



**INSTITUTO FEDERAL DO AMANAZONAS – IFAM**  
**CURSO TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**ALAN LARROQUE DOS SANTOS**

**USO DE REDES DE COMUNICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
EM PRÉDIO PÚBLICO**

**Manaus**

**2021**

**ALAN LARROQUE DOS SANTOS**

**USO DE REDES DE COMUNICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
EM PRÉDIO PÚBLICO**

*Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado à banca avaliadora do Curso  
de Tecnologia em Sistemas de  
Telecomunicações, do Instituto Federal do  
Amazonas, como pré-requisito para a  
obtenção do título de Tecnólogo em  
Sistema de Telecomunicações.*

Orientador: Prof.: Esp. Celso Souza Cordeiro.

**Manaus**

**2021**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S237u Santos, Alan Larroque dos.

Uso de redes de comunicações para eficiência energética em prédio público. / Alan Larroque dos Santos. – Manaus, 2021.  
69f. ; il. color.

TCC (Graduação Tecnologia em Sistema de Telecomunicações) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, 2021.

Orientador: Prof. Esp. Celso Sousa Cordeiro

1. Estudo. 2. Consumo. 3. Eficiência energética. 4. Iluminação. I. Cordeiro, Celso Sousa (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.382

---

Elabora por Fc<sup>a</sup>. Amélia Frota, registro n.858 (CRB11)

**ALAN LARROQUE DOS SANTOS**

**USO DE REDES DE COMUNICAÇÕES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
PRÉDIO PÚBLICO**

Trabalho de conclusão do curso, Tecnologia em sistema de Telecomunicações, realizado com intuito de obtenção de título de Tecnólogo em Sistema de Telecomunicações, pelo Instituto Federal do Amazonas – IFAM.

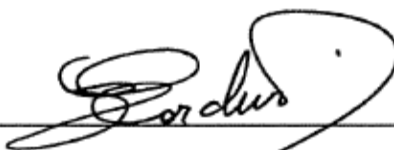
Manaus, 09 de setembro de 2021.

---

Prof. Marlos

Coordenador do Curso de TST.

Banca Examinadora

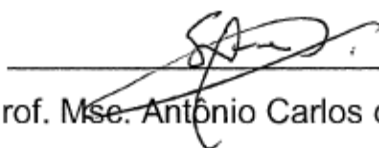


Prof. Orientador: Esp. Celso Souza Cordeiro.



**Luiz Junior**  
757.153.332-53  
Signatário

Prof. Msc. Luiz Carlos Garcia Junior.



Prof. Msc. Antonio Carlos de Castro da Silva.

---

Membro

**“ O dia está na minha frente esperando para ser o que eu quiser. Tudo depende só de mim”.**

**Charles Chaplin**

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente à Deus, por ter concedido saúde nesse momento tão delicado de nossa vida, durante todo o período de estudo iluminando meu caminho.

A minha família em especial a minha esposa “Vanessa” que sempre esteve ao meu lado nas horas mais difíceis, foi um anjo de Deus na minha vida. Aos amigos e colegas que em certos momentos foram um apoio nas atividades e a todos os professores que se esforçaram para me ensinar.

Ao coordenador do curso “Professor Marlos” profissional dedicado e sempre disposto a ajudar, ao orientador “Professor Celso” por ter aceitado esse desafio de conduzir este projeto, ao diretor “Prof. Nivaldo” fica meus sinceros agradecimentos pelo apoio e parceria, ao saudoso “Prof. Marcos Maciel” um excelente profissional que passou nas fileiras do ensino da instituição.

Fica os meus sinceros agradecimentos, para os que ficaram e os que partiram nesta pandemia, obrigado a todos.

## **Resumo**

O trabalho tem como objetivo identificar as oportunidades no aumento da eficiência energética em uma edificação pública, podendo ainda obter parcialmente do selo da “Procel” de eficiência energética, para isso serão analisados a eficiência e os custos do circuito de iluminação atual, diante dos resultados serão feitos novos cálculos utilizando uma tecnologia mais eficiente na iluminação, contribuindo na redução dos custos, será implementado um sistema utilizando redes de comunicações para automatização dos circuitos de iluminação e refrigeração das salas, o aplicativo do sistema fará o acionamento dos circuitos de forma remota e independente. As condições atuais e futuras dos circuitos de iluminação serão comparadas e os resultados mostrará o quanto de economia trouxe a instituição, utilizando um novo sistema de iluminação e automação. Depois de todas as análises feitas, os orçamentos elaborados para a implantação, o play back do retorno do investimento poderá ser avaliado.

**Palavras-chave:** Estudo. Consumo. Eficiência energética. Iluminação.

## Resume

he work aims to identify opportunities to increase energy efficiency in a public building, and may even partially obtain the “Procel” seal of energy efficiency. For this, the efficiency and costs of the current lighting circuit will be analyzed, in light of the results new calculations will be made using more efficient lighting technology, contributing to cost reduction, a system will be implemented using communication networks to automate the lighting and cooling circuits in the rooms, the system application will trigger the circuits remotely and independent. The current and future conditions of the lighting circuits will be compared and the results will show how much savings the institution has brought, using a new lighting and automation system. After all the analysis done, the budgets prepared for the implementation, the play back of the return on investment can be evaluated.

**Keywords:** *Study. Consumption. Energy efficiency. Illumination.*



## Lista de Figuras

Figura 1- Etiqueta de eficiencia energética.....	20
Figura 2 - Lâmpada de Edison.....	26
Figura 3 - Lâmpada incandescente.....	27
Figura 4 - Lâmpada Par.....	27
Figura 5 - Lâmpada Fluorescente.....	28
Figura 6 - Lâmpada Fluorescente tubular.....	29
Figura 7 - Lâmpada tubular led.....	29
Figura 8 - Lâmpada de led compacta.....	30
Figura 9 - Fluxo de iluminancia.....	31
Figura 10 - Fluxo luminioso.....	31
Figura 11 - Curva de distribuição luminosa.....	32
Figura 12 - Intensidade luminosa.....	33
Figura 13 - Potência da Lâmpadas.....	33
Figura 14 - Estrutura do sistema de automação.....	37
Figura 15 - Sistema de automação predial.....	38
Figura 16 - Topología de redes.....	40
Figura 17 - Prédio das salas de aula.....	43
Figura 18 - Corredor do prédio.....	44
Figura 19 - Lâmpada de iluminação da sala de aula.....	46
Figura 20 - Conexão do smartphone com o controle.....	58
Figura 21 - Diagrama de ligação das Lâmpadas.....	59
Figura 22 - Diagrama de ligação do ar-condicionado.....	59
Figura 23 - Tela do smartphone com tipos de acessos controlados.....	60
Figura 24 - Rede de comunicação entre aparelhos de automação.....	60
Figura 25 - Central de controle e comando dos aparelhos de automação.....	61

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Equivalente numérico dos níveis de eficiência .....	18
Tabela 2 – Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação....	24
Tabela 3 – Exemplo de comparação de eficiência.....	25
Tabela 4 – Pré-requisito de circuito de iluminação.....	25
Tabela 5 – Distância máxima dos cabos.....	39
Tabela 6 – Área de cobertura recomendada para automação.....	40
Tabela 7 – Potência total das lâmpadas do corredor.....	44
Tabela 8 – Consumo mensal do corredor.....	45
Tabela 9 – Consumo mensal em “REAIS” .....	45
Tabela 10 – Potência da iluminação do prédio.....	46
Tabela 11 – Consumo mensal da iluminação.....	47
Tabela 12 – Consumo mensal das salas.....	47
Tabela 13 – Nível de eficiência.....	48
Tabela 14 – Potência de iluminação de uma sala.....	49
Tabela 15 – Potência da nova iluminação dos corredores.....	51
Tabela 16 – Demanda de consumo mensal.....	51
Tabela 17 – Demanda de consumo mensal em “Reais” .....	52
Tabela 18 – Demanda da iluminação.....	53
Tabela 19 – Consumo mensal em (Kwh).....	54
Tabela 20 – Consumo mensal em “REAIS” .....	54
Tabela 21 – Potência de iluminação de uma sala de aula.....	55
Tabela 22 – Custo da nova iluminação.....	57
Tabela 23 – Investimentos na aquisição do sistema de automação.....	62

## Lista de Fórmulas

Fórmula 1.....	30
Fórmula 2.....	44
Fórmula 3.....	44
Fórmula 4.....	45
Fórmula 5.....	47
Fórmula 6.....	47
Fórmula 7.....	48
Fórmula 8.....	49
Fórmula 9.....	50
Fórmula 10.....	51
Fórmula 11.....	52
Fórmula 12.....	52
Fórmula 13.....	52
Fórmula 14.....	54
Fórmula 15.....	54
Fórmula 16.....	55

## Lista de gráficos

Gráfico 1 – Comparação do conjunto e o custo.....	56
---	----

## Abreviaturas e Siglas

**ABNT** – Associação Brasileira de normas técnicas.

**ENCE** – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

**INMETRO** – Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial.

**RTQ-C** – Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais de serviços e públicos.

**RAC-C** – Requisitos de avaliação da conformidade do nível de eficiência energética e edifícios comerciais de serviços públicos.

**DPIL** – Densidade de potência de iluminação limite.

**EEF** – *Energy Efficiency Ratio*.

**ENCE** – Etiqueta nacional de conservação de energia.

**EqNum** – Equivalente Numérico.

**Lm** – Lumes.

**Lx** – Lux.

**CD** – Candeia.

**W** – Watts.

**K** – Kilo watts.

**KWh** – Kilo Watts hora.

**R\$** - Cifra do dinheiro do Brasil – Reais.

**PROCEL** – Programa Nacional de eficiência energética

## Sumário

<b>1. Capítulo</b>	
1.1. Introdução.....	15
1.2. Formulação da problemática.....	16
1.3. Justificativa.....	16
1.4. Objetivos.....	16
1.4.1. Objetivo Geral.....	16
1.4.2. Objetivos Específicos.....	16
<b>2. Capítulo</b>	
2. Revisão Bibliográfica.....	17
2.1. Requisitos de obtenção do selo procel.....	17
2.1.2. Determinação da eficiência.....	17
2.1.3. Nível eficiência.....	18
2.1.4. Estrutura do regulamento técnico.....	19
2.1.5. Edifícios comerciais, de serviços públicos.....	19
2.1.6. Etiqueta parcial.....	20
2.1.7. Sistema de iluminação.....	20
2.1.8. Divisão dos circuitos iluminação.....	21
2.1.8.1. Exceções dos ambientes.....	22
2.1.9. Determinação da eficiência energética.....	22
2.1.10. Método da área do edifício.....	22
2.2. História das lâmpadas.....	25
2.2.1. Tipos de lâmpadas.....	26
2.2.2. Lâmpadas incandescente.....	27
2.2.3. Lâmpada Par.....	27
2.2.4. Lâmpada fluorescente.....	28
2.2.5. Lâmpada fluorescente tubular.....	29
2.2.6. Lâmpada tubular de led.....	29
2.2.7. Lâmpada de led compacta.....	30
2.2.8. Iluminância.....	31
2.2.9. Fluxo luminoso (lm).....	32
2.2.10. Curva de distribuição luminosa - candeia.....	32
2.2.11. Intensidade luminosa.....	33

2.2.12. Potencia total instalada.....	34
2.3. Conceito de edifício inteligente.....	34
2.3.1. Componentes de um edifício inteligente.....	35
2.3.2. Serviços de comunicação do edifícios.....	35
2.3.3. Sistema de segurança.....	36
2.3.4. Sistema de comunicação de dados.....	36
2.3.5. Serviços de sistema de telecomunicações.....	36
2.3.6. Cabeamento para automação predial.....	37
2.3.6.1. Subsistema de cabeamento.....	38
3. Capítulo	
3. Metodologia.....	42
4. Capítulo	
4. Projeto de eficiencia energética.....	43
4.1 Descrição dos circuitos do prédio.....	44
4.1.1 Corredor.....	44
4.1.2 Salas de aula.....	46
4.1.3 Qualificação da eficiencia energética do prédio.....	48
4.1.4 Enquadramento da eficiencia energética da sala.....	50
4.1.5 Dimensionamento da nova iluminação.....	51
4.1.6 Iluminação do corredor.....	51
4.1.7 Iluminação das salas de aula.....	53
4.1.8 Dimensionamento da iluminação.....	53
4.1.9 Dimensionamento da iluminação das salas.....	54
4.1.10 Determinado o nível de eficiencia energética da sala.....	55
4.1.11 Resultados.....	56
4.1.12 Comparando os resultados.....	56
4.1.13 Investimentos (PAYBACK).....	57
4.2. Automação dos circuitos das salas e refrigeração.....	61
4.2. Central de comando e controle.....	62
4.2.2 Investimento para implantação.....	63
4.3 Trabalhos futuros.....	63
5. Conclusão.....	63
6. Referências Bibliográficas.....	64

## 1. Introdução

O consumo de energia no Brasil tem aumentado 2,2 % ao ano, estamos passando por uma pandemia, e os órgãos do setor elétrico estão prevendo uma crise hídrica, com aumento do custo da energia. A crise econômica e política trouxe corte de recursos para as instituições de ensino público, diante dessa situação as instituições tiveram que buscar soluções eficientes para redução das despesas.

