

**GABRIEL ROCHA MONTEIRO DIAS**

**IOT (INTERNET OF THINGS) - PARA O PROJETO DE EDIFÍCIOS DE GRANDE  
PORTE: Ênfase na eficiência energética.**

**SÃO PAULO - SP**

**2019**

**GABRIEL ROCHA MONTEIRO DIAS**

**IOT (INTERNET OF THINGS) - PARA O PROJETO DE EDIFÍCIOS DE GRANDE  
PORTE: Ênfase na eficiência energética.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para a obtenção do  
título de especialista em Gerenciamento de  
Projetos na Construção.

Orientadora:

Prof.<sup>a</sup> Dra. Joana Carla Soares Gonçalves

**SÃO PAULO - SP**

**2019**

## Catlogação-na-publicação

DIAS, GABRIEL

**IOT (*INTERNET OF THINGS*) - PARA O PROJETO DE EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE: ÊNFASE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA** / G. Dias – São Paulo. 59p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Gestão de Projetos 2. IOT (Internet Of Things) | Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus. À minha família, que sempre me apoiou: aos meus pais, que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar meus sonhos, a minha esposa, aos meus filhos que sempre me mostram a cada dia o valor da vida.

Aos meus grandes amigos, em especial Leonardo Trinta que colaboraram e compartilharam seus momentos especiais, me incentivando e criando momentos espetaculares em minha vida, meus sinceros agradecimentos.

Um agradecimento especial a Professora Doutora Joana Carla Soares Gonçalves, que me orientou; sem seu suporte, sua inspiração e visão, a conclusão deste trabalho não seria possível. Deixo aqui registrada minha admiração pelo seu trabalho e pela sua dedicação.

## RESUMO

Em 1973 o mundo presenciou a grande crise do petróleo, momento em que a semente da preocupação com a sustentabilidade foi plantada. Se antes, edifícios consumiam energia e recursos de forma desenfreada, a partir deste ano, deveriam repensar. Os governos passaram a regular qual a maneira em que os mesmos deveriam ser construídos e quais requisitos de eficiência deveriam atender. Com o advento da internet, não demorou muito para que uma outra semente fosse plantada: o conceito de Internet das Coisas. A possibilidade de que objetos do mundo físico pudessem “sentir”, se comunicar e tomar decisões de forma autônoma, apesar de assustar em um primeiro momento, se tornou real e mais comum do que se imagina. Esse trabalho, visa transformar a forma como se vê um edifício, de forma que o mesmo possa sentir e dar *feedbacks* aos gestores das operações que o envolvem. O objeto de estudo foi um *shopping center* localizado na cidade de São Paulo/SP com o intuito de melhorar a gestão da temperatura interna e também possibilitar a análise de dados que poderão ser utilizados em futuras decisões de *retrofit* nos diversos sistemas que compreendem esta tipologia arquitetônica.

## **ABSTRACT**

In 1974 the world witnessed the great oil crisis, when the seed of concern for sustainability was planted. If before, buildings consumed energy and resources in a rampant manner, starting this year, they should rethink. Governments began to regulate how they should be built and which efficiency requirements should be met. With the advent of the internet, it was not long before another seed was planted: the concept of the Internet of Things. The possibility that objects in the physical world could "feel", communicate, and make autonomous decisions, though frightening at first, became real and more common than imagined. This work aims to transform the way a building is viewed, so that it can feel and give feedback to the managers of the operations that involve it. The object of study was a shopping mall located in São Paulo / SP with the purpose of improving the internal temperature management and also allowing the analysis of data that may be used in future retrofit decisions in the various systems that comprise this architectural typology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimativa de crescimento da Internet das Coisas. ....	16
Figura 2 – Diferentes visões da Internet das Coisas .....	23
Figura 3 – Linha do tempo dos marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética .....	29
Figura 4 – Evolução da capacidade instalada de painéis solares fotovoltaicos .....	31
Figura 5 – CAD x BIM.....	33
Figura 6 – Análise da exposição à radiação solar em espaço residencial .....	35
Figura 7 – Modelo elaborado no Design Builder para ensaio de aberturas e desempenho térmico .....	36
Figura 8 – Shopping do tipo “ <i>enclosed mall</i> ” .....	39
Figura 9 – Modelo de <i>Open Air Center</i> .....	40
Figura 10 – Organograma de departamentos de um <i>shopping center</i> .....	41
Figura 11 – Estrutura para fixação das placas fotovoltaicas .....	44
Figura 12 – Planta do piso superior.....	47
Figura 13 – Planta do piso térreo .....	48
Figura 14- Planta do piso inferior.....	48
Figura 15 – Imagem ilustrativa da medição realizada por infravermelho .....	49
Figura 16 – Tabela de medição diária manual .....	50
Figura 17 – Visualização gerada para controle de temperatura do piso Superior.....	52
Figura 18 – Série histórica de dados de temperatura e umidade.....	53
Figura 19 – Resumo de informações sobre a série histórica .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicações para a Internet das Coisas .....	15
Tabela 2 – Linha do Tempo da Internet das Coisas.....	24
Tabela 3 – Periodização para o caso brasileiro.....	37
Tabela 4 – Estratificação do consumo acumulado de energia elétrica no Ilha Plaza Shopping.....	44

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
1.1.1. OBJETIVO PRINCIPAL .....	13
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. O QUE É IOT?</b> .....	<b>14</b>
2.1.1. Criação do conceito .....	17
2.1.2. Aplicabilidade .....	17
2.1.2.1. Identificação por rádio frequência .....	17
2.1.2.2. Redes de sensores sem fio.....	18
2.1.2.3. Protocolo IPv6 .....	19
2.1.2.4. Bluetooth .....	20
2.1.3. IoT no mundo e sua história .....	22
2.1.4. IoT no Brasil .....	25
<b>2.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA EDIFICAÇÃO</b> .....	<b>27</b>
2.2.1. O que é eficiência energética? .....	27
2.2.2. Sua importância no contexto das edificações .....	27
2.2.3. Redução da demanda por energia .....	30
2.2.4. Eficiência energética x Projeto arquitetônico.....	31
<b>2.3. GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b> .....	<b>33</b>
2.3.1. BIM (qualidade do projeto) .....	33
2.3.2. Gestão do projeto com foco na eficiência energética.....	34
<b>3. EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE</b> .....	<b>37</b>
<b>3.1. SHOPPING-CENTER</b> .....	<b>37</b>
3.1.1. Projeto .....	38
3.1.2. Operação.....	40
3.1.3. Potencial de redução de demanda.....	43
<b>4. ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>46</b>

<b>4.1. PROJETO .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2. PROBLEMA .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. ESTRATÉGIAS .....</b>	<b>51</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho discorre sobre um estudo de caso acerca da IoT – Internet of Things (SERAFIM, 2014) aplicada à eficiência energética em edifícios de grande porte, como os *shopping centers* ou centros de compras.

A preocupação com o uso sustentável e eficiente da energia em edifícios data da década de 70, especificamente 17 de outubro de 1973 com a crise do petróleo que se iniciava através da redução da extração do óleo natural pelos produtores majoritários da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo). Esse movimento teve como consequência o súbito aumento do barril em mais de 400% em menos de 100 dias, ocasionando uma crise instantânea no setor dos edifícios, que até aquele momento não se preocupavam o mínimo com a eficiência do consumo energético, consumindo até 100kWh/m<sup>2</sup>, que representa um valor 8 a 10 vezes maior do que o consumido atualmente (ROMÉRO; REIS, 2012).

