a constante revisão das etapas envolvidas permite a solução de problemas antes desconhecidos.

Através da contínua verificação e ação corretiva das etapas de projeto, a metodologia Plan, Do, Check and Act cria um sistema que evita o acúmulo de erro e possibilita a solução dos mesmos em paralelo com o andamento do projeto. Há também a aplicação do ciclo PDCA no planejamento da qualidade (ou de inovação). Este último é usado nos casos de estabelecimento de novos produtos e processos.

### **2.2.1 Plan**

É a etapa mais complexa do ciclo PDCA uma vez que é necessário fazer um plano de ação: encadeamento das ações necessárias para que o objetivo seja cumprido. É de fundamental importância nesta etapa analisar o problema e ter um excelente entendimento do que está sendo analisado. Para auxiliar nesta análise, será utilizada a ferramenta 5W1H.

### **2.2.2 Do**

Feito o planejamento, esta etapa é a que define a execução do mesmo. Nesta etapa é fundamental fazer o monitoramento das atividades para que o roteiro do planejamento seja garantido. Há situações em que o projeto não consegue ser executado e, para estas situações, é necessário retornar à fase anterior para verificar os motivos do planejamento ter falhado.

### **2.2.3 Check**

Nesta fase é preciso fazer um monitoramento de cada atividade elencada no plano de ação e comparar o previsto com o realizado, identificando as lacunas que podem ser sanadas em um próximo ciclo, assim como oportunidades de melhoria que podem ser adotadas futuramente.

A fase de checagem começa juntamente com a fase de implementação do plano de ação, afinal, quanto mais cedo os resultados forem acompanhados, mais rapidamente você saberá se o planejamento deu mesmo certo e se os resultados serão atingidos.

A análise realizada na fase “checar” mostrará se os resultados estão de acordo com o que foi previamente planejado ou se é necessário ajustar o caminho.

### 2.2.4 Act

Atingindo todas as metas, esta é a fase em que se adota o plano aplicado como padrão. Caso algo não tenha saído como planejado, é hora de agir corretivamente sobre os pontos que impossibilitaram o alcance de todas as metas estipuladas.

Com a análise de dados completa, é preciso passar para a realização dos ajustes necessários, corrigindo falhas, implantando melhorias imediatas e fazendo com que o Ciclo PDCA seja reiniciado, visando aprimorar ainda mais o trabalho.

### 2.3 Ferramenta 5W1H

A ferramenta 5W1H, segundo PARIS (2002), é uma excelente ferramenta para resolução de problemas e esclarecimento da real situação do caso.

Esta metodologia é composta em seis etapas, que consistem em realizar alguns questionamentos sobre o que deu início ao problema. A análise será formulada por meio das respostas para as seguintes perguntas:

- What (O que): O que é o problema?
- Where (Onde): Onde foi observado? Processo, máquina, seção, área.
- When (Quando): Quando é observado? Contínuo, raro, intermitente.
- Who (Quem): Quem influencia o problema? Habilidades, conhecimento, colaboradores.
- Which (Qual): Qual é a tendência a ser observada? Diminuição, Aumento, estabilidade.
- How (Como): Como é observado, e como ocorre? Condições de processo, precisão.

### 2.4 Inovação e contexto histórico: Revoluções industriais

Desde o princípio da existência humana, a busca por inovação é um dos principais diferenciais dos seres humanos em relação às demais espécies, desde a

fabricação de instrumentos para facilitar a caça, pesca e tarefas domésticas, como o martelo, e outras ferramentas primárias, até todos os equipamentos tecnológicos que temos hoje que dia, necessários para otimizar e aumentar meios de produção, permitir fazer tarefas de forma mais confortável, acessível, segura, econômica, energeticamente eficiente e demais características benéficas para os seres humanos.

Apesar da busca por inovação nos meios de produção supracitada, a evolução tecnológica só teve seu primeiro pico de crescimento na primeira revolução industrial, em meados do século XVIII, cuja descoberta de máquinas a vapor fez com que houvesse um demasiado crescimento no processo produtivo da indústria. A grande característica dessa fase foi a utilização de trabalhos mecânicos para substituir o esforço humano e animal da época.

Por volta da segunda metade do século XIX, houve a segunda revolução industrial que fez com que o desenvolvimento técnico de produção da energia elétrica, juntamente com a evolução da mecanização impulsionada pela primeira revolução industrial, pudesse otimizar os meios produtivos e influenciar diretamente a vida das pessoas.

Vivenciada ainda nos dias atuais, temos a mais recente dinâmica de transformação dos sistemas produtivos: a terceira revolução industrial. Esta revolução teve início em meados do século XX e correspondeu ao processo de inovações no campo da informática e suas aplicações nos campos da produção e do consumo. Esse processo também foi o responsável pela instrumentalização da economia financeira, mais conhecida por economia de mercado, e sua integração mundial, vinculada ao que chamamos de globalização. Isso porque ela propiciou o máximo desenvolvimento nos meios de comunicação e transporte, que alcançaram proporções jamais vistas anteriormente. Além do mais, podemos dizer que a Revolução Técnico-Científica Informacional, como também é conhecida a III revolução industrial, é, sem dúvidas, o grande motor da Globalização na atualidade.