Quando pensamos em eficiência energética em prédios públicos, devemos observar o programa de conservação da energia elétrica da (PROCEL), implantado ano de 1985, no Brasil, visando normatizar a melhor utilização da energia elétrica, sem comprometer as condições de habitabilidade da edificação.

“O governo brasileiro promulgou a Lei 10.295/2001 (Lei de Eficiência Energética) e a ampliação do PROCEL a partir da criação do subprograma PROCEL Edifica. Estimativas desse subprograma apontam para um potencial de redução de aproximadamente 40% no consumo de energia dos sistemas de iluminação, já para os de climatização aponta uma redução de 12%. Considerando-se que havia 73,15 mil unidades consumidoras do serviço público, de acordo com o Sistema de Apoio à Decisão (SAD) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), observa-se que há um potencial extraordinário de redução no consumo de energia elétrica por parte do poder público” (BRASIL, 2012).

O estudo foi desenvolvido para propor melhorias no sistema de iluminação deixando o mais eficiente, automatizando os circuitos de iluminação e refrigeração sendo acionados somente na presença do professor por ele acionados mantendo desligados no término da aula, alcançando o objetivo geral que é identificar as oportunidades na redução do valor pago da fatura de energia, melhorando a utilização da energia elétrica, obtendo ainda parcialmente o selo da “Procel” de eficiência energética. Foram analisadas as condições dos circuitos de iluminação e a potência de energia consumida.

O resultado apontou que o sistema de iluminação é responsável por uma boa parte do consumo da energia na edificação, sendo necessário a realização de melhorias na eficiência energética da iluminação do local.

De acordo com os resultados e com base nas situações observadas no prédio, a implantação do novo sistema de iluminação, trouxe uma economia

significativa para a instituição, viabilizando a obtenção parcial do selo PROCEL de eficiência energética, entretanto é preciso divulgar os resultados, como forma de sensibilizar e envolver os usuários da edificação.

## **1.2. Formulação do problema**

Os circuitos de iluminação das salas de aulas da instituição de ensino têm um aproveitamento da energia elétrica adequado?

## **1.3. Justificativa**

Grandes cortes de recursos na pasta da educação, tem afetado a maioria das instituições de ensino federal do país, um destes gasto fora o de pessoal é com a energia elétrica, sendo assim pode ser pensado em criar uma política de eficiência energética dentro da própria instituição, conforme observávamos na lei 10295/2001.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo Geral**

Realizar a verificação da eficiência energética dos circuitos de iluminação de uma instituição de ensino pública, visando observar o nível de eficiência que se enquadra no manual da PROCEL, com base nos resultados será feito um novo projeto de iluminação.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Verificar a carga do circuito de iluminação atual;

Mostrar o nível de eficiência do circuito de iluminação atual;

Estimar a potência da nova demanda da iluminação;

Mostrar qual nível de eficiência energética do novo circuito de iluminação;

Demonstrar a economia e o investimento;



## **2. Revisão bibliográfica**

Serão apresentadas as principais definições de iluminação, evolução e eficiência, os conceitos e definições do manual da Procel, que aborda a eficiência energética de prédios comerciais e de serviços públicos, orientando ainda como deve proceder para obtenção dos selos de eficiência energética.

### **2.1 Requisitos de obtenção do selo Procel**

Para obter o selo de eficiência energética deve-se obedecer às especificações requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à sua eficiência. Os edifícios submetidos devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – (ABNT) vigentes e aplicáveis. O Regulamento técnico de qualidade – RTQ-C, estabelecer as condições para classificação do nível de eficiência energética de edifícios a fim de obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - (ENCE) emitida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), para a etiquetagem deve-se seguir os Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de edificações - (RAC).

Há dois métodos de classificação do nível de eficiência energética:

Método prescritivo: através da aplicação de uma equação fornecida, válida para edifícios condicionados;

Método de simulação: usando o método prescritivo e a simulação do desempenho termo energético de edifícios condicionados e não condicionados;

#### **2.1.2 Determinação da eficiência**

A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve ser realizada através dos métodos prescritivos ou de simulação.

O método prescritivo é um método simplificado que avalia as edificações através de equações e tabelas.

O método de simulação é uma alternativa para avaliação da eficiência de forma mais completa e/ou flexível. O método de simulação é válido para alcançar a etiqueta completa da edificação, sem a necessidade das etiquetas parciais.

A classificação do nível de eficiência do sistema de iluminação e/ou de condicionamento de ar pode ser realizada em um pavimento, em um conjunto de salas ou em áreas de uso comum. O pavimento compõe uma unidade autônoma de consumo, e pode ser solicitada pelo proprietário ou usuário legal da unidade (no caso de aluguel) com anuência do proprietário (PROCEL, 2011).

Há cinco níveis de eficiência, tanto para classificações parciais como para totais, e são: A (mais eficiente), B, C, D e E (menos eficiente). Conforme Tabela 1.

**Tabela 1- Equivalente numérico para nível de eficiência.**

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

**Fonte: (RTQ-C, 2018).**

Maiores níveis de eficiência podem ser alcançados através de estratégias de projeto e por iniciativas e cooperação dos diversos atores ligados à construção dos edifícios (arquitetos, engenheiros civis, eletricitas, mecânicos e empreendedores). Os usuários também têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através dos seus hábitos, que podem reduzir de forma significativa o consumo de energia, aumentando assim a eficiência das edificações e reduzindo desperdícios.

### **2.1.3 Nível de eficiência**

Para atingir e manter níveis mais elevados de eficiência é muito importante a participação dos usuários. Um edifício eficiente comuns usuários ineficientes podem tornar-se um edifício ineficiente. Da mesma forma, edifícios ineficientes, podem aumentar de forma considerável a sua eficiência se houver um empenho dos seus usuários nesse sentido.

#### **2.1.4 Estrutura do regulamento técnico**

O RTQ-C fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas:

- ✓ Envoltória;
- ✓ Iluminação;
- ✓ Condicionamento de ar.

A Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPIL) está diretamente relacionada ao nível de iluminância necessário nos planos de trabalho, ou seja, é necessário identificar qual a atividade a ser executada em cada ambiente ou edifício escritórios, banheiros, área de refeição de restaurantes, cozinhas de restaurantes para identificar qual é a densidade considerada eficiente.

#### **2.1.5 Edifícios comerciais, de serviços e públicos**

São considerados comerciais, de serviços e públicos: escolas; instituições ou associações de diversos tipos, incluindo prática de esportes; tratamento de saúde de animais ou humanos, tais como hospitais, postos de saúde e clínicas; vendas de mercadorias em geral; prestação de serviços; bancos; diversão; preparação e venda de alimentos; escritórios e edifícios empresariais, de uso de entidades, instituições ou organizações públicas municipais, estaduais e federais, incluindo sedes de empresas ou indústrias, desde que não haja a atividade de produção nesta última; meios de hospedagem. As atividades listadas nesta definição não excluem outras não listadas. (RTQ-C)

O RTQ-C define edifício comercial e de serviço como sendo aquele que não tem o uso residencial ou industrial. Desta forma evita-se a exclusão de diversas edificações que devem ser objeto da aplicação deste regulamento.

As escolas, hospitais e edifícios contendo outras atividades institucionais são alguns exemplos de edifícios comerciais, de serviços e públicos que se enquadram no RTQ-C.

## 2.1.6 Etiqueta Parcial

Etiqueta Nacional de Conservação de Energia fornecida para edifícios com avaliação de um ou dois sistemas. A avaliação dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar pode ser realizada para apenas uma parcela do edifício.

Assim, o edifício não receberá uma etiqueta que indica o desempenho do seu conjunto de sistemas, e sim, uma que indica o desempenho de cada sistema avaliado isoladamente, conforme modelo da figura 1.

Figura 1 – Etiqueta de eficiência energética



Fonte: RTQ-C, 2018

## 2.1.7. Sistema de iluminação

A iluminação artificial é essencial para o funcionamento dos edifícios comerciais permitindo o trabalho em locais distantes da fachada e em horários em que a luz natural não atinge os níveis de iluminação mínimos adequados garantindo os níveis corretos de iluminação dentro dos ambientes internos dos edifícios para permitir o desempenho das tarefas por seus usuários em condições de conforto e salubridade. Por esse motivo a norma NBR 5413, define níveis mínimos de iluminância necessários para diferentes tipos de atividades.

Por outro lado, o sistema de iluminação artificial consome energia e gera carga térmica. O sistema de iluminação apresenta, portanto, dois tipos de consumo de energia: o consumo direto, ao utilizar eletricidade para gerar luz, e um consumo indireto, decorrente do calor gerado nesse processo. Esse calor tem de ser retirado dos ambientes obrigando um maior gasto do sistema de condicionamento de ar, aumentando desta forma o consumo geral de energia da edificação. Assim, um edifício com um sistema de iluminação eficiente fornece os níveis adequados de iluminâncias para cada tarefa consumindo o mínimo de energia, e gerando a menor carga térmica possível. Na tabela 2, mostra esses requisitos de um circuito eficiente (PROCEL, 2011).

### **2.1.8 Divisão dos circuitos de iluminação**

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado (PROCEL, 2011).

Caso não seja possível visualizar todo o ambiente iluminado, é necessário informar ao usuário, através de uma representação gráfica da sala, qual a área abrangida pelo controle manual. Por questões de segurança, ambientes de uso público poderão ter o controle manual em local de acesso a funcionários.

O item de divisão de circuitos define que cada ambiente deve possuir no mínimo um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- ✓ Um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m<sup>2</sup>; ou
- ✓ Um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos os ocupantes;

- ✓ Um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

#### **2.1.8.1 Exceções aos ambientes:**

- ✓ Ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h;
- ✓ Ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes;
- ✓ Ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

#### **2.1.9 Determinação da eficiência**

A escolha do método de avaliação do sistema de iluminação dependerá das atividades principais desenvolvidas na edificação. O método da área da edificação avalia o sistema de iluminação de forma geral e deve ser aplicado quando a edificação possua no máximo 3 atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício.

O sistema de iluminação também avalia ambientes abertos e cobertos. Esta modificação na interpretação do RTQ-C se fez necessária, pois há muitas áreas de estacionamento que são cobertas, mas que possuem aberturas para ventilação permanente e grande densidade de potência instalada. Destacando que garagens entram nos cálculos como áreas abertas e cobertas, mas estacionamentos (sem cobertura) são considerados ambientes externos e não entram na avaliação do sistema de iluminação (PROCEL, 2011).