A partir deste momento, um esforço mundial passou a ser realizado para que as chamadas “regulamentações energéticas” pudessem direcionar as novas construções de forma que buscassem ser o mais energeticamente eficientes possível. Dessa forma, o que anteriormente dependia da boa vontade dos empreendedores e/ou arquitetos, passou a ser previsto em lei já a partir de 1974.

Nesse interim, o esforço de pesquisa e desenvolvimento por parte do setor de construção civil para otimizar a eficiência energética nas edificações passou a ser de grande importância, já que a energia utilizada para a construção de edificações é, também, gerada pela queima de combustíveis fósseis, responsável pela grande quantidade de gases de efeito estufa emitidos na atmosfera, que contribuem para as alterações climáticas.

É importante contar com métodos comprovados para assegurar que as edificações sejam projetadas para maximizar a eficiência energética durante a construção e ao longo da vida útil e que eles realmente funcionem como pretendido. Nesse cenário surge a *Internet* das Coisas, conhecida em inglês como *Internet of Things*, IoT.

Em uma definição mais ampla, a Internet das Coisas relaciona-se à capacidade dos objetos, conectados em rede, de disponibilizarem informações a respeito de seu funcionamento. Tal tecnologia, descreve Ferreira (2014), tem a finalidade de

proporcionar inteligência para objetos, de modo a permitir seu controle e a notificação de alterações em seu estado.

Nesta conjuntura, entende-se que a dimensão, contexto e escopo de adoção de tais aplicações, apresentam-se como um dos desafios desta tecnologia. Segundo Wu, Talwar, K., Himayat, e Johnson (2011), não é possível representar de maneira exaustiva todas as alternativas de soluções atribuídas à Internet das Coisas, uma vez que o processo de compreensão do seu potencial ainda encontra-se em fase inicial, visto a variedade de aplicações que podem ser endereçadas em diversos segmentos do mercado.

Uma das áreas elencadas anteriormente relaciona-se à aplicação da Internet das Coisas no monitoramento energético e ambiental, sugerindo um uso adequado e consciente dos recursos naturais, contemplando a eficiência energética de edificações.

O desenvolvimento econômico e os altos padrões de vida, destacam Hinrichs, Kleinbach e Reis (2015), são processos complexos que necessitam de um abastecimento adequado e confiável de energia. Para Yu, Cecati, Dillon e Simões (2011), a necessidade de minimizar ou mesmo equilibrar o impacto ao meio ambiente criado pelas atividades que fazem parte do estilo de vida do século XXI, promovendo o uso consciente dos recursos naturais, apresentam-se como um dos desafios da humanidade.

Desta maneira, de acordo com Wu et al. (2011), o processo de eficiência energética está condicionado à integração de novas tecnologias, como por exemplo, as TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), sendo a Internet das Coisas considerada ideal para este ambiente. Assim, este artigo busca investigar a evolução das pesquisas no campo da Internet das Coisas objetivando compreender quais contribuições este paradigma pode oferecer ao conceito de “eficiência energética” e aos edifícios em geral.

Uma edificação eficiente do ponto de vista energético não apresenta apenas menor impacto para o meio ambiente, mas também para toda a cadeia produtiva que a envolve. A eficiência energética economiza dinheiro, reduz o risco financeiro do aumento dos custos de energia, além de ser uma das melhores práticas para a geração de negócios sustentáveis.

Outra questão a ser levantada em consideração é que edifícios energeticamente eficientes só são eficazes quando seus ocupantes estão confortáveis. Se eles não estão confortáveis, então vão ter meios alternativos de aquecimento ou refrigeração de um espaço, como aquecedores ou condicionadores de ar montados em janelas que possam ser substancialmente piores do que os sistemas de ar-condicionado típicos.

O conforto térmico é difícil de medir, porque é altamente subjetivo. Ele depende da temperatura do ar, umidade, temperatura radiante, velocidade do ar, as taxas metabólicas e níveis de vestuário e cada indivíduo experimenta essas sensações de forma diferente, com base em sua fisiologia e estado físico.

De acordo com o ANSI / ASHRAE 55-2010, conforto térmico é definido como "a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e é avaliado por avaliação subjetiva". Também conhecido como o conforto humano, conforto térmico é a satisfação dos ocupantes às condições térmicas circundantes e é essencial a considerar ao projetar uma estrutura que irá ser ocupada por pessoas (GONÇALVES; BODE, 2015). Para promover a referida satisfação, é importante considerar, ao projetar uma estrutura, como será seu ambiente interno. Nesse contexto, os materiais utilizados para a construção das edificações são altamente importantes.

Esse estudo se justifica a partir do atual quadro ambiental do planeta, no qual os indivíduos e instituições procuram continuamente maneiras e processos para minimizar, atenuar e reverter na maior escala possível, os danos ao meio ambiente causados pelas práticas contemporâneas. A compreensão do real impacto que as técnicas construtivas aqui estudadas poderão fornecer aos profissionais da construção civil possui um valor muito importante para o planeta e para as futuras gerações, agregando à gestão do edifício o conceito prático de IoT para auxiliar tomadas de decisão relacionadas ao espaço interno, à operação e, conseqüentemente, a sua eficiência energética.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

Investigar como a IoT pode auxiliar para com a eficiência energética de uma edificação de grande porte, dedicados ao uso de *shopping-centers* com sistema de medição de temperatura e umidade em tempo real de uma área comum de circulação de pessoas, os chamados “corredores”, para confronto com a quantidade de energia que o sistema de condicionamento de ar (ar-condicionado) está configurado para entregar.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para tanto, o presente instrumento de estudo irá:

- Levantar informações históricas e contemporâneas acerca das origens e utilizações de cada um dos métodos estudados;
- Destrinchar as principais características técnicas da *IOT*;
- Sistematizar como funciona os métodos e ferramentas de aferição da eficiência dos sistemas construtivos;
- Definir um conjunto de diretrizes para a eficiência energética de edifícios desta tipologia, com base na implementação de um sistema de *IOT*.

## **2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES**

### **2.1. O QUE É IOT?**

O advento e a popularização da Internet contribuíram para o surgimento de novos conceitos, aumentando o leque de aplicações e estendendo as possibilidades de seu uso em diferentes áreas de conhecimento, quebrando antigos e criando novos paradigmas. Conforme Lacerda (2015), o contexto da sociedade atual aponta para uma realidade de convergência em que os limites entre o concreto e o digital se tornam cada vez mais tênues.

De acordo com Santucci (2013):

Quando os objetos podem sentir o ambiente e se comunicar, eles se tornam ferramentas poderosas para entender coisas complexas e responder a elas com eficiência. Embora tais objetos inteligentes possam interagir com humanos, é mais provável que interajam ainda

mais entre si automaticamente, sem intervenção humana atualizando-se com as tarefas do dia.

O conceito primordial associado à Internet das Coisas, remete à capacidade que os objetos possuem de se comunicar, reportando informações acerca de seu estado e funcionamento. Conforme Serafim (2014), a IoT (Internet of Things) consiste em interligar os objetos de uso cotidiano do ambiente real com a Internet, tornando-os, então, objetos inteligentes.