Podemos comprovar isso através do exemplo do emprego das tecnologias já consolidadas no chão-de-fábrica agora no ambiente domiciliar é a mais recente evolução pela qual a sociedade vem passando. E o interesse de inúmeras pessoas

em tornar seu cotidiano mais fácil impulsiona a transferência dessa tecnologia presente nos automóveis e no ambiente industrial para o doméstico ou qualquer outro que seja envolvido pelo dia a dia. Foi assim com os gigantescos mainframes (ou centro de processamento de dados) que se tornaram desktops (computadores pessoais); foi assim com a ARPANET, (a primeira rede de computadores) evoluiu para a INTERNET (a rede mundial de computadores). Dentre tantas mudanças, agora observamos a transição de se automatizar as residências, como foram automatizadas as fábricas sob a filosofia CIM.

Atualmente percebe-se a chegada da quarta revolução industrial, também chamada de indústria 4.0. As principais características dessa transformação estão representadas pela junção de tecnologias e a velocidade, causando impactos em todo negócio, desde a liderança — que deve estar sempre atualizada e responder rapidamente às mudanças — até o cliente, que estará mais exigente e participativo em relação aos produtos ou serviços oferecidos. Uma indústria 4.0 tem algumas características que devem ser consideradas, como a interoperabilidade, que é a comunicação entre máquinas, sistemas, dispositivos e pessoas.

## 2.5 Automação

Nesta seção são apresentados os conceitos relativos à automação para melhor embasamento do projeto.

### 2.5.1 Automatismos x Automação

Dentro dos seus limites técnicos e econômicos de aplicabilidade, automação é um potente instrumento necessário à realização sistemática e competente de todas as aplicações concretas, que possam constituir um passo efetivo adiante do potencial da ação humana e na diminuição de sua fadiga em todos os níveis operativos.

É importante salientar a distinção idiomática entre os termos automação e automatismo:

- **Automatismo:** Meios, instrumentos, máquinas, processos de trabalho, ferramentas, etc. Graças aos quais a ação humana é reduzida em um determinado processo.
- **Automação:** dinâmica organizada dos automatismos, ou seja, um sistema que faz uso de técnicas computadorizadas ou mecânicas com o objetivo de dinamizar e otimizar todos os processos produtivos dos mais diversos setores da economia.

Em outras palavras, assim como um automatismo é um simples sistema destinado a produzir a igual esforço físico ou mental, um maior volume de trabalho, a automação é a associação organizada dos automatismos, para executar os objetivos do processo humano.

### **2.5.2 Automação predial**

É coerente dizer que automação predial é o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, acessibilidade, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação, trabalho e demais edificações. A automação predial engloba residências, apartamentos, edifícios, hospitais, I.E., escritórios e demais empreendimentos.

### **2.5.3 IoT – Internet das coisas**

Internet das Coisas é a conexão de objetos físicos com a internet. Ou seja, uma forma de fazer com que itens do dia a dia sejam capazes de coletar e transmitir dados, segundo SOUZA, 2020. IoT descreve a rede de —“objetos físicos”— incorporados a sensores, software e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos e sistemas pela internet. Esses dispositivos variam de objetos domésticos comuns a ferramentas industriais sofisticadas. Com mais de 7 bilhões de dispositivos IoT conectados hoje, os especialistas esperam que esse número cresça para 10 bilhões em 2020 e 22 bilhões em 2025.

## 2.6 Empresa

Freeman (1982) define a inovação como um processo que envolve o uso, a aplicação e a transformação do conhecimento técnico e científico em solução de problemas relacionados com a produção e a comercialização, tendo como perspectiva o lucro. Portanto, a inovação pode ser vista como o resultado da combinação de recursos e competências para gerar novas soluções e levá-las ao mercado.

Com intuito de cumprir a necessidade de inovação no dia a dia das pessoas, foi fundada a empresa Domus Automação. Uma empresa integradora de sistemas que faz projetos de automação predial, residencial, condominial e corporativa cuja missão é mostrar os benefícios da automação no cotidiano das pessoas, utilizando soluções tecnológicas capazes de transformar empreendimentos comuns em ambientes mais modernos, econômicos, sustentáveis, agradáveis, práticos, confortáveis, seguros, acessíveis, valorizados e conectados. A visão é se tornar referência neste mercado de automação de forma diferenciada, sendo pioneira na implementação em massa de tecnologia IoT para eficiência energética.