Segundo o (RTQ-C), devem ser excluídos do cálculo da potência instalada da iluminação os sistemas que forem complementares à iluminação geral e com controle independente nas seguintes situações:

#### **2.1.10 Método da área do edifício**

O método da área do edifício avalia de forma conjunta todos os ambientes da do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Este método deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais, ou

para atividades que ocupem mais de 30% da área da do edifício. O método da área do edifício determina limites de densidade de potência em iluminação para edificações como um todo. Os limites determinados pelo regulamento já consideram a existência de ambientes com funções secundárias, como copas, circulações, escadas e depósitos; desta forma utiliza-se apenas os valores das atividades principais da edificação (PROCEL, 2011).

Através do método da área, o edifício é avaliado como um todo, no entanto para o atendimento dos pré-requisitos os ambientes são avaliados separadamente:

- a. Identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a Tabela 2, e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL –  $W/m^2$ ), para cada nível de eficiência;
- b. determinar a área iluminada do edifício;
- c. multiplicar a área iluminada pela DPIL, para encontrar a potência limite do edifício;
- d. quando o edifício for caracterizado por até três atividades principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite (DPIL) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;
- e. comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- f. após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;
- g. se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

**Tabela 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação**

Função da edificação	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,8	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: (RTQ-C, 2011).

Na tabela 2, mostra em destaques os coeficientes de eficiência do ambiente que deseja calcular, os níveis de eficiência são de A até D, para comparar com uma instalação já existente é preciso saber a área em m<sup>2</sup> do ambiente. Para melhor definição vamos colocar um exemplo retirado do manual de eficiência.

Na tabela 3, mostra um exemplo de como determinar a eficiência do Sistema de iluminação de uma “Agência dos Correios” com área de 600 m<sup>2</sup>. Considerando a potência das lâmpadas e reatores instalados no correio, a potência total instalada em iluminação é de 5500 W. A partir da área e da DPIL, encontra-se o limite de potência instalada para cada nível de eficiência, o nível de eficiência encontrada para o correio é “A”, com “EqNumDPI” igual a 5.



**Tabela 3 – Exemplo de comparação da eficiência**

Função da Edificação	DPI-Nível A (W/M <sup>2</sup> )	DPI-Nível B (W/M <sup>2</sup> )	DPI-Nível C (W/M <sup>2</sup> )	DPI-Nível D (W/M <sup>2</sup> )
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Área (m <sup>2</sup> )	Pot. Limite	Pot. Limite	Pot. Limite	Pot. Limite
	Nível A(W)	Nível B(W)	Nível C(W)	Nível D(W)
600	5640	6480	7320	8160

**Fonte: (RTQ-C, 2011).**

Após o resultado é preciso conferir os pré-requisitos para cada ambiente, e fazer a ponderação entre a potência instalada e o nível de eficiência dos ambientes. Para manter o nível **A** encontrado no exemplo da tabela 1, é necessário que os ambientes atendam aos pré-requisitos de Divisão de Circuitos, Contribuição da Luz Natural e Desligamento Automático, este último apenas nos ambientes maiores de 250m<sup>2</sup>, conforme mostra a tabela 4.

**Tabela 4 – Pré-requisito do circuito de iluminação**

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	-
Desligamento automático do Sistema de iluminação	Sim	-	-

**(Fonte: RTQ-C, 2011)**

## 2.2. História da lâmpada

A invenção das lâmpadas incandescentes foi uma das maiores invenções de toda a história, pois foi através dessa invenção que se pode substituir os lampiões a gás, os quais eram bastante perigosos. A invenção pode abrir caminho para o desenvolvimento da eletrônica e a criação de outros produtos.

No início do século XIX, o norte-americano Thomas Edison o criador das lâmpadas. Porém para que essa invenção fosse possível, teve um grande desafio por trás da mecânica destes dispositivos, tendo que manter o filamento incandescente aceso durante a transmissão da corrente elétrica. Edison, é considerado o criador de 1093 inventos, porém o sucesso da lâmpada só veio quando ele teve a ideia de utilizar um filamento fino de carvão a alto vácuo, mesmo tendo uma durabilidade limitada.

Os filamentos das lâmpadas de atuais são elaborados a partir do tungstênio. Após registrar sua patente, Edison logo começou a vender as lâmpadas para o uso doméstico, então logo após de vencer uma batalha judicial para comprovar que era sua a invenção, fundou a Edison Electric Light Company. Algum tempo depois, a empresa acabou se fundindo com uma companhia do ramo, dando origem à multinacional General Eletric (GE) (HISTÓRIA DE TUDO, 2021).

**Figura 2 – Lâmpada de Edison**



**Fonte: (Google, 2018)**

A figura 2, mostra a primeira lâmpada criada por Thomas Edison em 1879.

### **2.2.1 Tipos de lâmpadas**

Existem vários tipos de lâmpadas, e muitas aplicações, porém só será mostrado neste tópico as lâmpadas de aplicação residencial e comercial, com base das referências do livro (MAMEDE FILHO, 2015).

### **2.2.2 Lâmpada incandescente**

A lâmpada incandescente são a forma mais antiga de tecnologia de iluminação elétrica, o funcionamento se dá quando um filamento é aquecido até a incandescência por uma corrente elétrica.

**Figura 3 – Lâmpada incandescente.**



**Fonte: Google, 2021.**

Na figura 3, mostra um exemplo de lâmpada incandescente, atualmente estão fora de uso, porém são utilizadas em algumas residências no interior do país.

### **2.2.3. Lâmpada par**

A lâmpada PAR pode utilizar um filamento incandescente, um tubo de filamento halógeno ou tubo de arco HID (High Intensity Discharge). A lâmpada que produzem uma descarga elétrica de alta intensidade em seu interior, gerando uma grande quantidade de luz.

**Figura 4 – Lâmpada Par.**



**Fonte: Google, 2021.**

Na figura 4, mostra a lâmpada par, utilizadas em forro, moveis, vitrine de lojas, possui um excelente iluminância e baixo consumo de energia elétrica.

#### 2.2.4. Lâmpada fluorescente

As lâmpadas fluorescentes contêm em seu interior vapor de mercúrio e gases inertes. Com a passagem da corrente elétrica, os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio e, devido ao choque, a energia é transferida para os elétrons do mercúrio, quando os elétrons regressam à sua órbita original, emitem energia na forma de radiação ultravioleta, que será convertida em luz pelo pó fluorescente.

Na figura 5, mostra um modelo de lâmpada fluorescente compacta, muito utilizada atualmente.

**Figura 5 – Lâmpada Fluorescente**



**Fonte: Google, 2021.**

#### 2.2.5. Lâmpada fluorescente tubular

A lâmpada fluorescente tubular possui alta eficiência e a longa durabilidade garantem suas aplicações nas mais diversas áreas comerciais e industriais. Fluorescente Comum apresenta eficiência energética de até 70 lm/W, temperatura de cor variando entre 4100 K e 6100 K e índice de reprodução de cor de 48 a 78 %;

Além da compactação, houve aumento na eficiência energética (104 lm/W ), somado ao fato de terem sido desenhadas para operações diretas em reatores eletrônicos.

Na figura 6, mostra a lâmpada fluorescente tubular, como relatado para seu tempo a eficiência era excelente comparado as antecessoras de filamento, porém se comparar, sua iluminância é baixíssima em relação a lâmpada de led.

**Figura 6 – Lâmpada Fluorescente Tubular**



**Fonte: Google, 2021.**

#### **2.2.6. lâmpada tubular de led**

A lâmpada tubular de led, em comparação com a lâmpada tubular fluorescente, possui uma grande vantagem, o led libera 95% de luminosidade e somente 5% de calor ao contrário da lâmpada fluorescente, sendo assim a fluorescente não conseguem competir em luminosidade e economia de energia com a led (CASA FÁCIL, 2019). Na figura 7, mostrar o modelo da lâmpada de led tubular.

**Figura 7 – Lâmpada de led tubular**



**Fonte: Google, 2021.**

#### **2.2.7. Lâmpada de led compacta**

A lâmpada de led compacta é um produto ecologicamente correto, pois tem baixo consumo de energia e vida útil excepcionalmente longa. Ela converte energia

elétrica diretamente luminosa através de pequenos chips, devido a sua alta eficiência e ao baixo consumo, já estão substituindo as lâmpadas fluorescente no uso residencial (CASA FÁCIL, 2019). Na figura 8, mostrar o modelo da lâmpada de led compacta.

**Figura 8 – Lâmpada de led compacta.**



**Fonte: Google, 2021.**

### **2.2.8 Iluminância**

A iluminância é a razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado para uma área quando tende a zero, o termo também é conhecido como nível de iluminamento (lux) que corresponde ao fluxo luminoso incidente numa determinada superfície plana.

Para calcular o lux é preciso aplicar a fórmula:

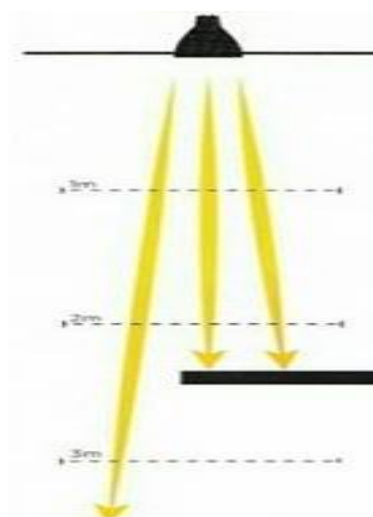
$$E = \frac{F}{S} = (lux) \quad \text{Form. (1).}$$

**F – Fluxo luminoso de lumens;**

**S – Área da superfície iluminada em m<sup>2</sup>;**

**E – Lux;**

**Figura 9 – Fluxo de iluminância.**



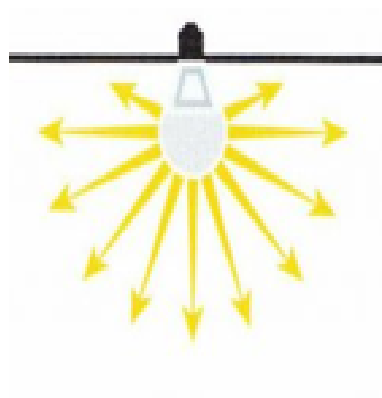
**Fonte: Google, 2021.**

Na figura 9, mostra como a iluminância atua em uma superfície plana e até onde a luz consegue atingir em diversas alturas.

### **2.2.9 Fluxo Luminoso - (lm)**

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda. O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lumens (lm).

**Figura 10 – Fluxo de luminoso.**



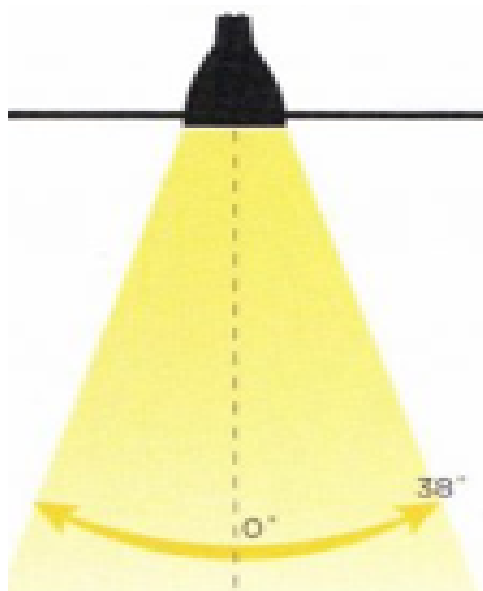
**Fonte: Google, 2021.**

Na figura 10, mostra no exemplo como o fluxo luminoso atua no ambiente, a irradiação da luz direcional por todas as direções.

### 2.2.10 Curva de distribuição luminosa - candela (cd)

Uma lâmpada em um plano transversal, todos os vetores que dela se originam tiverem suas extremidades ligadas por um traço, isso é a Curva de Distribuição Luminosa (CDL), que representação da Intensidade Luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano.