Na concepção de Cervantes (2014), uma rede IoT é composta por objetos dotados de capacidade de processamento, oferecendo a possibilidade de enviar e receber informações através da rede. O autor sustenta que a Internet das Coisas é fruto de uma revolução tecnológica que representa o futuro da computação e da comunicação, candidata a melhorar a vida das pessoas.

A Internet das Coisas está alicerçada na presença de um conjunto de objetos, tais como sensores, atuadores e telefones celulares, que por meio de mecanismos de endereçamento único como a Internet são capazes de interagir e cooperar uns com os outros. A comunicação e a troca de informações entre estes diferentes objetos constituem um cenário de uso clássico deste paradigma (TOMAS, 2014).

Neste contexto, segundo Antunes (2014, p.13):

Espera-se que os objetos no escopo da IoT não sejam apenas dispositivos com comunicação sem fio, memória e capacidade de processamento, mas que tenham também autonomia, comportamento proativo, conhecimento sobre o contexto e sejam capazes de cooperar entre si para alcançar metas comuns.

A Internet das Coisas, enfatiza Lacerda (2015), provê vários benefícios para a sociedade, observando-se efeitos significativos nas áreas de meio ambiente, saúde, comunicação, segurança, comodidade e urbanismo, uma vez que as aplicações são tantas quantas forem possíveis de se imaginar ao associar objetos com informações. A Tabela 1 demonstra algumas destas aplicações:

Tabela 1 – Aplicações para a Internet das Coisas

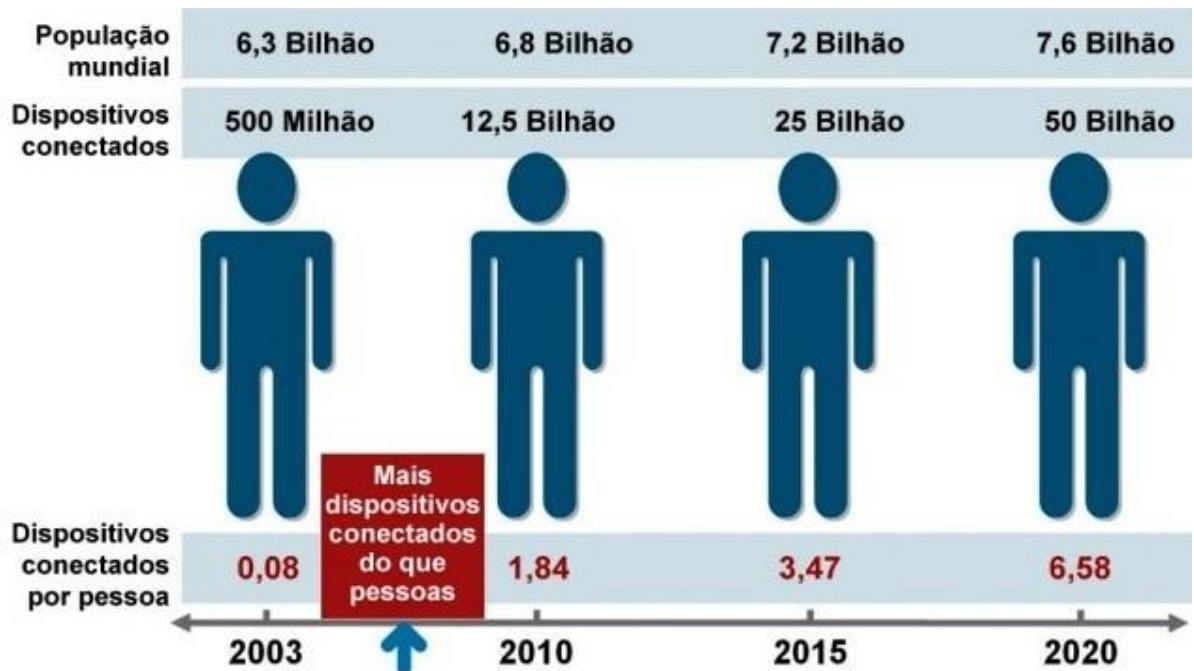
<b>Rede</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Exemplos</b>
Sensoriamento	Monitoramento do mundo físico	Temperatura, umidade, energia elétrica

Industrial	Melhoras na qualidade do produto	Telecomunicações, médica, transporte
Civil	Monitoramento cidadão	Comercial, doméstica, veicular
Resgate	Comunicação no ambiente de resgate e coleta de dados	Desastres naturais
Militar	Comunicação no campo de guerra	Aviso de ataques

Fonte: elaborada pelo autor, a partir de Cervantes (2014).

Para se ter uma noção do potencial disponível, Ferreira (2014) menciona que em 2013 existiam mais de dez bilhões de objetos com a possibilidade de se comunicar através da Internet, sendo que até o ano de 2022 esse número poderá atingir o patamar de um trilhão de dispositivos. Para Evans (2011), estes índices demonstram-se diferentes, porém significativos, conforme apresenta a Figura 1.

Figura 1 - Estimativa de crescimento da Internet das Coisas.



Fonte: Evans (2011, p.3).

Considerando estes dados, entende-se que o número de equipamentos conectados surge como desafio para a infraestrutura da rede, uma vez que existe

a necessidade de administração do tráfego e do armazenamento das informações por ele gerado.

### **2.1.1. Criação do conceito**

A ideia de se conectar elementos físicos ou as chamadas “coisas” que teoricamente seria tudo o que basicamente existe no mundo físico é chamada Internet das Coisas. A tecnologia associada a este uso surgiu em 1940 durante a Segunda Guerra com os *transponders* utilizados em aviões para evitar colisões, identificando outros aviões e com isso ganhando precisão nas manobras e ataques.

### **2.1.2. Aplicabilidade**

Esta seção descreve algumas das tecnologias associadas ao funcionamento da Internet das Coisas, enfatizando as redes de sensores sem fio e a tecnologia ZigBee, adotadas no desenvolvimento do protótipo de gerenciamento de intensidade de luminosidade no ambiente. Ressalta-se a existência de um amplo universo de conceitos relacionados ao tema que poderiam ser explorados, contudo optou-se por discorrer acerca daqueles que apresentam maior aderência ao escopo desta pesquisa.

#### **2.1.2.1. Identificação por rádio frequência**

A tecnologia de identificação por rádio frequência, RFID (Radio Frequency Identification), esclarece Paes (2014), realiza a transmissão por meio de ondas de rádio, permitindo o rastreamento, identificação e troca de informações com outros dispositivos que também possuam a mesma interface.

O sistema RFID objetiva identificar objetos pelo uso de etiquetas (tags) que podem transmitir o sinal para um ou mais leitores (SERAFIM, 2014). Na concepção de Cardoso (2013), as etiquetas trazem consigo as informações sobre o item a ser rastreado e os leitores são dispositivos capazes de reconhecer o conteúdo registrado nas etiquetas.

Essas etiquetas são classificadas em ativas e passivas, conforme argumenta Cervantes (2014). As etiquetas ativas possuem bateria própria que fornece energia e

geralmente têm maior poder de processamento e alcance de transmissão. Em contrapartida, as etiquetas passivas não possuem bateria, sendo alimentadas pelo leitor e, por conseguinte, o poder de computação é menor, contudo, operam em qualquer banda de frequência.