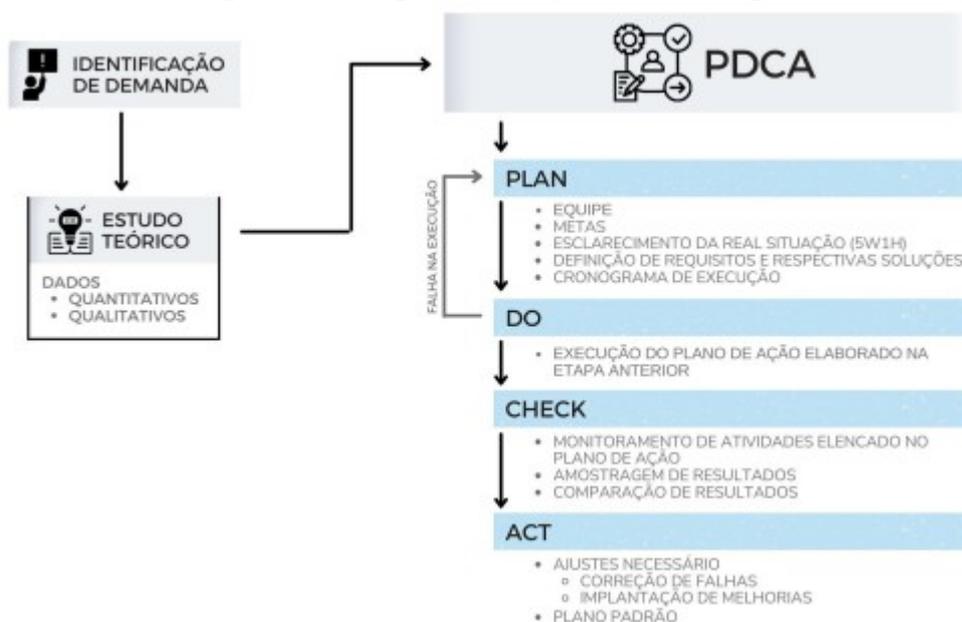
Desta forma, o conhecimento de como a empresa deve ser organizada e gerida de forma a desenvolver produtos, serviços e processos que realmente oferecem vantagens competitivas sustentáveis ao longo do tempo é muito relevante na estratégia da empresa em questão, que antecipa tendências do mercado.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho teve como base a metodologia PDCA, todavia, inicialmente, são manifestadas algumas considerações importantes para a aplicação da metodologia no estudo de caso.

Depois de realizado a identificação de demanda e o estudo teórico, é aplicada a metodologia PDCA com intuito de melhoramento do processo comercial através de um estudo de caso.

Figura 6 – Fluxograma de etapas da metodologia



Fonte: O autor (2021).

#### 3.1 Identificação de demanda

Inicialmente é realizada uma identificação de demanda, cujo intuito é demonstrar algumas justificativas na aplicação do estudo de caso, tanto do ponto de vista do empreendimento quanto na execução interna da instituição.

### 3.2 Estudo teórico

Conforme realizado até o momento do começo do estudo deste trabalho, é apresentado um estudo teórico para cálculo de economia na instituição. Este estudo considera uma série de parâmetros afim de entregar resultados mais próximo à realidade possível. Apesar de terem argumentações relevantes, estas são apenas teóricas - que não promove, até o momento, argumento suficiente para uma diminuição do risco deste investimento. Conforme já citado, a apresentação de dados teóricos não teve uma boa eficácia para conversão de vendas e, com isso, a metodologia PDCA é aplicada para referências práticas. Todavia, as informações teóricas são importantes para definir metas e seus respectivos indicadores atingidos.

### 3.3 Ciclo PDCA

Visto a demanda necessária neste setor e, conseqüentemente, a necessidade de uma abordagem mais eficaz nos potenciais clientes, é realizada algumas melhorias deste processo comercial baseado na metodologia PDCA. Para que a eficácia deste processo seja atingida, são utilizados dados quantitativos para a avaliação. Na figura a seguir, segue o fluxograma relativo às etapas seguidas no atual trabalho:

#### **3.3.1 Plan**

Nesta etapa é feito o plano da ação para a implementação na instituição considerada no estudo de caso. Nesta fase é definida a equipe, as metas, é esclarecida a real situação através da ferramenta 5W1H, definidos os requisitos e respectivas soluções tanto do cliente quanto da empresa fornecedora, e definido o cronograma de execução do projeto.

### **3.3.2 Do**

Nesta etapa serão executadas as ações necessárias, tanto para argumentações teóricas quanto nas práticas.

### **3.3.3 Check**

A fase de checagem começa juntamente com a fase de implementação do plano de ação, afinal, quanto mais cedo os resultados forem acompanhados, mais rapidamente você saberá se o planejamento deu mesmo certo e se os resultados serão atingidos.

A análise realizada na fase “checar” mostrará se os resultados estão de acordo com o que foi previamente planejado ou se é necessário ajustar o caminho. Na análise também fazemos uma comparação dos resultados.

### **3.3.4 Act**

Atingindo todas as metas, esta é a fase em que se adota o plano aplicado como padrão. Caso algo não tenha saído como planejado, é hora de agir corretivamente sobre os pontos que impossibilitaram o alcance de todas as metas estipuladas.

Com a análise de dados completa, é preciso passar para a realização dos ajustes necessários, corrigindo falhas, implantando melhorias imediatas e fazendo com que o Ciclo PDCA seja reiniciado, visando aprimorar ainda mais o trabalho.

## 4 ESTUDO DE CASO

Nesta seção, tendo como auxílio todo referencial teórico supracitado, é aplicado o estudo e devidamente argumentado.

### 4.1 Identificação de demanda

Todo produto do mercado é a solução para sua necessidade. No caso dos produtos de inovação, o desafio se torna demasiadamente maior, visto que dificilmente se tem uma base argumentativa ou “caminho” já realizado entre quem vende e quem compra em um determinado setor.

Uma vez notado que, no setor de Instituições de ensino (I.E), aparelhos de ar condicionado representam a maioria de todo o consumo de energia elétrica mensal, a abordagem deste setor se tornou bastante relevante para a melhoria de processos e diminuição de custos fixos e variáveis do empreendimento.