**Figura 11 – Curva de distribuição luminosa.**



**Fonte: Google, 2021.**

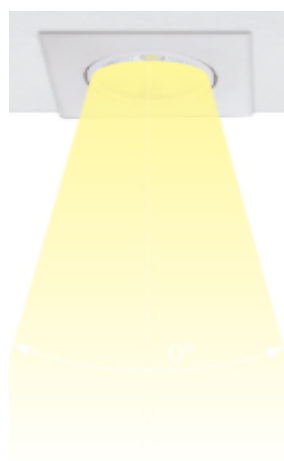
Na figura 11, mostra a intensidade luminosa e a curva de distribuição, a luz cria um ângulo na irradiação luminosa.

### 2.2.11 Intensidade Luminosa - (cd)

A fonte luminosa não irradia a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Porém isso é quase impossível de acontecer, devido a necessidade medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Portanto, intensidade luminosa é o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto.



**Figura 12 – Intensidade luminosa.**



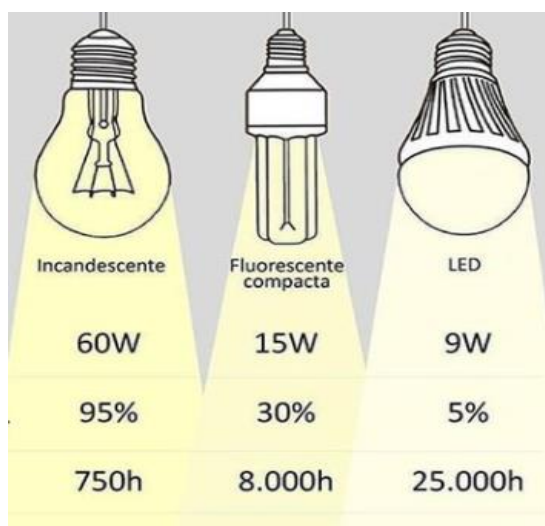
**Fonte: Fonte: Google, 2021.**

Na figura 12, mostra a intensidade luminosa se comporta na iluminação de ambiente.

### **2.2.12 Potência total instalada - (kW)**

É a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação, ou seja, a potência da lâmpada, multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas encontra-se a potência total. Na figura 13, mostra os exemplos de lâmpadas suas potências o nível de eficiência, com sua respectiva vida útil em horas de utilização.

**Figura 13 – Potência das lâmpadas.**



**Fonte: Fonte: Google, 2021.**

## 2.3 Conceito de edifício inteligente

Para se definir um edifício inteligente precisa conhecer o que ele é capaz de oferecer a um ambiente produtivo, e com uma relação ao custo-benefício ou a otimização de seus sistemas, estrutura, serviços, gerenciamento e manutenção pelo seu tempo de vida útil. Entende-se que a inteligência de um edifício não pode ser avaliada apenas pela quantidade de sistemas automatizados disponíveis, pode ter um elevado nível de automação e não ser inteligente. Então um edifício inteligente deve possuir conceitos de inteligência seguindo os seguintes elementos por meio de um projeto integrado (MARIN, 2009, pág. 231).

- a) A infraestrutura de um edifício inteligente deve ser concebida em suas etapas de projeto estrutural de modo a estar apto a receber todos os subsistemas necessários para automação e sua devida integração, oferecendo facilidades de integração, controle, gerenciamento da manutenção, além de um ambiente prático e confortável aos seus usuários e ocupantes.
- b) A infraestrutura do cabeamento inteligente deve ser considerar em sua etapa de projeto todos os encaminhamentos e espaços para a implementação do sistema de cabeamento genérico para subsistemas de automação, controle e telecomunicações, ou seja, um sistema completo de telecomunicações e automação predial.
- c) A automação de sistemas deve ser concebida levando em conta todos os sistemas que farão parte dele e que deverão ser automatizados, além de oferecer condições para a implementação desses sistemas em suas etapas de projetos.
- d) O controle integrado de sistemas deve ser capaz de oferecer a integração de todos os sistemas que compõem o seu controle otimizado.
- e) O gerenciamento da manutenção deve ser projetado de modo a oferecer os devidos recursos para o gerenciamento e a manutenção de seus sistemas automáticos de forma integrada, ágil e otimizada, sem prejuízo de seus usuários ou ocupantes.

### **2.3.1 Componentes de um edifício inteligente**

Os componentes de um edifício inteligente são basicamente os serviços de comunicação de dados, sistemas de vídeo, sistemas de telecomunicações (MARIN, 2009).

### **2.3.2 Serviços de comunicações de edifício**

- ✓ Gerenciamento de utilização de energia e controle;
- ✓ Sistema de HVAC, sensoriamento e controle;
- ✓ Iluminação, sensoriamento e controle;
- ✓ Utilização e aproveitamento de energia solar, sensoriamento e controle;

### **2.3.3 Sistemas de segurança**

- ✓ Proteção contra incêndios, sensoriamento e sistema de alarme;
- ✓ Emissão de fumaça e substância tóxicas, sensoriamento e alarme;
- ✓ Vigilância e monitoramento;
- ✓ Controle de acesso;
- ✓ Sistema de emergência, intercomunicação;
- ✓ Controle de desastres, sensoriamento e tomadas de decisão;
- ✓ Controle de elevadores;

### **2.3.4 Sistema de comunicação de dados**

- ✓ Redes locais (LAN's);
- ✓ Acesso a banco de dados;
- ✓ Bancos de dados distribuídos;
- ✓ Redes MAN/WAN;
- ✓ Transferência de dados entre mainframes;
- ✓ Conectividade a LAN, MAN, WAN, redes públicas de telefonia e roteamento entre redes;
- ✓ Correio eletrônico;

- ✓ Vídeo interativo – vídeo conferencia;
- ✓ Colaboração (redes worksgroups);
- ✓ Compartilhamento de arquivos;
- ✓ Compartilhamento de documentos;
- ✓ Acesso a redes de informação (internet);
- ✓ Comunicação de voz (VOIP);
- ✓ Internetworking;

### **2.3.5 Serviços de sistemas de telecomunicações**

São serviços de voz e dados presentes em um edifício típico e que devem estar integrados aos outros sistemas de gerenciamento, controle e segurança para configurar um edifício inteligente.

- ✓ Discagem direta interna (sistema de PABX);
- ✓ Conexão de redes públicas de serviços de telefonia;
- ✓ Conexão a provedores de serviços diversos de telecomunicações;
- ✓ Conexão a redes MAN e WAN;
- ✓ Mensagem de controle de acesso;
- ✓ Correios de voz;
- ✓ Correio eletrônico;
- ✓ Redirecionamento automático de chamadas telefônicas;
- ✓ Diretório eletrônico dos usuários do edifício;

Conceitos apresentados foram apenas de caráter introdutório sobre automação predial e edifício inteligente, os assuntos ainda são bastantes complexos e podem ser tratados de forma mais detalhadas e abrangente (MARIN, 2009).

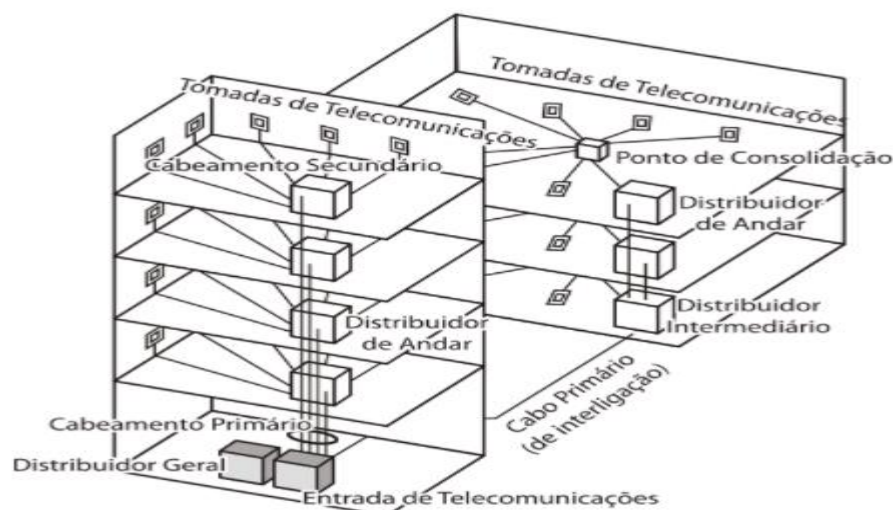
### **2.3.6 Cabeamento para automação predial**

Os sistemas de automação de edifícios são usados para controlar os variados sistemas presentes, tais como alarmes de incêndio, segurança e controle de acesso (circuito fechado de tv, controles eletrônicos de acesso), bem como sistemas de gerenciamento de energia (ar-condicionado, controle iluminação). Além disso, outros

sistemas de baixa tensão sistemas de áudio e vídeo, podem também ser incluídos em sistemas de cabeamento estruturado para implementação de um sistema de automação predial (MARIN, 2009).

Na figura 14, mostra o modelo de distribuição de cabeamento para implementação de um sistema de automação predial de acordo com a norma americana ANSI/TIA/EIA-862.

**Figura 14 – Estrutura do sistema de automação.**



**Fonte: cabeamento estruturado, 2009.**

A distribuição do cabeamento segue a mesma topologia de um sistema de cabeamento de telecomunicações para edifícios. A norma EIA-862, especifica os requisitos mínimos para sistemas de automação predial dentro de um edifício comerciais em uma rede de campus. Essa norma especifica os requisitos para a topologia de cabeamento, arquitetura, projeto, práticas de instalação, procedimentos de testes e para componentes de um sistema de cabeamento (MARIN, 2009).

### **2.3.6.1 Subsistema de cabeamento**

O cabeamento segue as recomendações e especificações da norma americana ANSI/TIA-568-C.I..Esse subsistema de cabeamento tem como função em um sistema de automação predial integrar serviços comuns, permitir a implementação de aplicações de automação predial, oferecer a integração dos sistemas de

automação com outros sistemas do edifício, distribuição de áudio, distribuição de CFTV e outros sistemas de baixa tensão e baixa potência usados em sistemas de automação predial.

**Figura 15 – Sistema de automação predial.**



**Fonte: Fultime, 2021.**

Na figura 15, mostra a distribuição do subsistema para automação predial. A distribuição do cabeamento horizontal para automação predial é feita a partir do distribuidor de piso (FD). O comprimento máximo dos segmentos de cabos entre FD e as TBAS (tomada de automação predial) não pode exceder 90 m, incluindo um ponto de conexão horizontal (HCP). Um sistema de cabeamento para automação predial não precisa usar, uma tomada de automação predial (TBAS), os dispositivos de automação predial são conectados diretamente ao (HCP) (MARIN, 2009).

Um sistema de automação centralizada pode ser implementado conforme a figura 15. Todo o cabeamento para automação predial é distribuído a partir de um distribuidor centralizado, um CD ou um BD localizado na sala de equipamentos (ER) do edifício. Os distribuidores de piso não estão presentes nessa topologia de distribuição dentro das salas de telecomunicações (TR) de cada andar do edifício. Em um cabeamento centralizado, os limites de distância para segmentos de cabos devem ser observados.

**Tabela 5 – Distância máxima dos cabos.**

Tipo de cabo	Distância (m)
Cabos balanceados de 100, 4 pares categorias 3 e superiores	100
Fibras ópticas multimodo 50/125 e 62,5/125 $\mu\text{m}$	2.000
Fibra ópticas monomodo	3.000

**Fonte: cabeamento estruturado, 2009.**

Na tabela 5, mostra os limites máximos para os cabeamentos, óptico centralizado em edifícios comerciais possuem um maior comprimento do segmento de cabo podendo chegar a 3.000 (m) (MARIN, 2009).