Originalmente desenvolvida para substituir o código de barras, a tecnologia RFID apresenta-se sob diversas formas, sendo associada a produtos de supermercados, passaportes, livros, implantada em animais, entre outras aplicações possíveis (TANENBAUM; WETHERALL, 2011). Ao referir-se a este tema, Suresh et al. (2014) afirmam que a tecnologia RFID apresenta-se como uma componente chave para a Internet das Coisas.

De acordo com Barbin (2015), com os avanços na tecnologia de circuitos integrados de silício, as etiquetas tornaram-se confiáveis e baratas, sendo assim, a primeira década do século 21 viu o mundo se movendo em direção à tecnologia de RFID, com a sua adoção generalizada e em grande escala. Este movimento, complementa o autor, tem sido contínuo e se traduz em grandes perspectivas para a crescente comercialização em todo o mundo.

### **2.1.2.2. Redes de sensores sem fio**

Entende-se por Redes de Sensores sem Fio (RSSF), conforme sustenta Aquino (2015), como sendo um conjunto de dispositivos de sensoriamento dotados de capacidade de processamento e comunicação limitados, visto que são alimentados por baterias e que permitem monitorar uma variedade de fenômenos descritos por grandezas físicas, como temperatura, pressão e umidade. Tanenbaum e Wetherall (2011) elencam este tipo de tecnologia como um passo adiante na capacidade do RFID, descrito anteriormente.

Para Antunes (2014), as RSSF são exemplos típicos de Redes de Baixo Consumo e Baixa Potência (LLNs - Low-Power and Lossy Networks), consideradas como uma área importante dentro da Internet das Coisas. O autor acrescenta que as redes LLN operam com severas restrições em termos de capacidade de processamento, armazenamento e fonte de energia, sendo caracterizadas por elevadas taxas de perdas de pacotes, baixas taxas de transmissão e alta instabilidade.

Quanto às possibilidades de sua aplicação, Aquino (2015) indica sua adoção no fortalecimento de sistemas urbanos, citando soluções para a integração de veículos capazes de interagir entre si para compartilhar informações de acidentes ou congestionamentos, no contexto ambiental visando o monitoramento da qualidade do ar, praias ou rios e à previsão de catástrofes, bem como na automação de prédios permitindo assim, a concepção de ambientes inteligentes.

Ainda em relação às suas aplicações, Yick, Mukherjee e Ghosal (2008), classificam as RSSF em duas categorias: rastreamento e monitoramento. O rastreamento está associado à tarefa de identificar objetos, pessoas ou animais em determinadas localidades. Quanto ao monitoramento, sustentam os autores, aplica-se ao acompanhamento de fenômenos ou eventos.

Redes de sensores sem fio são estruturadas em nós que recolhem e repassam as informações por eles detectadas sobre o estado do mundo físico. Esta tecnologia está revolucionando a ciência, oferecendo dados comportamentais que não poderiam ser antes observados (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

### **2.1.2.3. Protocolo IPv6**

Na ótica de Antunes (2014), um dos grandes desafios para o funcionamento pleno da Internet das Coisas relaciona-se à necessidade da existência de mecanismos de endereçamento que permitam identificar unicamente cada dispositivo conectado à rede.

Considerando que a base de funcionamento da Internet é o protocolo TCP/IP, é natural que esta identificação esteja associada aos endereços IP. Contudo, um entrave à esta solução diz respeito à escassez dos endereços IPv4. Segundo Tanenbaum e Wetherall (2011), o crescimento exponencial da Internet é a prova da eficiência do protocolo, porém ele acabou sendo vítima de sua popularidade. De acordo com Atzori, Iera e Morabito (2010), devido a esta limitação o IPv4 está descartado para uso com a Internet das Coisas.

Objetivando resolver este problema, a IETF (Internet Engineering Task Force), em 1998, concebeu o protocolo IPv6. Esta versão, destaca Lacerda (2015), possibilita a geração de cerca de 340 undecilhões de endereços IP, o suficiente para identificar

diversas vezes cada grão de areia do planeta, tornando-se conseqüentemente o padrão para dispositivos na IoT.

Apesar da disponibilidade de endereços para os dispositivos conectados à IoT aparentemente não ser um obstáculo, sua adoção esbarra em questões de compatibilidade. A tecnologia RFID, relatam Atzori, Iera e Morabito (2010), faz uso de identificadores com tamanho de 96 bits, incompatíveis com o IPv6. Como solução, a IETF desenvolveu a tecnologia 6LoWPAN (IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks).

A tecnologia 6LoWPAN permite que dispositivos com baixo consumo de energia e limitações de processamento, possam através de uma camada de adaptação, transportar pacotes IPv6 através de técnicas de compressão (YICK; MUKHERJEE; GHOSAL, 2008).

#### **2.1.2.4. Bluetooth**

Trata-se de uma tecnologia, menciona Franceschinelli (2003), que permite conexões sem fios entre quaisquer dispositivos de computação, comunicação e eletrônicos, além do reconhecimento e sincronização de dispositivos inteligentes.

Winter (2013) complementa, destacando que este padrão foi desenvolvido inicialmente para ser utilizado em curtas distâncias, em substituição a cabos de conexão de dispositivos pessoais, como telefones, computadores e outros dispositivos portáteis.

O *Bluetooth* oferece uma técnica específica que possibilita que vários dispositivos possam se comunicar entre si, operando na faixa ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2,4 GHz (RAPPAPORT, 2009). Esta faixa, salienta Winter (2013), está dividida em 79 canais com largura de 1 MHz, sendo que a interface com o meio físico é baseada em uma saída com potência variando de 1 mW a 100 mW.

A taxa de transferência de dados alcançada com o Bluetooth 1.0, afirma Paes (2014), é de 1 Mbps e sua área de cobertura é limitada em dez metros na maioria dos casos. Já o Bluetooth 2.0 permite a transferência de informações a 12 Mbps, em áreas de até vinte metros de raio, com a possibilidade de gerenciar dez conexões simultâneas. Em sua terceira versão, afirma Torres (2014), o Bluetooth permite taxas de até 24 Mbps, desde que uma rede sem fio 802.11 esteja presente no ambiente. O

autor complementa, enfatizando que o *Bluetooth* 4.0 adiciona uma nova pilha de protocolos, mais leve e com menor consumo de energia, possibilitando maior duração das baterias, contudo as taxas de transferência permanecem as mesmas.

As redes *Bluetooth*, destacam Kurose e Ross (2013), de acordo com sua topologia são classificadas como ad hoc, uma vez que não precisam de um ponto de acesso para interconectar seus dispositivos, já que um destes dispositivos é designado como mestre e os outros agem como escravos, criando a chamada piconet. Observa-se que toda a comunicação é realizada entre o mestre e os escravos, não sendo possível a comunicação direta entre escravos. De acordo com Torres (2014) um dispositivo pode ser escravo em mais de uma rede, podendo, contudo, ser mestre em apenas uma rede.

O padrão *Bluetooth* facilita as conexões sem fio e de curto alcance, bem como as comunicações entre vários dispositivos eletrônicos; possui alcance limitado, baixo custo, baixo poder de processamento, além de tecnologia de baixo perfil que provê um mecanismo para criação de pequenas redes sem fio numa base ad hoc (FRANCESCHINELLI, 2003).