O estudo de caso se passa em uma instituição de ensino básico de Recife/PE. Em Pernambuco, há 4 unidades, sendo duas localizadas na capital. A unidade escolhida foi a localizada na zona sul de Recife, onde há 37 salas de aulas. Em instituições de ensino com unidades deste porte, já foi percebido pelo responsável administrativo financeiro que a quantidade de esquecimentos de aparelhos condicionadores de ar acionados e acionamentos precoces são bastante comuns, o que prejudica a instituição de 2 formas: Aumento tanto do custo fixo através da conta de energia quanto de custos variáveis através de manutenção, diminuição de vida útil de máquinas e necessidade de alteração da operação do colégio por conta de imprevistos relacionados aos aparelhos.

### 4.2 Análise teórica - Dados quantitativos

Quando se trata de aparelhos condicionadores de ar, os resultados quantitativos são consequência de duas ações: Controle de temperatura e gestão de acionamentos e desligamentos.

#### **4.2.1 Acionamentos e desligamentos**

Em geral, para Instituições de ensino (I.E), a gestão de acionamentos e desligamentos tem resultado direto e bastante relevante nos resultados promovidos pela solução, já que se trata de um grande número de ambientes e aparelhos, o que resulta em um elevado tempo de máquinas ligadas e de operação.

#### **4.2.2 Controle de temperatura**

O controle de temperatura tem resultado prático e direto na quantidade de tempo que a condensadora - unidade externa do aparelho que faz o resfriamento do ar do ambiente e é responsável por aproximadamente 95% do consumo total - fica acionada. Logo, na prática, para promover a economia, é fundamental fazer o controle da temperatura.

De acordo com a fabricante de aparelhos de ar-condicionado Komeco, a variação de 1°C pode elevar em até 7% o consumo de energia.

#### **4.2.3 Informações de base**

Quanto ao atual estudo de caso, é importante considerar que há 2 tipos de salas, que configuram cada situação de base. A situação de base 1 é caracterizada pelos tipos de sala cuja quantidade de aparelhos por sala é unitária. Já a situação de base 2 é caracterizada por ter 2 aparelhos em cada sala de aula. Seguem, no quadro 1, os parâmetros utilizados para os cálculos da análise teórica:

- Quantidade de Salas por Grupo: Número de salas de um determinado modelo. Este parâmetro serve para distinguir a quantidade de hardware necessário para cada modelo de sala.
- Quantidade de Grupos: Quantidade de cada tipo de sala.
- Quantidade de aparelhos por Sala.
- Consumo médio por aparelho.
- Percentual de tempo do compressor ligado: Isso é diretamente ligado à temperatura setada em cada condicionador de ar. Por exemplo, se setarmos

17°C em um determinado condicionador de ar, possível e dificilmente ele chegará a esta temperatura. Com isso, o condensador vai ficar 100% do tempo acionado para promover um conforto térmico na temperatura setada.

- Preço médio do kWh: Normalmente a soma TE + TUSD, impresso na conta de energia.
- Quantidade dias de funcionamento por mês.
- Quantidade de turnos de operação.
- Tempo de operação de cada turno.
- Duração do intervalo.
- Quantidade de graus nas salas (em média) que poderiam ser aumentados: Em média, é possível economizar 7% do consumo dos aparelhos condicionadores de ar para cada grau celsius elevado em um determinado ambiente.
- Tempo médio gasto pelo encarregado por sala para ligar/desligar aparelho: Tempo que um operador gasta para ligar uma sala e chegar na próxima.
- Custo mensal da mão-de-obra utilizada: Custo de um funcionário para fazer exclusivamente esta função. Este indicativo não serve para calcular a economia na ausência do funcionário, mas para calcular quanto é possível agregar o trabalho deste funcionário quando alocado em outras tarefas mais importantes para a instituição.

Tabela 1 – Parâmetros de análise teóricas

PARÂMETROS	SITUAÇÃO BASE		UNIDADE
	1	2	
Quantidade de Salas por Grupo	22	15	unid
Quantidade de Grupos	1	1	unid
Quantidade de aparelhos por Sala	1	2	unid
Consumo médio por aparelho	5,7	2,8	kWh
Percentual de tempo do compressor ligado	95,00		%
Preço médio do kWh	0,56636217		R\$
Quantidade dias de funcionamento por mês	20		dias
Quantidade de turnos de operação	2		unid
Tempo de operação de cada turno	4		horas
Duração do intervalo	20		min
Quantidade de graus nas salas (em média) que poderiam ser aumentados	2		°C
Tempo médio gasto pelo encarregado por sala para ligar/desligar aparelho	1		min
Custo mensal da mão-de-obra utilizada (+ encargos)	1591,535		R\$

Fonte: O autor (2021).

#### 4.2.4 Resultados totais

Com as informações das Situações de base, é possível fazer algumas estimativas de consumo e respectivas economias do estudo de caso. Tais economias são relativas ao tempo de acionamento de aparelhos, controle de temperatura e custo de alocação de recursos humanos. Segue quadro com os respectivos resultados.