### **2.3.6.2 Área de cobertura**

A área de cobertura corresponde ao espaço atendido por um dispositivo de automação predial. Os dispositivos que compõe um sistema de automação, devem abranger as áreas de cobertura em cada pavimento ou espaço a ser monitorado no difícil, os dispositivos de automação podem sobrepor áreas de cobertura ou seja deferentes dispositivos podem atuar sobre as mesmas áreas de cobertura. Isso acontece com o CFTV, um termostato ou um sensor de fumaça cobrindo uma mesma área ou parte dela em um espaço do edifício monitorado pelo sistema de automação predial. A automação predial deve ser planejada nas fases iniciais de projeto, a implantação dos sistemas de tecnologia no edifício, devem levar em consideração as áreas de cobertura podendo ser definidas com antecedência (MARIN, 2009).

Quanto a distribuição do cabeamento para o sistema de automação predial deve ser feita com conhecimento prévio dos dispositivos que serão instalados, a EIA-862, apresenta uma tabela com recomendações para alguns ambientes conhecidos. A tabela 6 mostra parte dessas recomendações conforme o ambiente.

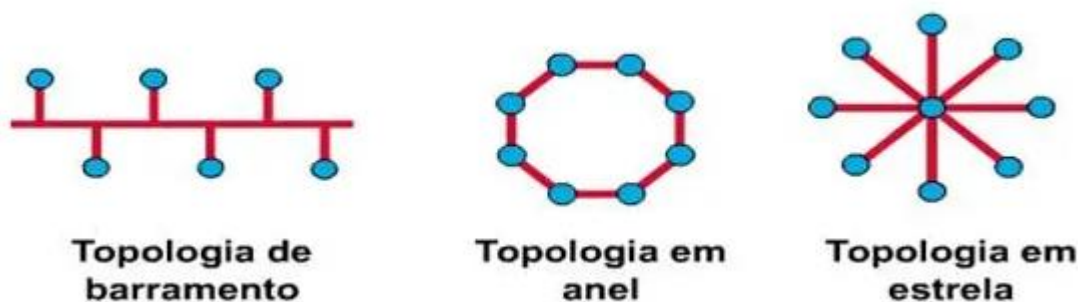
**Tabela 6 – Área de cobertura recomendada para automação predial.**

<b>Tipo de edifício</b>	<b>Área de cobertura (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Comentários</b>
Escritório comercial	25	A área de cobertura em edifícios de escritórios abertos será maior que em edifícios comerciais convencionais.
Estacionamento	50	Instalação de sensores de presença, CFTV, sensores de fumaça, alarmes de incêndios etc.
Hotel	25	A área de cobertura em hotéis pode variar se o sistema de automação for centralizado.
Fábrica	50	A área de cobertura em fábricas pode variar dependendo dos processos

**Fonte: Cabeamento estruturado, 2009.**

A distribuição do cabeamento horizontal deve ser feita em topologia estrela. Porém muitos dispositivos de automação predial trabalham em topologia diferentes como o barramento anel e ponte. Essas topologias podem ser implementadas por meio de conexões de distribuidor de piso (FD) usando conexões cruzadas ou ponto de conexão horizontal (HCP) localizada no cabeamento horizontal dentro das áreas de cobertura dos dispositivos a serem instalados. A figura 16 apresenta os três tipos de topologia, (a) estrela, (b) barramento, (c) anel.

**Figura 16 – Topologia de redes.**



**Fonte: cabeamento estruturado, 2009.**

A topologia estrela de conexão de dispositivos de automação predial. É a mesma usada em um sistema de cabeamento convencional, a única diferença é que



em vez de termos tomadas de telecomunicações em áreas de trabalho, termos tomadas de automação predial em áreas de cobertura (MARIN, 2009).

A topologia de ponte (bridge) é implementada em uma topologia estrela de cabeamento horizontal, segmentos de cabos terminam nas tomadas TBAS onde são instalados os dispositivos BAS (building Automation System) são interconectados no HCP de modo que os dispositivos possam formar a topologia bridge desejada (MARIN, 2009).

### **2.3.7 Espaço de telecomunicações**

As salas de telecomunicações usados no controle dos dispositivos que compõem um sistema de automação predial são os mesmos presentes em um edifício comercial para seus sistemas de telecomunicações.

O sistema de automação de um edifício deve atender as áreas de cobertura presente no mesmo piso da sala. Quando todos os sistemas do edifício são integrados (voz, dados, vídeo e automação predial) e instalados no mesmo espaço de telecomunicações e automação predial (MARIN, 2009).

A sala de equipamentos é o espaço do edifício em um sistema de automação predial que atende a todos os dispositivos presentes no edifício para sua automação, recebe a denominação de sala de equipamentos de uso comum.

## **3. METODOLOGIA**

O estudo foi desenvolvido em uma instituição pública com o objetivo de identificar as oportunidades do aumento da eficiência energética em uma edificação pública, tendo ainda a oportunidade de obtenção parcialmente o selo da "Procel".

Para conhecer as condições atuais dos circuitos de iluminação e seu consumo de energia, foi feito uma análise de carga, obtendo qual é a demanda do consumo total do circuito de iluminação atual.

Os resultados das primeiras análises, serão mostrados e suas grandezas conhecidas em: (kW), (kWh) e (R\$), elas serão objetos de comparações.

De acordo com os resultados das comparações, será elaborado um novo circuito de iluminação, levando-se em consideração os custos-benefícios na implantação das ações necessárias.

Para obtenção do selo será necessário a comprovação que a nova instalação tem eficiência energética, essa comprovação será feita através de cálculos, que utilizará fórmulas juntamente com a tabela da Procel, os resultados evidenciarão qual nível de eficiência as instalações se enquadram.

Outro ponto será apresentação do payback que mostrará a viabilidade e o retorno financeiros com a implantação.

#### **4. Projeto de Eficiência energética**

Este trabalho apresenta uma análise da eficiência energética de um circuito de iluminação de um prédio de uma faculdade pública da cidade de Manaus. Todos os circuitos de iluminação do prédio serão verificados, e se a quantidade de lâmpadas nas salas de aula, estão corretamente dimensionados, para se verificar essa possibilidade vamos utilizar os métodos dos lumens, comprovando se há ou não a necessidade de mudanças. Para analisar a questão da eficiência foi utilizando o manual da Procel de eficiência energética para prédios comerciais e públicos, nele encontra-se os procedimentos para determinar a eficiência de um ambiente ou comparar se o ambiente tem eficiência energética ou não. Se comprovado a eficiência energética no prédio, pode-se obter parcialmente o selo da Procel, no que tange o circuito de iluminação do ambiente, durante a análise será feita comparações dos circuitos antes e depois, com base nos resultados será sugerido a implementação de um novo circuito de iluminação automatizado utilizando redes de comunicações para melhor eficiência da energia.

**Figura 17 – Prédio de salas de aula.**



**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

Na figura 17, mostra o segundo andar do prédio de salas, essas possuem o mesmo padrão de iluminação e área do corredor de acesso.

#### **4.1 Descrição dos circuitos do prédio**

Serão calculadas as demandas de energia atual do prédio, e cada ambiente apresentará sua tabela de consumo mensal, esses parâmetros são mostrados em (kW), (kWh) e o consumo em (R\$).

##### **4.1.1 Corredor (iluminação atual)**

O corredor do prédio que dá acesso as salas, conforme mostra a figura 18, nele possuem uma lâmpada por calha, e as lâmpadas são dispostas na frente da sala, a potência de cada lâmpada é de 40(w). Observa-se que corredor possui várias salas ao longo de sua extensão.

**Figura 18 – Corredor do prédio.**



**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

A tabela 7, mostra o número total de lâmpadas dos dois corredores do pavimento inferior e superior do prédio, visto na terceira coluna “potência”, expressa a potência total em (kW). Vamos confirmar através da fórmula 1:

$$\text{Quantidade} \times \text{potência} = 140 \times 40 \text{ w} = 5.600 \text{ (kW)}. \quad \text{Form. (2).}$$

**Tabela 7 – Potência total das lâmpadas do Corredor.**

Potência total da iluminação do corredor		
Quantidade	Descrição	Potência
140	Lâmpadas fluorescente tubular	40 w
Total (kW)		5.600 W

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

De posse da carga total do circuito em (kW), encontraremos o segundo parâmetro, a carga total consumida em (kWh). Para encontrar o consumo em (kWh), é preciso saber da potência total em (kW), visto na primeira coluna da tabela 7, agora podemos encontrar o resultado em (kWh), basta multiplicar a potência, pelas horas em que o sistema permanece ligado e os dias de funcionamento, assim obtém-se a o consumo, visto na quarta coluna da tabela 7, o resultado é dividido por (1000) mil, assim obtém o consumo mensal (kWh). Vamos confirmar através da fórmula 2:

$$\text{Potência total} \times \text{horas} \times \text{dias}/1000 = \text{Consumo (kWh)}. \quad \text{Form. (3).}$$

$$5.600 \text{ kW} \times 10 \text{ horas} \times 22 \text{ dias}/1000 = 1.232 \text{ (kWh)}.$$

**Tabela 8 – Consumo mensal do corredor.**

Potência Total	Horas	Dias	Pot. Total	Consumo
5.600 kW	10	22	1.232,000 (W)	1.232 (kWh)

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

Com o valor total consumido em (kWh), podemos prever o terceiro parâmetro, a carga total consumida em reais (R\$) dos circuitos de iluminação dos corredores.

Para encontrar o valor consumido por esse circuito é preciso conhecer o valor da tarifa praticado pela concessionária local de energia, a tarifa aqui mencionada está incluída o imposto de 25% de ICMS, que são cobrados na fatura dos consumidores, conforme a “Resolução ANEEL: resolução homologatória nº 2.559, de 18 de junho de 2019”. Na tabela 9, encontramos o consumo, na primeira coluna “Consumo” e a segunda coluna “Tarifa”, de posse dessas informações vamos calcular o consumo em reais (R\$), com “resultado” na terceira coluna.

**Tabela 9 – Consumo mensal em reais.**

Consumo	Tarifa	Valor R\$
1.232 kWh	1.000325	R\$ 1.232,40

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

Para encontrar o consumo em reais foram multiplicados os valores “Consumo e Tarifa”, que correspondente o valor da tarifa atual praticado. Para entender vamos seguir a fórmula 3:

$$\text{Consumo} \times \text{tarifa} = (\text{R\$}). \quad \text{Form. (4).}$$

$$1.232 \text{ (kWh)} \times 1.000325 \text{ (tarifa)} = \text{R\$ } 1.232,40.$$

O valor da energia consumida em reais, corresponde somente ao circuito de iluminação dos corredores que corresponde a: R\$ 1.232,40 (Mil duzentos e trinta e dois reais e quarenta centavos de real).

#### 4.1.2 Salas de aula (iluminação atual)

Agora calcularemos a potência dos circuitos de iluminação das vinte (20) salas de aula do prédio, utilizando os mesmos parâmetros do circuito anterior. O circuito de iluminação de cada sala, possui 9 calhas, com duas lâmpadas por calha no total de 18 por sala, com potência de 40 (w) por lâmpada, o número total de lâmpadas no prédio corresponde a 360 lâmpadas. A figura 19, detalha como estão instaladas as lâmpadas no teto da sala, neste item vamos encontrar a potência da carga total do circuito em (kW).

**Figura 19 – Lâmpadas da Iluminação da sala de aula.**



**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

A tabela 10, mostra na primeira coluna a quantidade total de lâmpadas das salas do prédio, já na terceira coluna encontra-se a potência das lâmpadas em watts, esse circuito corresponde a iluminação de todas as salas de aula.