#### **2.1.2.5. ZigBee**

O padrão ZigBee foi concebido para aplicações que demandam menor potência, taxa de dados e ciclo de trabalho. Sensores domésticos de temperatura e iluminação, dispositivos de segurança e interruptores de parede são exemplos de seu uso (KUROSE; ROSS, 2013).

Ademais, Farahani (2008) acrescenta que em muitas aplicações ZigBee, os dispositivos envolvidos ficam pouco tempo em atividade, permanecendo em estado suspenso (sleep mode). Como resultado deste processo, complementa o autor, os equipamentos ZigBee podem funcionar durante anos sem a necessidade de substituição de suas baterias.

Segundo Ferreira (2014), os protocolos ZigBee tem a responsabilidade de levar a informação de um nó até outro, provendo segurança, garantindo a entrega e procurando sempre o melhor caminho, a melhor eficiência e economizando energia. O autor complementa informando que a rede ZigBee é autogerenciada, uma vez que o próprio protocolo se encarrega da manutenção da comunicação entre os

equipamentos, permitindo que novos dispositivos encontrem automaticamente uma rede e se conectem a ela.

A tecnologia transmite informações através de ondas de rádio por uma frequência de 2,4 GHz com imunidade e sem interferências, enviando dados a taxas entre os 20 e 250 Kbps. As faixas de frequência utilizadas são as frequências livres de 2.4 GHz (global), 915 MHz (Américas) e 868 MHz (Europa) (SURESH et al., 2014).

Em se tratando de comunicação, é importante ressaltar que o padrão ZigBee define apenas os níveis de aplicação, rede e segurança do protocolo, sendo que para os níveis PHY e MAC ele utiliza as especificações contidas no IEEE 802.15.4<sup>1</sup> (FARAHANI, 2008).

Para Ferreira (2014), devido a seu custo, padronização, flexibilidade, adaptabilidade e difusão, o ZigBee tem sido muito utilizado para aplicações de IoT, apresentando-se cada vez mais como um padrão que vai perdurar em aplicações de baixa taxa de transmissão e baixo consumo de energia.

Contudo, Suresh et al. (2014), alertam que um dispositivo de terceiros pode se passar por um nó ZigBee, interceptando suas informações, o que representa uma séria falha de segurança.

### **2.1.3. IoT no mundo e sua história**

O termo Internet das Coisas, destaca Gogliano Sobrinho (2013), relaciona-se a um novo paradigma, que tem por premissa a integração entre objetos de uso cotidiano e a Internet. Contudo, para muitos, esse conceito demonstra-se abstrato e muitas vezes de difícil compreensão, no que tange à maneira de como se procede essa integração.

Na visão de Lacerda (2015), a base da IoT é a computação ubíqua, idealizada por Mark Weiser em 1991. Ferreira (2014), caracteriza a computação ubíqua pelo alto grau de mobilidade, transparência de uso ao usuário e reação ao contexto, alcançando desta maneira os princípios da diversidade, conectividade e descentralização.

---

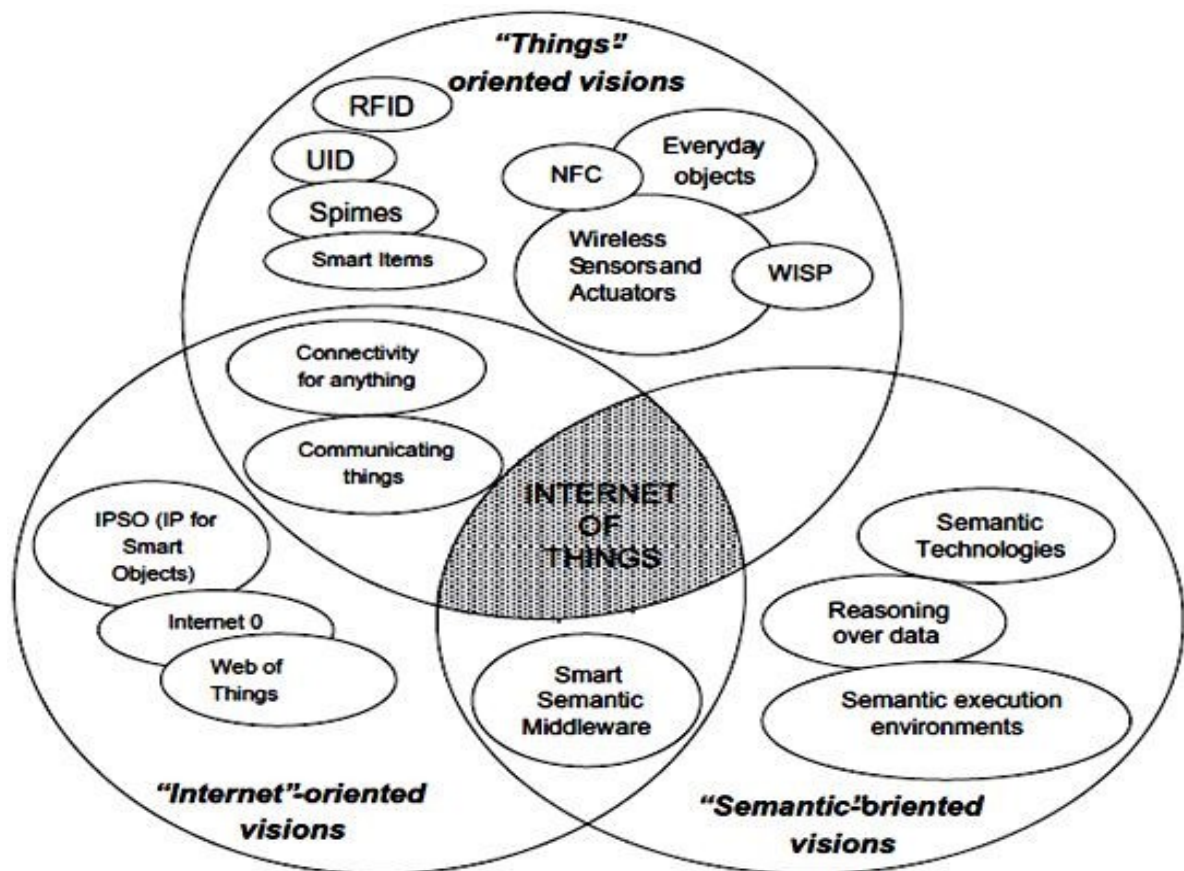
<sup>1</sup> Este padrão foi desenvolvido para sistemas de comunicação de curta distância e baixo consumo de energia, especificando as camadas PHY e MAC, sendo utilizado como base para outros padrões como o Zigbee e WirelessHART. Utiliza como método de acesso ao meio o CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) e suporta diferentes topologias como estrela e ponto a ponto (WINTER, 2013).

A partir do surgimento da Internet em 1989, o conceito de interligar objetos ("coisas") tem sido utilizado em larga escala. Em 1990 John Romkey desenvolveu um dispositivo baseado neste conceito, uma torradeira que podia ser ligada/desligada à distância, através da Internet (SURESH et al., 2014).

Em 1999, o pesquisador do MIT (Massachusetts Institute of Technology) Kevin Ashton fez uso do termo Internet das Coisas pela primeira vez, em uma apresentação direcionada a empresa Procter & Gamble (SERAFIM, 2014).