Tabela 2 – Resultados da análise teórica

RESULTADOS	SITUAÇÃO BASE			UNIDADE
	1	2	TOTAL	
Quantidade necessária de módulos para a solução	22	15	37	und
Estimativa de consumo mensal de condicionadores de ar	R\$12.973,26	R\$7.231,31	R\$20.204,57	R\$
Economia gerada por aumento na temperatura média da sala	R\$ 1.362,19	R\$ 1.012,38	R\$ 2.374,58	R\$
Desperdício por sala ANTES das aulas (mensal)	8,07	10,00	18,07	horas
Desperdício por sala DEPOIS das aulas (mensal)	8,07	10,00	18,07	horas
Desperdício por sala por sala no intervalo (mensal)	22,00	13,33	35,33	horas
Tempo mensal de desperdício no processo de ligar/desligar	838,93	500,00	1.338,93	horas
Economia gerada por operação correta de ligar/desligar	R\$ 438,34	R\$ 269,02	R\$ 707,36	R\$
Tempo de utilização de mão-de-obra por dia	R\$1,47	R\$1,00	R\$2,47	horas
Economia gerada por liberação de recursos humanos mensal	R\$ 279,84	R\$ 198,94	R\$ 478,78	R\$
<b>ECONOMIA GERAL MENSAL</b>	<b>R\$ 2.080,37</b>	<b>R\$1.661,13</b>	<b>R\$3.741,51</b>	<b>R\$</b>
Economia mensal gerada por cada módulo <u>Qair</u>	R\$94,56	R\$98,69	R\$193,25	R\$

Fonte: O autor (2021).

#### 4.3 Aplicação do ciclo PDCA

Pelo fato do setor comercial ser uma peça fundamental para o sucesso de uma empresa, é fundamental sempre melhorá-lo para que o faturamento aumente de forma inversamente proporcional ao tempo de conversão de uma venda. Com intuito de ter uma maior taxa de conversão em menor tempo, foi aplicado o ciclo PDCA no processo de venda. Apesar de uma boa fundamentação teórica nos cálculos da economia, empresas contratantes de produtos e serviços sempre sentem a necessidade de minimizar ao máximo seus riscos. Por se tratar também de uma solução inovadora - ainda não vista no mercado - a necessidade de argumentos aplicados na prática se torna fundamental para a eficiência e efetividade no processo comercial.

Na teoria, as argumentações supracitadas valem como validação para o surgimento de uma demanda ainda pouco conhecida, cuja solução ainda era

desconhecida. Todavia, a análise teórica não mostrou ter um poder argumentativo suficientemente relevante para que os tomadores de decisão investissem em uma solução nova no mercado, segundo alguns coordenadores de instituições de ensino que já tiveram contato com uma abordagem teórica da solução. Foi alegado, portanto, que seria necessário argumentos mais voltados à realidade das instituições.

Portanto foi planejada uma abordagem prática para que houvesse as validações dos dados apresentados em teoria, executado tal plano de ação, checado os resultados obtidos e, atingindo os resultados projetados, foi adotado o plano de ação, depois de fazer os ajustes necessários, corrigir falhas, implantar melhorias imediatas e fazer com que o Ciclo PDCA seja reiniciado com um espaço amostral maior, visando aprimorar ainda mais o trabalho. Segue os detalhamentos das etapas do ciclo PDCA.

#### **4.3.1 Plan**

Para o potencial contratante, conforme argumentado, torna-se fundamental a entrega de resultados práticos eficientes, de alta confiabilidade e eficazes. Feito um brainstorming com a equipe da empresa fornecedora, para uma maior escalabilidade, é fundamental um baixo custo, curto prazo e que necessite minimamente do envolvimento de pessoas e operações.

A equipe era formada por um representante financeiro, um administrativo, um responsável pelas operações e mais um colaborador responsável pela parte comercial da cidade de Recife. Também foi conversado com o responsável administrativo, diretora pedagógica da unidade e responsável pelos corredores do colégio utilizado para o estudo de caso. Desta forma, foi possível entender bem as necessidades de ambas as partes.

Aprofundando a análise para obter a solução que atenda os requisitos tanto da contratante quanto da contratada, foi utilizada a ferramenta 5W1H para entender melhor os processos envolvidos, conforme detalhado na tabela abaixo.

Tabela 3 – Diagrama 5W1H

Perguntas	Foco	Respostas
<b>What? (O que)</b>	Objeto	Alto consumo decorrente dos acionamentos dos condicionadores de ar.
<b>Where? (onde)</b>	Local	Salas de aula principalmente.
<b>When? (quando)</b>	Frequência	Dias com utilização das salas, em geral nos dias úteis.
<b>Who? (Quem)</b>	Pessoas	Colaboradores responsáveis.
<b>Which? (Qual)</b>	Tendência	Mesmo com uma ligeira melhora provocada pelas instruções da coordenação e direção, em pouco tempo o processo passa a apresentar as mesmas falhas: Acionamentos antecipados, esquecimentos e alto consumo de energia.
<b>How? (Como)</b>	Estado	Limitação humana em relação aos recursos da automação.

Fonte: O autor (2021).

Portanto, o problema envolve tanto a limitação humana para o acionamento de muitas salas/aparelhos, assim como a falta de atenção do operador em relação às temperaturas setadas.

Com um melhor entendimento dos processos, foram especificadas algumas soluções de melhoria para que fossem atendidos os requisitos tanto da empresa fornecedora quanto do respectivo cliente.

Tabela 4 – Requisitos e respectivas soluções

REQUISITOS		SOLUÇÕES
Cliente	Eficiência da solução	Disponibilização de logins de acesso para teste de utilização e acompanhamento.
	Confiabilidade	
	Eficácia	Feedback diário de colaboradores e acesso remoto
Fornecedor	Baixo custo	Pequeno espaço amostral: 04 salas de aula.
	Curto prazo	15 dias SEM automação, 30 dias COM automação.
	Baixo envolvimento de pessoas e operações	Solução IoT com arquitetura <u>plug'n play</u> com conectividade à internet.