**Tabela 10 – Potência da iluminação do prédio.**

Demanda de Iluminação do Corredor (atual)		
Quantidade	Descrição	Potência
360	Lâmpadas fluorescente tubular	40 (w)
	Total	14.400 (W)

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

*Quantidade x Potência unitária = (kW). Form. (5).*

$$360 \text{ lâmpadas} \times 40 \text{ Potência (w)} = 14.440(W).$$

Agora encontraremos o consumo do circuito em (kWh), para isso basta verificar na primeira coluna “potência” da esquerda na tabela 11, multiplicar a potência em (kW), pelo números de “horas”, da segunda coluna, as horas representa o tempo que o sistema permanece ligado, na terceira coluna, representa os dias de funcionamento do ambiente, com esses dois valores obtemos a “potência total”, conforme a quarta coluna, para encontrar a potência em (kWh), divide-se o valor encontrado na quarta coluna, por (1000) mil, obtendo o consumo mensal (kWh), conforme a quinta coluna. Vamos confirmar através da fórmula 6:

**Tabela 11 – Consumo mensal da iluminação.**

Potência	Horas	Dias	Pot. Total	Consumo
14.440 (Kw)	14	22	4.447,520	4.447,52 kWh

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

*Potência total x horas x dias/1000 = Consumo (kWh). Form. (6).*

$$14,440 (kW) \times 14 \text{ horas} \times 22 \text{ dias} / 1000 = 4.447,52 (kWh).$$

Para encontrar o custo do consumo da iluminação total do prédio em reais (R\$), vamos utilizar o mesmo valor da tarifa do circuito anterior. O valor em reais (R\$) desse circuito, será calculado da seguinte forma, deve-se observar na primeira coluna “potência” da tabela 12 e na segunda coluna “tarifa” de posse dos valores, basta multiplica o valor encontrado nas duas colunas e o resultado será em reais (R\$). Vamos confirma através da fórmula 7:

**Tabela 12 – Consumo mensal das salas.**

Potência	Tarifa	Valor R\$
4.447,52 kWh	1.000325	R\$ 4.448,96

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

$$\text{Consumo} \times \text{Tarifa} = (\text{R\$}). \quad \text{Form. (7).}$$

$$4.447,52 \text{ (kWh)} \times 1.000325 = 4.448,96.$$

Conforme a terceira coluna da tabela 6, o valor pago em reais do consumo de todas as salas do prédio é de R\$ 4.448,36, (Quatro mil, quatrocentos e quarenta e oito reais e trinta e seis centavos de real) mensais.

#### 4.1.3 Qualificação da eficiência energética do prédio

Para a verificação da eficiência da iluminação das salas de aula do prédio público, vamos consultar a tabela da Procel edifica, este manual regula a qualidade técnica para o nível de eficiência energética, de edifícios comerciais, de serviços públicos, conforme visto na coluna 4,5,6,7 da tabela 13, os números indicados são os coeficientes de eficiência para cada nível, a partir da quarta coluna em diante, cada coeficiente é multiplicado pela área, de cada atividade ou ambiente do prédio ou seja, basta saber a largura e o comprimento do ambiente e multiplicar os dois valores encontrando a área.

Para saber a potência em watts de iluminação do ambiente ou do local da atividade, basta somar a potência das lâmpadas e encontra a potência em watts da área por m<sup>2</sup>, a eficiência pode chegar até ao nível 4 e o grau de eficiência vai de 1 a 5, conforme a eficiência do ambiente.

**Tabela 13 – Nível de eficiência (w/m<sup>2</sup>).**

Ambientes	Limite do ambiente		Nível-A	Nível-B	Nível-C	Nível-D
	K	RCR	(W/m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> )	(W/m <sup>2</sup> )
Salas de espetáculos	0,80	6,00	8,00	9,60	11,20	12,80
Enfermaria	0,80	6,00	9,50	11,40	13,30	15,20
Farmácia	0,80	6,00	12,30	14,76	17,22	19,68
Radiologia	0,80	6,00	14,20	17,04	19,88	22,72
Quarto de paciente	0,80	6,00	6,70	8,04	9,38	10,72
Sala de operações	0,80	6,00	20,30	24,36	28,42	32,48



Recuperação	0,80	6,00	12,40	14,88	17,36	19,84
Suprimentos médico	0,80	6,00	13,70	16,44	19,18	21,92
Altar, Coro	1,20	4,00	16,50	19,80	23,10	26,40
Assentos	1,20	4,00	16,50	19,80	23,10	26,40
Salas de aulas	0,80	6,00	10,20	12,24	14,28	16,32
Méd/industria/pesq.	0,80	6,00	19,50	23,40	27,30	31,20

Fonte: Procel Edifica, 2017.

Para determinar o nível de eficiência energética, precisamos saber a potência do circuito de iluminação da sala de aula, o resultado poderá ser comparado em qual nível se enquadra o selo de eficiência da “Procel”. A tabela 14, mostra a potência do circuito.

**Tabela 14 – Potência de iluminação de uma sala.**

Demanda de Iluminação da sala		
Quantidade	Descrição	Potência
18	Lâmpadas fluorescente tubular	40 (w)
	Total	720 (W)

Fonte: Próprio Autor, 2021.

#### 4.1.4 Enquadramento da eficiência Energética da sala

Encontrado a potência total do ambiente em watts é precisamos conhecer o tamanho total da área da sala de aula em m<sup>2</sup>, o cálculo será feito utilizando o comprimento e a largura, com os dois valores, basta multiplicar um pelo outro. Vamos seguir a fórmula 6:

Comprimento: 5,50 m;

Largura: 9,50 m;

$$\text{Comprimento (5,5 m)} \times \text{Largura (9,5 m)} = \text{Área (52,25 m}^2\text{)}. \quad \text{Form. (8).}$$

De posse do perímetro da sala que é de: 52,25 m<sup>2</sup>, multiplica-se esse valor pelo coeficiente do nível eficiência e a classe, neste caso “C”. O valor mais eficiente pode ser encontrado na quarta coluna da tabela 13, circulada de cor vermelha esse valor corresponde 14,28, os outros níveis não se enquadraram com a potência da

sala. Porém para comparar a eficiência de circuito de iluminação instalado, devemos conhecer a potência total das lâmpadas em (W), a potência total da iluminação instalada é de 720 (w), conforme tabela 14. Então deve-se escolher um coeficiente, que multiplicado pela área, tenha o resultado maior que a potência do circuito instalado. Vamos seguir a fórmula 7:

*Dimensão da sala em m<sup>2</sup> x coeficiente do nível A de eficiência = W/M<sup>2</sup> . Form. (9).*

$$\text{Área (52.25 m}^2\text{)} \times \text{Nível (14,28)} = 746,13 \text{ w/m}^2$$

A eficiência de uma instalação deve ser classe “A”, o nível corresponde a excelência da eficiência energética.

A soma da potência das lâmpadas da sala é de “720(w)”, porém comparando com o resultado do cálculo anterior utilizando o coeficiente o valor da potência em watts do ambiente foi de “746(w)”, isso porque o valor da potência da iluminação instalada não se enquadra nos dois primeiros níveis de eficiência. Então o coeficiente utilizado foi para outro nível onde pode-se enquadrar.

$$\text{potência instalada} < \text{ou} > \text{potência eficiência} = \text{Nível e Classe}$$

$$\text{Potência da sala 720 (w)} < \text{Nível de eficiência 746 (w)}.$$

O nível de eficiência do circuito de iluminação instalado é a classe “C”, conforme encontrado na tabela 13, o grau de eficiência dessa instalação é o 2, conforme a tabela da Procel edifica. O circuito de iluminação ainda se enquadra nas faixas de eficiência mesmo na classe “C”.

#### **4.1.5 Dimensionamento da nova iluminação**

Neste item serão mostrados o dimensionamento da nova demanda de energia para iluminação dos corredores e das salas de aula do prédio. Porém para alcançar a eficiência desejada será utilizada outro tipo de lâmpada, mas eficientes e a luminosidade do ambiente será consultado na NBR 5413.

#### 4.1.6 Iluminação do corredor

No corredor do prédio, conforme mostra a figura 18, possuem uma lâmpada por calha, as lâmpadas são divididas entre as salas, sua potência é de 40 (w), por lâmpada, como já mencionado.

Para o novo circuito de iluminação as lâmpadas utilizadas serão as de *Led* tubular de 18(w), sua luminosidade correspondendo ao tipo de ambiente ou atividade exercida, entretanto a vidas útil das novas lâmpadas são maiores que as atuais. Na tabela 15, mostra a quantidade de lâmpadas na primeira coluna, a nova potência total do novo circuito em (kW), essa demanda é do circuito de iluminação dos corredores.

**Tabela 15 – Potência da nova iluminação dos corredores.**

Demanda de Iluminação do Corredor (atual)		
Quantidade	Descrição	Potência
140	Lâmpadas fluorescente tubular potência (18w)	18 w
	Total	2.520 kW

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

*Quantidade x potência = (kW).* **Form. (10).**

$$140 \text{ (Lâmpadas)} \times 18 \text{ (potência)} = 2.520 \text{ kW.}$$

O novo resultado da potência consumida pelo circuito de iluminação dos corredores é de: 2.520 (kW).

Na última coluna da tabela 15, mostra a potência total conforme o item “total”, para encontrar o resultado basta multiplicar a potência pelas “horas” que o sistema permanece ligado, e os “dias” de funcionamento, obtendo assim a potência total, divide-se, todo esse valor por (1000) mil, obtendo o consumo mensal kWh. Vamos confirmar através da fórmula 11:

**Tabela 16 – Demanda de consumo mensal**

Potência	Horas	Dias	Pot. Total / 1000	Consumo
2.520 kW	10	22	554,400	554,4 kWh

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

$Potência\ total\ x\ horas\ x\ dias/1000 = Consumo\ (kWh).$  **Form. (11).**

$$2.520(kW)x\ 10\ horas\ x\ 22\ dias/1000 = 554,4\ (kWh).$$

O valor em reais (R\$), consumido pelo novo circuito e o valor da tarifa com os impostos conforme resolução da ANEEL, já foram mencionados anteriormente, para encontrar o valor vamos seguir a fórmula:

**Tabela 17 – Demanda de consumo mensal em reais.**

Consumo	Tarifa	Valor R\$
554,4 kWh	1.000325	R\$ 554,58

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

$Consumo\ (kWh)\ x\ tarifa = (R$).$  **Form. (12).**

$$554,4\ (kWh)x\ 1.000325 = R\$ 554,58.$$

Conforme o resultado encontrado na terceira coluna da tabela 17, o valor pago em reais pelo novo circuito de iluminação custará R\$ 554,58 mensais.

#### **4.1.7 Iluminação das salas de aula**

Todo os circuitos de iluminação das salas de aula do prédio, passaram por um novo dimensionamento o atual circuito possuem 20 lâmpadas por sala, de potência de 40 w, por lâmpada, conforme mostra a figura 19. Porém serão feitos novos cálculos para demonstrar a necessidade de acrescentar ou diminuir o número de lâmpadas nas salas.

#### **4.1.8 Dimensionamento da iluminação**

Para o dimensionamento será utilizado o método dos lumens, que através dos cálculos identificará se os números de lâmpadas no ambiente estar correta, ou se precisará aumentar ou diminuir a quantidade de lâmpadas. Vamos seguir a fórmula:

$$5,50\ m\ x\ 9,50 = 52,25m^2$$
 **Form. (13).**

$$\phi = \frac{S \times E}{u \times d} = \frac{52 \times 500}{0,75 \times 0,80} = \frac{26.000}{0,6} = 43,333$$

$$n = \frac{\phi}{\varphi} = \frac{43,333}{500} = 8,6$$

S- Área do recinto total.

E- Nível em lux.

u- fator de utilização.

d- fator de depreciação.

$\varphi$ - fluxo por luminária.

$\phi$ -Fluxo luminoso.

Pelo cálculo dos lumens os números de lâmpadas na iluminação estão corretos e correspondei com a área da sala de aula.

#### 4.1. 9 Dimensionamento da iluminação das salas

A tabela 18, da primeira coluna, mostra a quantidade de lâmpadas, já na terceira coluna mostra “total” em (kW), para o novo circuito de iluminação, as novas lâmpadas terão a potência, conforme a terceira coluna “potência” da tabela abaixo.