O significado do termo, explana Ferreira (2014), ampliou-se e passou a abranger a área de sensores e atuadores sem fio, de objetos conectáveis a redes que utilizam o protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), assim como as tecnologias de semântica de dados, concebendo desta maneira uma visão orientada às coisas, uma visão orientada à internet e uma visão orientada à semântica, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Diferentes visões da Internet das Coisas



Fonte: Atzori, Iera e Morabito (2010, p.2789).

Ao referir-se às diferentes visões, Atzori, Iera e Morabito (2010), detalham que a visão orientada às coisas objetiva demonstrar propostas que assegurem o melhor aproveitamento dos recursos dos dispositivos e sua comunicação; a visão orientada à semântica foca na representação, armazenamento, pesquisa e organização da informação gerada, procurando soluções para a modelagem das descrições que permitam um tratamento adequado para os dados produzidos pelos objetos; enquanto que a visão orientada à internet tem o intuito de conceber modelos e técnicas destinadas a interoperabilidade dos dispositivos em rede.

A Tabela 3 demonstra a linha do tempo, em aspectos gerais, com fatos que direta ou indiretamente influenciaram o desenvolvimento da Internet das Coisas.

Tabela 2 – Linha do Tempo da Internet das Coisas

<b>Ano</b>	<b>Fato</b>
1832	Baron Schilling inventa o telégrafo eletromagnético.
1884	Samuel Morse desenvolve o código Morse, para envio de mensagens telegráficas.
1949	Norman Joseph Woodland cria o código de barras linear.
1965	Gordon Moore profetiza a Lei de Moore, que afirma que o poder de processamento dos computadores dobrará a cada 18 meses.
1969	Envio da primeira mensagem através da Arpanet ( <i>Advanced Research Project Agency Network</i> ).
1974	Primeira especificação do protocolo TCP/IP
1990	John Romkey desenvolve uma torradeira que pode ser ligada/desligada através da Internet.
1991	Artigo de Mark Weiser na revista <i>Scientific American</i> , sobre computação ubíqua.
1993	Quentin Stafford Fraser e Paul Jardetzky, criam uma cafeteira capaz de monitorar os níveis de café, pelo envio de imagens atualizadas três vezes a cada minuto.
1999	Kevin Ashton cunha o termo " <i>Internet of Things</i> " como o título de uma apresentação na empresa Procter & Gamble.
2005	A ITU ( <i>International Telecommunications Union</i> ) publica seu

	primeiro relatório sobre a Internet das Coisas.
2005	Criação do Arduino, placa microcontroladora de baixo custo e fácil manuseio.
2009	Surge a Internet das Coisas, no momento em que o número de dispositivos conectados ultrapassa a população mundial.
2012	Protótipo do <i>Google Glass</i> , óculos que exibe informações coletadas sem fio de acordo com especificações do usuário.
2014	O site de tecnologia <i>Venture Beat</i> elege 2014 como o ano da Internet das Coisas.

Fonte: elaborada pelo autor, a partir de Atzori, Iera e Morabito (2010), Lacerda (2015) e Suresh et al. (2014).

Muitas são as definições, conceitos, visões e invenções associadas ao paradigma de Internet das Coisas, conforme atestam Atzori, Iera e Morabito (2010), ao destacarem que a razão desta imprecisão é uma consequência do nome em si, que sintaticamente é composto de dois termos. O primeiro direciona-se a uma visão orientada à rede da Internet, enquanto o segundo move o foco em "objetos genéricos" para serem integrados em uma estrutura comum. Desta maneira, é comum a divergência de autores, quanto a datas e relevância dos fatos.

#### 2.1.4. IoT no Brasil

No Brasil, as perspectivas do emprego do IoT no dia a dia das pessoas e empresas têm sido altas. Por iniciativa própria, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) tem tido nos últimos anos um forte engajamento no desenvolvimento do conceito no país. Em 2017, encomendou um estudo em parceria com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a fim de lançar o Plano Nacional de Internet das Coisas. O estudo possuiu o objetivo de levantar informações sobre o mercado de IoT no mundo, definir os setores prioritários da economia brasileira para receber os investimentos necessários para o desenvolvimento de IoT e formular ações voltadas para acelerar a implantação do mercado de IoT no país. Os quatro setores prioritários identificados pelo estudo foram o agronegócio, indústria, cidades e saúde (MCTIC, 2019).

Segundo o estudo, a estimativa é que, com a adoção e desenvolvimento de ferramentas de IoT, a produção agrícola nacional aumente até 49 milhões de toneladas até 2030. Na indústria, a previsão é de que a produtividade aumente até 40%, com diminuição de até 20% nos acidentes de trabalho, além da redução de até 40% nos custos de manutenção de equipamentos por meio do monitoramento com recursos de IoT. No que diz respeito às cidades, a tecnologia pode se encaixar nos setores de transporte, segurança, serviços públicos, e gestão dos recursos naturais para melhoria da qualidade de vida da população.

O estudo estima que até 2025 o Brasil tenha um incremento de até 200 bilhões de dólares na economia pelo impacto que o IoT pode trazer, além da expectativa de um aumento de 8% na produtividade nacional (PULICE, 2017).

Ainda segundo Pulice (2017), com o intuito de ampliar a adoção do IoT no país, através do estudo realizado, diretrizes para o Plano Nacional de IoT foram estabelecidas, como:

Definir mecanismos para o estímulo de provedores regionais, com especial ênfase para oferta de conectividade para o ambiente rural; adaptar linhas de crédito ao setor público para apoiar Cidades Inteligentes e adoção de soluções IoT; fomentar a adoção de IoT em pequenas e médias empresas; e apoiar a criação de fundos garantidores e estruturadores das PPPs, incentivando a adoção de IoT em cidades.

## **2.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA EDIFICAÇÃO**

### **2.2.1. O que é eficiência energética?**

O termo “eficiência energética” está inserido e fortemente relacionado ao conceito de sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável, que conceitualmente, diz respeito à preocupação da humanidade em criar e construir coisas que são ecologicamente corretas, economicamente viáveis, socialmente justas e culturalmente aceitas (ROMÉRO; REIS, 2012).

Tudo que envolve o consumo de energia deve ser estudado no contexto de se estar utilizando corretamente este recurso, se os equipamentos utilizados são eficientes ou não, se estes podem ser substituídos por outros que gerem um resultado melhor com menor consumo de energia.

### **2.2.2. Sua importância no contexto das edificações**

Segundo Roméro e Reis (2012), as edificações são uma das maiores fatias entre os setores que consomem energia no mundo, sendo responsáveis pelo consumo de 30% de toda a energia produzida. Por essa perspectiva, é totalmente compreensível que a preocupação com o consumo de energia do setor seja grande, mas não foi sempre assim. O grande crescimento da preocupação com a sustentabilidade e eficiência energética iniciou-se a partir da grande crise do petróleo em 1973, ocasionada por uma exorbitante alta dos preços dos barris decorrente da redução na extração do óleo pelos produtores majoritários da OPEP. A partir deste marco, regulamentações legais em diversos países, previram a forma como os novos edifícios deveriam ser construídos visando a utilização eficiente de energia, já que anteriormente a esse período, não havia nenhuma preocupação com o consumo energético no setor de edificações e em muitos outros.