Fonte: O autor (2021).

A disponibilidade de 1 mês COM automação também faz com que o cliente receba a primeira conta de energia. Desta forma é possível ter uma confiabilidade maior do ponto de vista do cliente.

Tabela 5 – Cronograma de execução do projeto

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO								
ATIVIDADES	DIA		SEMANA					
	1	2	1	2	3	4	5	6
Instalação de Hardware	■							
Teste para startup	■	■						
Período SEM automação			■	■				
Período COM automação					■	■		
Elaboração de relatório							■	
Agendamento de apresentação							■	■

Fonte: O autor (2021).

#### 4.3.2 Do

Pelo fato de ser um produto de inovação baseada na tecnologia de Internet das Coisas (IoT), é possível deixar pré configurados os módulos com controles remotos dos respectivos condicionadores de ar, SSID e senha da internet wifi e demais parâmetros para uma execução e análise fidedigna.

Para a instalação dos módulos, é utilizada mão de obra própria da instituição de ensino (I.E.), o que proporciona uma baixa necessidade de mão de obra e operação da empresa fornecedora, sendo necessário apenas um breve acompanhamento de um profissional da empresa fornecedora para a execução na primeira máquina, podendo também ser feito por chamada de vídeo. O processo de execução proporciona um baixíssimo índice de falha de instalação, visto que todas as conexões dos dispositivos com alimentação e demais componentes é feita através de plugs P2, terminais tubulares e conectores.

Figura 7 – Módulos e conectores



Fonte: O autor (2021)).

Mesmo com a possibilidade de teste logo após a instalação, foi deixado mais um dia de teste para que seja verificado o funcionamento dos módulos por, no

mínimo, 1 dia inteiro de operação. Após o teste, é disponibilizado um login para que o colaborador responsável da empresa contratante tenha uma melhor experiência de usabilidade do sistema.

Desta forma, todos os requisitos tanto da empresa fornecedora quanto do cliente são considerados para um processo comercial mais eficaz, eficiente, com alta confiabilidade, baixo custo e curto prazo.

Os custos deste processo para a empresa fornecedora é apenas a disponibilização de mão de obra para recolher material, deslocamentos e acompanhamento remoto, ou seja, nenhum custo direto. Por se tratar de módulos, estes são disponibilizados gratuitamente pela empresa fabricante durante todo o período de teste.

#### **4.3.3 Check**

Pelo fato de ter a tecnologia agregada a um processo simples de execução, o monitoramento das atividades também se torna mais acessível. Em processos anteriores - executados em outro setor do mercado - foram corrigidos e otimizados alguns outros procedimentos que envolvem a execução e checagem dos processos, como a pré-configuração de módulos e checagem remota de forma imediata na instalação e monitoramento de dados.

Tanto no período SEM automação quanto no COM automação, o processo de recolhimento de dados é realizado da mesma forma. A diferença é que, no período SEM automação, é vigente o processo operacional natural do cliente, enquanto que no período COM automação, os comandos são enviados automaticamente aos aparelhos através das programações realizadas pelo colaborador da empresa fornecedora.

Os prazos já pré estabelecidos com o cliente também facilitam a execução e monitoramento de atividades, visto que, nos primeiros 15 dias, as 2 únicas tarefas da empresa fornecedora é apenas recolher dados diretamente da plataforma - que dura em torno de 15 minutos por dia - e fazer as programações dos comandos das máquinas. Por ser um espaço amostral pequeno, totalizando apenas 04 salas de

aula, não se torna necessário uma grande disponibilidade de tempo dos colaboradores responsáveis pelo respectivo cliente.

O recolhimento dos dados de consumo são recolhidos diretamente no dashboard da plataforma e, utilizando uma tabela padrão da empresa fornecedora, o acesso aos resultados é dado de acordo com o respectivo preenchimento. Conforme supracitado, o objetivo é tornar evidente, na prática, os dados e informações apresentados na análise teórica cuja economia total foi de R\$ 3.741,51. Na prática, temos os seguintes resultados.

Tabela 6 – Média de consumo diário de cada semana

MÉDIA DE CONSUMO DIÁRIO NA SEMANA [kWh]													
Regime	Semana	Sala 29			Sala 30			Sala 31			Sala 32		
		Esq.	Dir.	TOTAL									
SEM automação	1	42,82	24,83	67,65	35,55	25,07	60,62	18,79	36,54	55,32	36,54	17,49	54,02
	2	24,34	15,50	39,84	14,48	29,86	44,34	18,42	16,70	35,11	16,70	15,93	32,62
	Média	33,58	20,17	53,74	25,01	27,47	52,48	18,60	26,62	45,22	26,62	16,71	43,32
<b>48,69</b>													
COM Automação	3	22,00	17,82	39,82	23,92	10,17	34,10	13,02	21,37	34,39	21,37	7,11	28,48
	4	22,04	15,50	37,54	21,70	10,20	31,90	14,90	19,01	33,91	19,01	6,55	25,56
	Média	22,02	16,66	38,68	22,81	10,19	33,00	13,96	20,19	34,15	20,19	6,83	27,02
<b>33,21</b>													

Fonte: O autor (2021).