**Tabela 18 – Demanda de iluminação.**

Demanda de Iluminação do Corredor (atual)		
Qtd	Descrição	Potência
360	Lâmpadas fluorescente tubular	18 w
Total		6.480 kW

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

A lâmpada utilizada é de LED tubular de 18 w, o produto possui certificado Inmetro Procel, “classe A”. A luminosidade seguirá a orientação da NBR 5413. Ainda na tabela 18, o valor da potência total do novo circuito de iluminação das salas de aula que ficou em “6.480 kW”.

Para encontrar o novo consumo do circuito de iluminação em (kWh), basta verificar primeira coluna da esquerda da tabela 19, de posse da potência, basta multiplicar pelas “horas” e os "dias" de funcionamento, obtendo assim a potência total, divide-se, todo esse valor por (1000) mil, obtendo o consumo mensal kWh. Vamos confirmar através da fórmula 14:

**Tabela 19 – Consumo mensal da nova iluminação em (kWh).**

Potência	Horas	Dias	Pot. Total / 1000	Consumo
6.480 kW	14	22	1.998,840	1.995,84 kWh

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

*Potência total x horas x dias / 1000 = consumo (kWh).* **Form. (14).**

$$6.480 \text{ kW} \times 14 \times 22 / 1000 = 1.995,84 \text{ (kWh)}.$$

Para calcular o consumo em reais (R\$) é preciso multiplicar o valor da primeira coluna com o valor da segunda coluna da tabela 20.

**Tabela 20 – Consumo mensal em reais.**

Consumo	Tarifa	Valor R\$
1.995,84 kWh	1.000325	R\$ 1.996,48

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

O valor pago em reais do novo consumo do circuito de iluminação é de R\$ 1.996,48, (mil novecentos e noventa e seis reais e quarenta e oito centavos de real) mensais. Vamos seguir a fórmula 13:

*Consumo (kWh) x tarifa = (R\$).* **Form. (15).**

$$1.995,84 \text{ (kWh)} \times 1.000325 = \text{R\$ } 1.996,48.$$

#### 4.1.10 Determinando o nível de eficiência energética da sala

A nova iluminação da sala será comparada para verificar em qual nível de eficiência se enquadra preferencialmente que seja na de classe “A”. Sabendo que a área da sala é de 52,25 m<sup>2</sup>, basta multiplicar o coeficiente do nível de eficiência (w/m<sup>2</sup>) do ambiente escolhido. O coeficiente escolhido será o menor 10,20, que corresponde a classe A de maior eficiência, conforme a tabela 13.

*Dimensão da sala em m<sup>2</sup> x coeficiente do nível A de eficiência = W/M<sup>2</sup> . Form. (16).*

$$52.25 \text{ m}^2 (\text{área}) \times 10,20 (\text{nível}) = 532,95 \text{ w/m}^2$$

Conforme o resultado o ambiente calculado pode ter até 532,95 w/m<sup>2</sup>, se caso o novo circuito de iluminação estiver abaixo do valor calculado, a instalação possui eficiência e está enquadrada na classe “A”, isso corresponde a excelência de eficiência energética. Porém precisa se saber a potência do novo circuito de iluminação, a sala de aula continua tendo as 18 lâmpadas, porém as potências delas diminuíram para 18(w), luminosidade está conforme o ambiente segundo a NBR 5413. Vamos encontrar a potência do circuito.

**Tabela 21 – Potência de iluminação de uma sala.**

Demanda de Iluminação da sala		
Quantidade	Descrição	Potência
18	Lâmpadas fluorescente tubular	18 (w)
	Total	324 (W)

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

$$18 \text{ lâmpadas} \times 18 = 324 \text{ w/m}^2$$

Potência do novo circuito de iluminação da sala: 324(w);

Potência do cálculo utilizando a tabela Procel: 532,95 w;

Potência da sala 324 (w) < Nível de eficiência 532 (w).

$$324 \text{ w} < 532,95 \text{ w.}$$

Com a implantação do novo circuito o nível de eficiência obtido foi o de classe “A”, conforme o encontrado na tabela 2, o grau de eficiência dessa instalação é 5, conforme a tabela da “Procel edifica”

#### 4.1.11 Resultados

Neste item serão mostrados os resultados de consumo e os valores com o custo da energia, A implantação do novo sistema de iluminação utilizando as novas lâmpadas, deixará o prédio de sala de aula, muitos mais eficiente, podendo ainda obter o selo da Procel de eficiência energética em prédios públicos.

#### 4.1. 12 Comparando os resultados

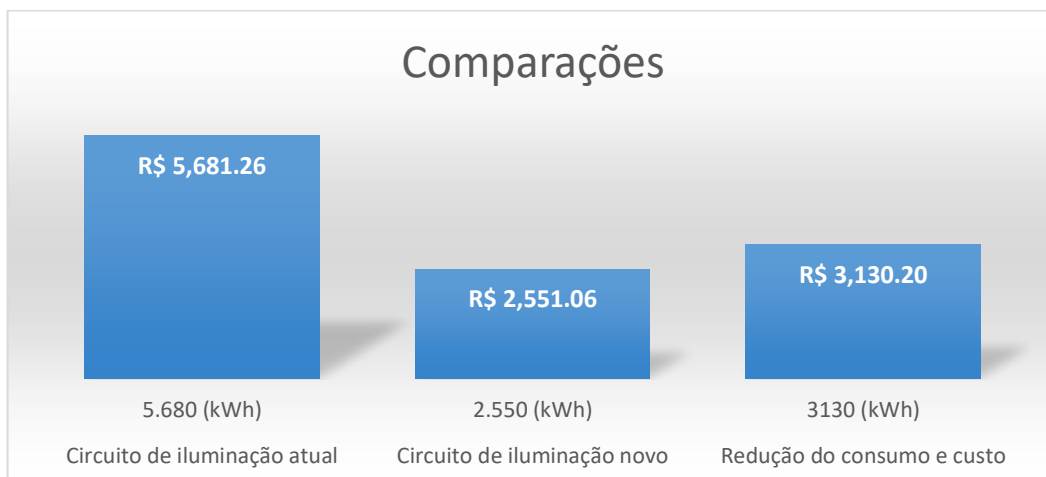
No circuito de iluminação existente o consumo de energia por todo o circuito custa mensalmente o valor de: R\$ 5.681,26 reais.

No circuito de iluminação novo o consumo custará se implementado utilizando as novas lâmpadas o valor ficará em torno de: R\$ 2.551,06 reais.

A economia gerada pelo novo circuito de iluminação ficará em torno de: 3.130,20 reais de economia o consumo cairá para 2.550 (kWh) por mês.

A economia gerada é mensal e os cálculos foram somente feitos somente em um prédio de sala de aula, a economia poderia ser ainda maior se fosse realizado em todo campus da faculdade.

**Gráfico 1 – Comparação do consumo e o custo.**



**Fonte: Próprio Autor, 2021.**



#### 4.1.13 Investimento (PayBack)

Para aquisição do novo sistema de iluminação vai ser preciso um investimento, porém a economia na fatura gerará um “payback”. Na primeira coluna da tabela 22, encontra-se a quantidade de lâmpadas total do prédio, e na terceira coluna o valor unitário da lâmpada, se multiplicar os dois valores, vai se encontrado o valor do investimento.

**Tabela 22 – Custo da nova iluminação.**

Demanda de Iluminação da sala			
Quantidade	Descrição	V. unitário	V. Total
500	Lâmpada Tubolar led – 18 (w)	R\$ 13,96	R\$ 6.980
Total			

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

O payback é o retorno do investimento, a economia gerada na fatura durante 1 ano. Valor da economia mensal R\$ 3.130,20, para encontrar a economia anual basta multiplicar por 12 meses e o resultado da fatura anual é de: 37.562,40 reais.

Para aquisição somente do material o custo ficará: **R\$ 6.980,00** reais, conforme a quarta coluna da tabela 22. Então o sistema se pagará no prazo de dois meses 5 dias de consumo da energia o investimento será quitado. Só a implementação da nova iluminação gerará uma significativa economia nas contas da instituição.

#### 4.2 Automatizando os circuitos de iluminação e refrigeração

Para melhorar ainda mais a eficiência energética das salas serão propostos a automação dos circuitos de iluminação e de refrigeração, para isso utilizaremos as redes de comunicações tipo “mech”, aonde cada professor ou funcionário da instituição poderá acionar de forma remota os circuitos evitando assim o desperdício de sala iluminadas sem atividades.

Todos os procedimentos aqui informados foram obtidos no site do fabricante, para automatizar os circuitos das salas, será implementado o equipamento da “Bluelux”, esse aparelho foi desenvolvido para o controle do acionamento de lâmpadas e outros sistemas elétricos, utilizando aplicativo próprio disponível pelo

fabricante, o aplicativo pode acessar qualquer circuito, ligando e desligando pelo smartphone ou tablet do usuário. Através da rede de comunicações dos próprios aparelhos que se conectam entre si, formando uma grande rede.

**Figura 20 – Conexão do smartphone com controlador.**

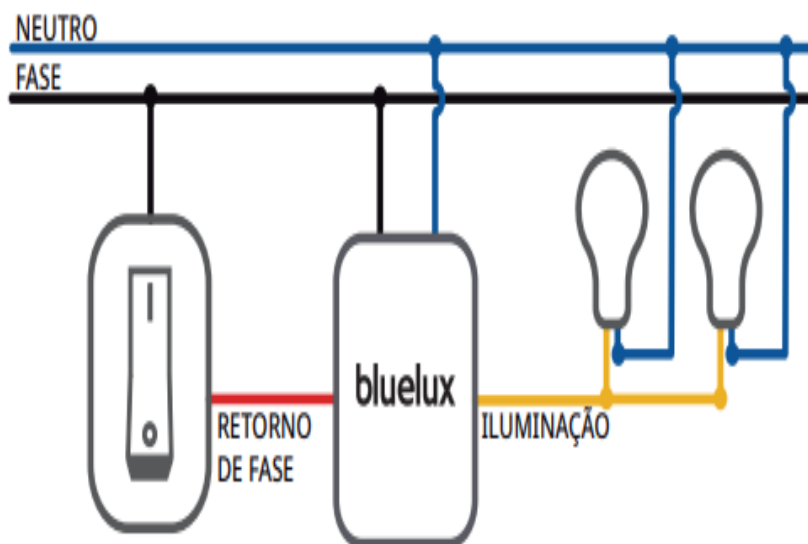


**Fonte: Site do Bluelux 2021.**

É possível controlar múltiplos circuitos, desde que sua potência não ultrapasse a potência de 600 (w) a 1750 (w) de potência no circuito, essa recomendação é do fabricante do produto. Para tudo isso acontece todos os circuitos devem estar interligados a uma central de controle que controlará todos os circuitos do prédio, ou seja, um comando central. O consumo de energia em standby é baixíssimo.

O módulo de automação “Bluelux” funciona em conjunto com interruptor tradicional, pode ser instalado em circuitos de interruptores a figura 21, mostra o diagrama de ligação de um circuito de iluminação.