No Brasil, a primeira iniciativa do poder público em nível nacional relacionada à eficiência energética foi implementada em 1981 com a criação do Conserve, um programa nacional com o objetivo de promover a conservação de energia na indústria, desenvolvimento de produtos eficientes e a substituição de energéticos importados por fontes nacionais (ALTOÉ et al., 2017).

Logo depois, em 1982, surgiu o Programa de Mobilização Energética (PME) que teve como um de seus nortes a substituição dos derivados do petróleo por fontes renováveis de energia.

Pouco mais de 3 anos depois, seria promulgada a Portaria Interministerial n.1.1877, dos Ministérios de Minas e Energia e do Ministério da Indústria e Comércio Exterior, instituindo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), com o intuito de promover o uso racional de energia elétrica em todo o país.

Em 1991, o Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), foi instituído por meio de decreto presidencial, que também foi criado em vista de estimular o uso racional dos recursos energético assim como o Procel, porém, focado em fontes de energia não renováveis.

Em 1997, a Lei n.9478 lançou a PEN (Política Energética Nacional) e também o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo, determinando os princípios da PEN em relação ao uso consciente e das fontes de energia, visando dois itens: a conservação energética e a preservação do meio ambiente (ALTOÉ et al., 2017).

Já na década de 2000, um marco legal estabelecido pela Lei n.10.295/2001, lançou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, atribuindo a responsabilidade ao Poder Executivo de desenvolver mecanismos que promovam a eficiência energética de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados e, também, das edificações construídas no país. Ainda em 2001, o decreto n.4.059/2001 regulamentou a referida lei, estabelecendo os níveis máximos de consumo de energia, como também os mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia, sejam eles fabricados ou comercializados no país. Além disso, as edificações construídas também entraram na regulamentação que estabeleceu os parâmetros que deveriam ser seguidos desde então.

No âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem, criado pela Portaria Interministerial n.1.877 de 1985, avanços importantes foram realizados pelo governo, que lançou o programa de certificação de eficiência energética para edifícios comerciais, públicos e de serviços em 2009 e para os edifícios residenciais em 2010 (ALTOÉ et al., 2017).

Em 2012, a Resolução Aneel n.482/2012 instituiu um sistema de compensação de energia elétrica no Brasil, o que significa que unidades consumidoras com micro

ou mini geração distribuída (de até 1 MegaWatt) poderiam, a partir de então, compensar seu consumo de energia através de fontes hidráulicas, solares, eólicas, biomassa ou cogeração qualificada. Em 2015, essa resolução foi atualizada pela Resolução da Aneel 687, onde os créditos gerados por uma injeção maior que o consumo tiveram seu período de compensação ampliado para 60 meses (antes até 36 meses) e o limite de potência foi aumentado para 3 MW para fonte hidrelétrica e 5 MW para outras fontes de energia renováveis e cogeração qualificada. Por fim, a geração compartilhada no sistema nacional de compensação foi inserida, caracterizada por um consórcio ou cooperativa de consumidores da mesma área de serviço de distribuição de energia elétrica.

A Figura 3 mostra todos esses acontecimentos em uma linha do tempo no intervalo de 1980 a 2015.

Figura 3 – Linha do tempo dos marcos regulatórios brasileiros na área de eficiência energética



Fonte: Altoé et al. (2017)

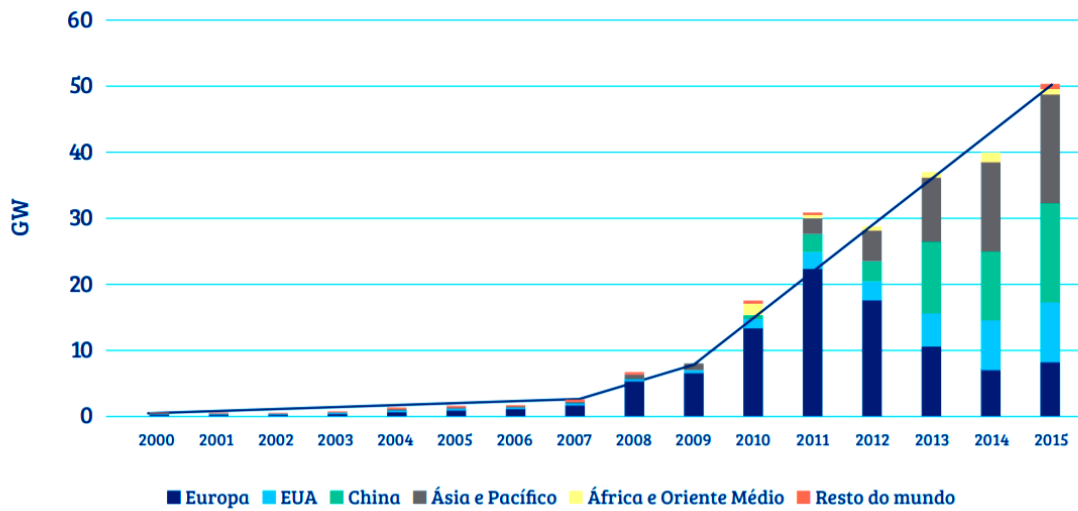
Todas as regulações que vem sendo realizadas ao longo das últimas décadas têm o principal objetivo de fazer com que o país e o mundo evoluam de forma sustentável, agredindo o meio ambiente da forma mais minimizada possível.

Segundo a GVCES (2017), ainda em 2012, no Brasil, as edificações representaram 18,7% do consumo de eletricidade, fazendo com que o setor de construção tenha um papel fundamental na agenda de eficiência energética.

### **2.2.3. Redução da demanda por energia**

É fato que a energia elétrica move o mundo e, conseqüentemente, as edificações, mas, considerando que os combustíveis fósseis são recursos limitados (além de proporcionar um impacto ambiental negativo) e que a demanda de energia é alta e crescente, diversos países iniciaram e incentivaram a exploração de fontes alternativas de energia, o que promoveu mudanças significativas na estrutura do sistema elétrico e fontes renováveis de energia passaram a ser utilizadas, das quais pode-se considerar a eletricidade gerada por meio da ação do vento, dos raios solares, fontes geotérmicas e hídricas e da biomassa (SOCCOL et al., 2016). O desenvolvimento de tecnologias que permitem utilizar fontes renováveis de energia possibilita que os próprios edifícios sejam capazes de gerar energia para consumo próprio, significando que parte da demanda energética de um edifício pode ser suprida através da geração de energia por fontes renováveis como a luz solar. Segundo a GVCES (2017), em 2015, a capacidade total de geração de energia por painéis solares fotovoltaicos (que permitem a geração de energia através da luminosidade proveniente do sol) era de 50GW. A Figura 4 mostra como, ao longo do tempo, a capacidade instalada de painéis solares fotovoltaicos evoluiu.

Figura 4 – Evolução da capacidade instalada de painéis solares fotovoltaicos



Fonte: GVCES, 2017.

Além do consumo próprio, com o advento da geração distribuída, o edifício pode ser um micro ou mini gerador de energia para a rede elétrica que alimenta a cidade em que está inserido, contribuindo para o crescimento do uso sustentável da energia elétrica e se beneficiando dos créditos que podem ser utilizados em até 60 meses (no caso do Brasil).