Fazendo uma média por sala de aula, foi alcançada uma eficiência de 31,81% em relação ao consumo total de todos os aparelhos condicionadores de ar e economia de 15,48 kWh por dia em cada sala de aula. Seguindo os mesmos parâmetros que o teste teórico, temos os seguintes parâmetros da situação de base.

Tabela 7 – Dados da situação base do teste prático

SITUAÇÃO DE BASE - Teste prático	
20	Dias de expediente integral/Mês
37	Salas
15,48	Kwh/(dia*sala)
0,56636217	Preço médio do kWh [R\$/kWh]

Fonte: O autor (2021).

Multiplicando os 4 parâmetros acima, é possível prever, na prática, a economia gerada para as 37 salas consideradas da unidade da Instituição de Ensino (I.E). O valor calculado foi de R\$ 6.487,16 , o que comprova não somente a eficiência da solução na aplicação deste estudo de caso como também evidencia mais desperdícios relativos aos respectivos processos operacionais.

#### **4.3.4 Act**

Apesar de ter obtido um resultado bastante positivo no teste prático, é fundamental argumentar a divergência de dados. As argumentações têm intuito tanto de aumentar a confiabilidade do cliente em relação à solução - o que promove uma celeridade no processo, visto que se trata de desperdícios relativos ao custo fixo de energia elétrica - quanto servir de portfólio para apresentação de benefícios em outros potenciais clientes, fazendo com que a taxa e tempo de conversão sejam maiores e menores, respectivamente.

Realizando uma análise remota dos consumos, temperaturas e tempos de funcionamento dos aparelhos condicionadores de ar considerados, foram verificadas algumas falhas:

- **Gestão de acionamentos e desligamentos:** Conforme foi visto na análise teórica, este procedimento tem relação direta tanto com custos fixos quanto variáveis. Sendo o intuito da automação diminuir desperdícios, analisando o período SEM automação, foram vistas algumas oportunidade de diminuição de desperdício. Na tabela abaixo - Mapa de diferença de tempos de utilização - é possível visualizar a quantidade de desperdício de cada aparelho/sala em relação aos dias do teste. Em amarelo, é notável que foram esquecimentos de um dia para outro. Em vermelho, o desperdício é caracterizado por acionamentos prévios, acionamentos em horários de refeição e desligamentos tardios. Em verde, onde a diferença entre os tempos de utilização dá negativo, são salas que não tiveram aula por algum motivo. Portanto, é notável que, na prática, os desperdícios são ainda maiores que na teoria. Em teoria, multiplicando a soma de horas positivas do período, que é 404,56, de por 2 - já que a quantidade é relativa apenas pela metade do mês

- pela potência nominal do aparelho e depois pelo preço médio do kWh, temos o custo desses procedimentos relativos à gestão de acionamentos e desligamentos: R\$ 1.512,25.

Tabela 8 – Mapa de diferença de tempos de utilização

Comparativo de dias	MAPA DE DIFERENÇA DE TEMPOS DE UTILIZAÇÃO [h]							
	SALA 29		SALA 30		SALA 31		SALA 32	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
2ª Feira	16,03	16,59	13,97	14,48	13,89	13,89	15,14	15,11
3ª Feira	13,14	14,16	13,81	13,51	10,50	10,50	13,65	13,78
4ª Feira	12,79	13,27	12,92	12,69	13,41	13,41	12,92	12,61
5ª Feira	4,68	5,96	5,60	4,77	5,86	5,86	4,37	3,57
6ª Feira	-4,55	-4,52	0,66	4,62	-4,05	-4,05	-4,47	-4,04
2ª Feira	0,26	1,25	1,29	0,31	-0,56	-0,56	1,20	0,67
3ª Feira	1,84	1,85	1,79	1,56	3,02	3,02	1,53	1,01
4ª Feira	1,67	1,87	0,77	0,31	-9,28	-9,28	-0,45	0,71
5ª Feira	0,36	0,36	0,33	-0,16	1,63	1,63	-0,08	0,03
6ª Feira	0,45	0,81	1,24	0,11	-0,20	-0,20	0,42	0,42

Fonte: O autor (2021).

- Temperatura baixa nos horários de aula: Sabendo-se que a diferença entre as economias na teoria (R\$ 3.741,51) e na prática (R\$ 6.487,16) é de R\$ 2.745,25, é notável que, pela diferença de valores, o controle da temperatura também teve um papel fundamental na economia. Outros fatores também podem ter influenciado, mesmo que seja de maneira sutil, como a elevação da potência real do aparelho de acordo com sua vida útil. Neste sentido, não considera-se como um dado quantitativo, mas sim qualitativo.
- Vantagens qualitativas: Além das vantagens supracitadas, há a vantagem sustentável da solução, possibilidade de diminuição de custos com perda/quebra de controles remotos, aumento de potência real de aparelhos, economia de recursos humanos para alocação de tarefas e a possibilidade de fazer manutenção preventiva ao invés de corretiva. Tais vantagens não podem ser previstas quantitativamente com exatidão.