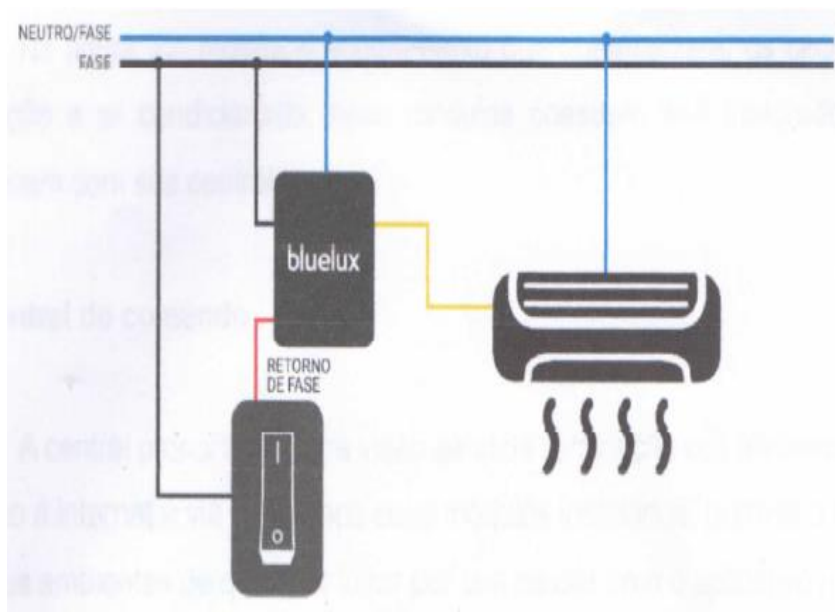
**Figura 21 – Diagrama de ligação das lâmpadas.**



**Fonte: Site do Bluelux 2021.**

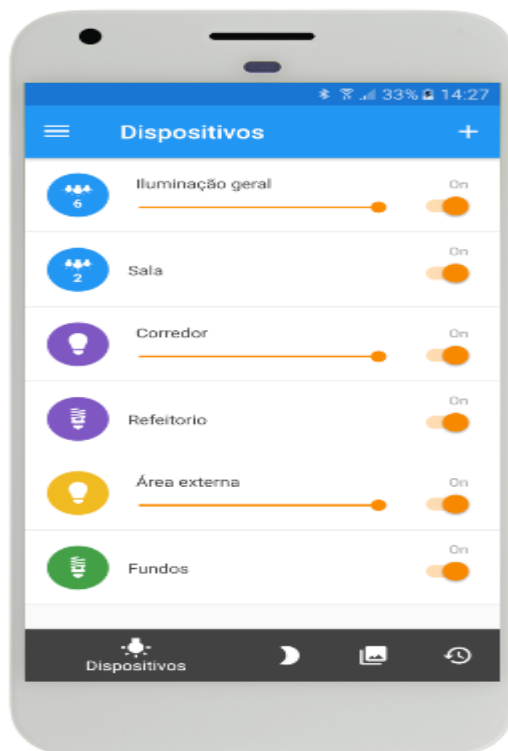
O módulo para os circuitos de refrigeração pode ser ligado de forma independente. Podendo adicionar quantas unidades for preciso ao aplicativo para ter o controle simultâneo de todos os aparelhos diretamente pela central de comando utilizando o smartphone. A figura 22, mostra o diagrama de ligação de um circuito de refrigeração da sala, para instalação serão utilizado um módulo para cada fase da ligação do ar-condicionado.

**Figura 22 – Diagrama de ligação do ar-condicionado.**



**Fonte: Site do Bluelux 2021.**

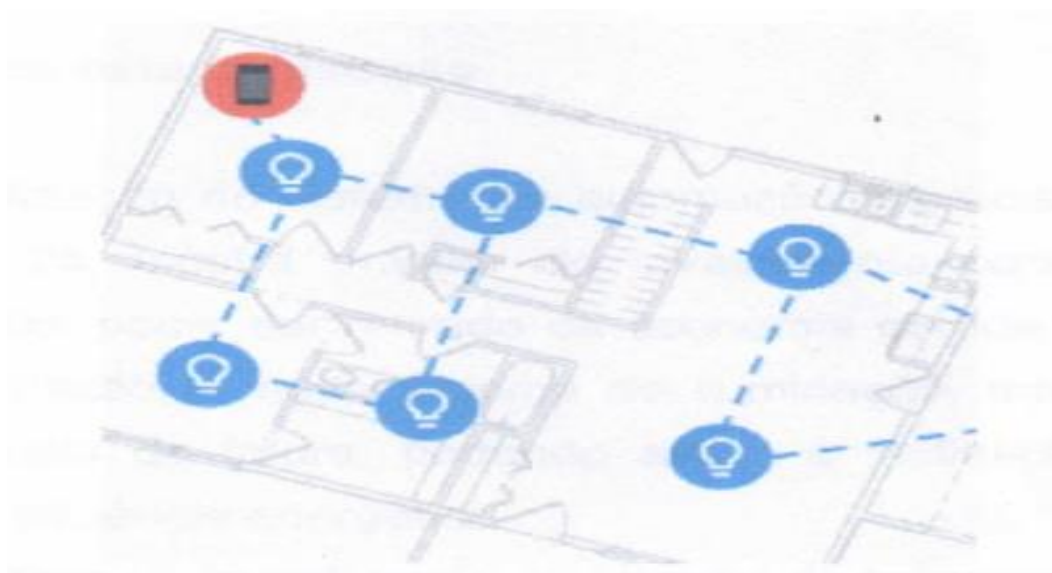
**Figura 23 – Tela do smartphone com os tipos de acessos controlados.**



**Fonte: Site do Bluelux 2021.**

Através do smartphone pode-se controlar qualquer ambiente automatizado, a figura 23, mostra o exemplo da tela dos locais controlados (Bluelux, 2021).

**Figura 24 – Rede de comunicações entre os aparelhos de automação.**



**Fonte: Site do Bluelux 2021.**

A rede de comunicação interligada aos aparelhos pode controlar diversos circuitos mesmo utilizando um smartphone. A figura 24 mostra os circuitos interligados da iluminação e refrigeração todos os módulos são conectados pelo wi-fi com a central de controle e comando.

#### 4.2.1 Central de comando e controle

Com a conexão direta pode-se controlar simultaneamente vários módulos. Cada módulo atua como um repetidor de sinal o que amplia o alcance da rede de comunicação quando vários módulos estão instalados em uma mesma área. É por isso que os módulos “Bluelux” não requer rede de wi-fi, roteadores ou qualquer ou rede pré-existente, eles criam a própria rede sem fios de maneira segura.

**Figura 25 – Central de comando e controle dos aparelhos de automação.**



**Fonte: Site do Bluelux 2021.**

A figura 25, mostra um tablet configurado como central de comando com aplicativo específico realizado todos os controles do sistema automatizado. A Central de Automação Bluelux utiliza o sistema android 5.0 ou superior, que

possua o protocolo de comunicação Bluetooth Low Energy, conectado ao 3G ou WiFi e fique sempre energizado no local (Bluelux, 2021).

#### 4.2.2 Investimento para implantação

Para melhorar a eficiência energética das instalações sugere-se a implantação do sistema de automação, porém para isso é necessário um pequeno investimento por parte da instituição, na tabela 25, mostra o valor desse investimento, esse valor pode ser retirado da economia gerada pela mudança da iluminação que gerou uma redução significativa na fatura de energia, podendo assim a instituição realizar investimento de eficiência energética.

**Tabela 23 – Investimento no sistema de automação.**

<b>Aparelhos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>V. Unitário</b>	<b>V. Total</b>
<b>Central</b>	2	R\$ 582,00	R\$ 1.164,00
<b>Iluminação</b>	20	R\$ 199,00	R\$ 3.980,00
<b>Ar condicionado</b>	60	R\$ 254,00	R\$ 15.240,00
<b>Mão de obra</b>	82	R\$ 80,00	R\$ 6.560,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 26.944,00</b>

**Fonte: Site do Blue lux 2021, próprio autor 2021.**

Para o retorno do investimento serão necessários esperar oito meses do retorno da economia gerada pelo novo circuito de iluminação.

#### 4.3 Trabalhos futuros

Elaborar um projeto para a criação de usina própria de geração de energia utilizando fontes renováveis como a energia solar, com um sistema on-grid pode se obter a compensação da concessionária de energia e o excedente pode ser descontados em outras instituições de ensino do “IFAM”.

## 5. Conclusão

De acordo com os objetivos propostos e com base na situação do circuito de iluminação do prédio é possível afirmar que existe um grande potencial na redução do custo do consumo de energia elétrica da edificação analisada, sem comprometer o conforto do ambiente ou dificultar sua utilização na prestação dos serviços educacionais.

Algumas ações de baixo custo e rápida implantação podem contribuir para a redução do consumo de energia da edificação, tais como a colocação de placas com dizeres de “desligar as luzes ao sair”, “mantenha a porta fechada ar-condicionado”, conscientizar os usuários que todos devemos contribuir para a redução do consumo de energia elétrica.

Mesmo havendo legislação acerca do tema eficiência energética nas edificações públicas, a saber, “Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001”. Dispõe sobre a política Nacional de conservação e uso racional de energia. É fundamental a implantação da gestão de eficiência energética, com ações e acompanhamento de resultados alcançados.

Os resultados das análises se mostram satisfatórios e a eficiência energética da edificação pública, deve ser implementada, os prédios eficientes devem servir de modelo para os outros, tendo em vista a influência do setor público como formador de opinião diante da sociedade, além da sua representatividade econômica dentro do orçamento público, impactando o seu comportamento e sua responsabilidade socioambiental enquanto instituição de ensino pública. Portanto todos os pontos aqui apresentados através de cálculos de dimensionamento mostraram os resultados esperados e satisfatórios a implantação da rede de comunicações de controle será um ponto chave para todas essa economia.

## 6. Referências Bibliográficas

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 5413: **Iluminação**. NBR ISO 8995-1. Rio de Janeiro, 2013.
2. GUILLIOD, S.M.; CORDEIRO, M.L.R. (2010), **Manual do Pré-Diagnóstico Energético - Autodiagnostico na Área de Prédios Públicos**, PROCEL EPP - Eficiência Energética nos Prédios Públicos, Rio de Janeiro, RJ.
3. <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2015-03/governo-publica-guia-para-diminuir-consumo-de-energia-nos-predios-publicos>. Acesso 02 de dezembro de 2020.
4. [http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf6979508-pss-pt\\_br](http://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf6979508-pss-pt_br).
5. <http://www.historiadetudo.com/lampada>. Acesso 02 de dezembro de 2020.
6. <http://www.ufrgs.br/labcon2/Aula%206%20-%20Luminarias.pdf>. Acesso em 24 novembro de 2020.
7. [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3314534/mod\\_resource/content/1/SEL0437\\_Aula05\\_Iluminacao\\_2017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3314534/mod_resource/content/1/SEL0437_Aula05_Iluminacao_2017.pdf).
8. <https://exame.abril.com.br/brasil/mme-lanca-guia-de-economia-de-energia-em-predios-publicos/>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.
9. <https://www.vivadecora.com.br/pro/iluminacao/calculo-luminotecnico/>. Acesso em 12 de dezembro de 2020.
10. JULIO NISKIER. **Manual de Instalação elétricas**. 2 Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2015.



11. **MANUAL DA PROCEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

<http://www.mme.gov.br/documents>

/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-

%20PROCEL\_EPP%20-agosto%

202011.pdf. Acesso em 24 novembro de 2020.

12. SANTA RITA MATERIAIS ELÉTRICOS. **Lâmpadas**. Santa Catarina, 2014.

Disponível em <<http://www.santarita.com.br/o-que-e-um-painel-solar-fotovoltaico>> Acesso em: 02 de janeiro 2021.

13. [https://www.bluelux.com.br/produto/central-automacao-](https://www.bluelux.com.br/produto/central-automacao-smt280/?woocommerce_waitlist=)

[smt280/?woocommerce\\_waitlist=](https://www.bluelux.com.br/produto/central-automacao-smt280/?woocommerce_waitlist=)

[6697&woocommerce\\_waitlist\\_action=join&woocommerce\\_waitlist\\_nonce=06d0](https://www.bluelux.com.br/produto/central-automacao-smt280/?woocommerce_waitlist=)

[d70e25&wcwl\\_email=larroque.engmc@gmail.com](https://www.bluelux.com.br/produto/central-automacao-smt280/?woocommerce_waitlist=). Acesso em 24 novembro de 2020.

14. <https://www.plagium.com/pt/detectordeplagio>.

15. <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/download/1183/755?inline=1>.

16. Brasil (2001), “Decreto nº 4.059, de 10 de dezembro de 2001, que regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências”, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 2001.

17. Brasil, Ministério de Minas e Energia (2011), Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e diretrizes básicas, Brasília, DF.