## 5 CONCLUSÃO

A metodologia PDCA aplicada ao processo comercial se mostrou bastante eficiente e foi fundamental para a organização das etapas do processo, sendo base para a formulação de várias estratégias comerciais da empresa, considerando tanto em procedimentos internos quanto externos. Foi comprovada a importância da constante revisão dos planos e ações para o aperfeiçoamento das metodologias de abordagem dos clientes, o que fez com que fossem abertas algumas outras possibilidades com intuito diminuir ainda mais o tempo de faturamento em relação a um determinado cliente

### 5.1 Considerações finais

Através de uma análise teórica, que já era realizada no processo comercial, foi comprovada e uma demanda neste setor e mensurado os respectivos custos. Depois de aplicada a metodologia PDCA, foi executado o plano de ação para melhoria e, com isso, foram comprovados resultados ainda mais positivos em relação a esta respectiva demanda. Diante foram discutidos e argumentados tais resultados e, conseqüentemente, foi comprovado o sucesso da metodologia PDCA para aumentar a conversão de clientes prospectados e diminuir seu respectivo tempo no processo comercial através da amostragem de resultados práticos da implementação de soluções IoT para eficiência energética.

Os resultados apresentados comprovaram a demanda criada para melhoria de processos através de ativos operacionais de empreendimento, promovendo argumentações comerciais bastante relevantes para o fechamento de projetos. O fato de, na prática, se obter resultados - que são argumentados posteriormente - ainda melhores que na teoria fez com que fosse criado ainda uma urgência pela implementação da solução, visto que, quanto mais tempo é gasto na negociação, maiores os desperdícios. Isso agrega tanto no tempo de conversão quanto no faturamento da empresa no respectivo projeto. Outra vantagem é a possibilidade de uma expansão modular menos burocrática e mais facilitada na empresa contratante,

visto que é criada uma relação de confiança entre as empresas. Depois de um tempo de implementação também foi notado uma diminuição também de custos referentes a manutenções corretivas, além de poder ser implementado manutenções preventivas com mais assertividade.

Após as argumentações teóricas e práticas, o projeto foi aprovado e implementado em todas as salas de aula dos dois prédios da unidade Boa Viagem - localizada em Recife/PE. Ao total, foram 37 salas de aula, 52 condicionadores de ar automatizados, uma média de economia MENSAL de R\ \$ 13.593,90 no primeiro semestre de 2021 e retorno de investimento em apenas 3 meses. Contando os meses de férias, cujo custos relativos às salas de aula é minimizado, a solução promoverá uma economia de aproximadamente R\ \$ 120.000,00 durante o primeiro ano de vigência do contrato.

## 5.2 Trabalhos futuros

Diante de tais resultados, principalmente do ponto de vista com maior espaço amostral, a empresa conseguiu aumentar a margem de lucro das soluções e trabalhou alguns modelos de implementação:

- Projeto piloto com modelo de implementação por aluguel: Cobrança de aluguel e serviços agregados ainda no teste piloto. Caso seja percebido uma retração do cliente para o pagamento mensal da mensalidade, pelo menos os custos com serviço passam a ser cobrados. Isso torna o processo bem mais sustentável e, conseqüentemente, mais escalável.
- Implementação SEM risco: Modelo em andamento para validação, este é caracterizado pelo investimento por parte da contratada de todo o projeto e, como remuneração, a contratante abre mão da maioria da economia promovida pela solução. Na prática, trata-se de uma venda da economia por parte da contratada para a contratante. Logo, o risco de implementação é anulado e, assim, espera-se um retorno ainda mais curto na conversão de projetos.

Estes modelos também podem ser utilizados para escalar a implementação modular dos grandes grupos.

## REFERÊNCIAS

FREEMAN, C. The economics of industrial innovation. v. 2, 1982.

GUIMARAES, N. ~ As 4 revoluções industriais e seus processos de fabricação. CONAENGE, 2019.

HENRIQUE, P. Automação. Revista O Setor Elétrico, v. 62, 2011.

ISHIKAWA, K. p. P.55, 1986.

MACENA, D. R. D. S. Estudo de caso: Aplicação da metodologia kaizen para redução das perdas de matérias-primas em uma indústria alimentícia. TCC - Graduação em Engenharia Mecânica, p. 1–54, 2020.

MAGNUS, T. Indústria 4.0: A Quarta Revolução Industrial. Transformação Digital, 2019.

MOEN, R.; NORMAN, C. Evolution of the PDCA Cycle. 2007.

MURATORI, J. R. Automação residencial: conceitos e aplicações. 2015.

PEREIRA, C. Dicas para economizar na conta de luz no inverno. Diário Gaúcho, 2017.

RODRIGUES, G. F. Desenvolvimento de um sistema de automação predial para gestão e monitoramento em tempo real do sistema hidráulico. TCC - Graduação em Engenharia de Controle e Automação, p. 1–74, 2019.

SOUSA, R. Terceira Revolução Industrial. Brasil Escola, 2019.

S.PARIS, W. Sistemas da qualidade: Material de Apoio. 2002.

TUMLER, C. ~ Veja 5 dicas para abusar do ar-condicionado sem estourar a conta de energia. Gazeta do Povo, 2017. 40

VALLE, C. L. Equity in health. Promotion & Education, v. 5, p. 13–17, Dec 1998.

VIDAL, G. H. de P. Método de análise de soluções de problemas na investigação e tratamento de ocorrências ferroviárias. TCC - Graduação em Engenharia de Produção, p. 1–62, 2016.

WERKEMA, M. C. C. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. v. 6, 1995.