Outros meios também podem ser utilizados para redução da demanda por energia. Em estudos de caso realizados por Roméro e Reis (2012), voltados à redução do consumo de energia em indústrias, empreendimentos e até residências, através da implantação de projetos de eficiência (troca do tipo de iluminação, adição de sistemas de controle) significativos resultados foram alcançados, com reduções no consumo em sistemas de condicionamento de ambientes ou de iluminação artificial na ordem de 30% e 40%, respectivamente.

#### 2.2.4. Eficiência energética x Projeto arquitetônico

Antes da crise do petróleo, já relatada em tópicos anteriores, o projeto de arquitetura das construções não possuía uma preocupação com a melhor eficiência dos edifícios. Isso quer dizer que os arquitetos eram e se sentiam livres para projetar e criar conceitos arquitetônicos sem se preocupar com a utilização de meios artificiais para compensar os meios naturais (iluminação, condicionamento do ambiente, etc). Explicitamente, não existia consequências morais ou legais para que fizessem isso,

trazendo ao mundo aberrações arquitetônicas (do ponto de vista energético) com consumo total de 100 kWh/m<sup>2</sup> mês nos EUA (Estados Unidos da América), algo quimérico nos dias atuais (GONÇALVES; BODE, 2015).

Esse é um fato importante a ser considerado, pois é através do projeto arquitetônico que grandes reduções no potencial de consumo dos edifícios são alcançadas, principalmente por três fatores: O primeiro deles - e talvez o mais importante - é a ventilação natural, porém, em locais com clima acentuadamente quentes, um segundo fator age como essencial complemento à ventilação, o sombreamento. Por último, a iluminação natural pode auxiliar e muito no consumo eficiente da energia elétrica em virtude de iluminação artificial.

Elementos do projeto que podem passar despercebido pelas pessoas são muitas vezes importantes agentes no combate à ineficiência energética. Gonçalves e Bode (2015) citam alguns pontos importantes que devem ser bem pensados e projetados para contribuir nesse sentido, aumentando o desempenho da ventilação, o melhor aproveitamento da iluminação natural ao mesmo tempo que evita a direta incidência da luz solar ao ambiente interno (sombreamento), o que causa aquecimento. A orientação dos componentes de sombreamento, o afastamento dos mesmos do plano da fachada, elaboração de perfis aerodinâmicos, estruturas perfuradas, componentes massivos (agregadores de massa térmica ao ambiente interno) e até mesmo a altura do pé-direito podem auxiliar nesse quesito.

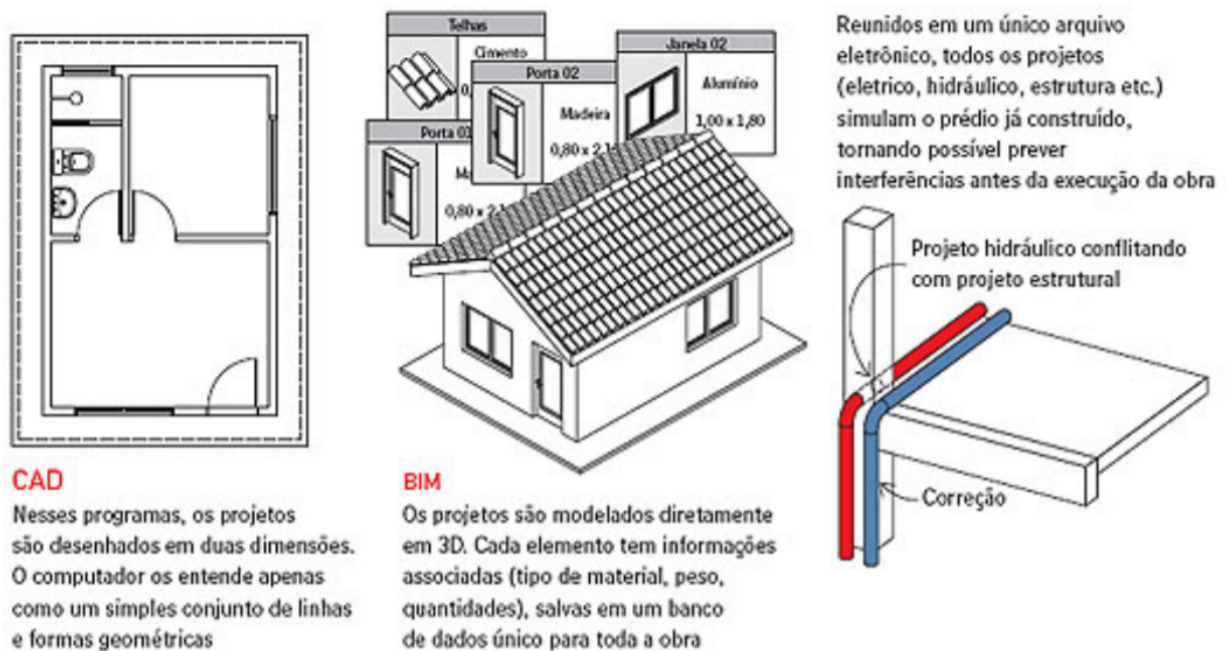
A preocupação com esses elementos e a utilização desses conceitos pode proporcionar altas quedas da demanda energética. Gonçalves e Bode (apud YANNAS, 2008) abordam uma situação onde a viabilidade de redução da demanda energética de um edifício comercial padrão em Abu Dhabi, é positiva na ordem de 85% (de 230 kWh/m<sup>2</sup> ano para 36 kWh/m<sup>2</sup> ano). Para tanto, mudanças no modelo arquitetônico foram realizadas com base na diminuição do vidro nas fachadas pela metade, melhorar a resistência térmica da área envidraçada e inserir sombreamento. Essas mudanças, elevaram a temperatura máxima de conforto para incríveis 29 °C, contra os 22 °C anterior, causando redução da carga térmica de resfriamento.

## 2.3. GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 2.3.1. BIM (qualidade do projeto)

O *Building Information Modeling* ou Modelagem de Informações para a Construção (BIM) como ferramenta de projeto e simulação em edificações é uma grande evolução para a continuidade de produção de edifícios mais focados em retomar o elo entre entorno e o edifício. O BIM torna possível a utilização de modelos digitais de componentes da construção, não apenas para visualização do espaço projetado, mas de forma a permitir a construção de um modelo digital que agrega informações dos componentes para diversas finalidades. Em suma, os objetos são arquivos digitais codificados que descrevem e representam os componentes do edifício da vida real. Isso quer dizer que uma parede não é somente um objeto representativo dimensional, mas também de seus atributos parametrizáveis como o material, a finalidade, especificações, fabricante, preço, etc (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

Figura 5 – CAD x BIM



Fonte: FARIA, 2007.

Como mostra a Figura 5, muito diferente do tradicional CAD, a ferramenta BIM traz em seus projetos diversas informações de cada elemento construtivo e não apenas um conjunto de linhas sem significado algum.

Todos esses recursos que fazem parte do BIM, auxiliam muito o projeto e a construção de edifícios, já que em um mesmo arquivo, todos os projetos que envolvem o edifício estão inseridos, como o projeto elétrico, hidráulico, estrutura, e etc. Isso torna possível prever interferências antes da execução da obra, evitando enormes transtornos (FARIA, 2007).

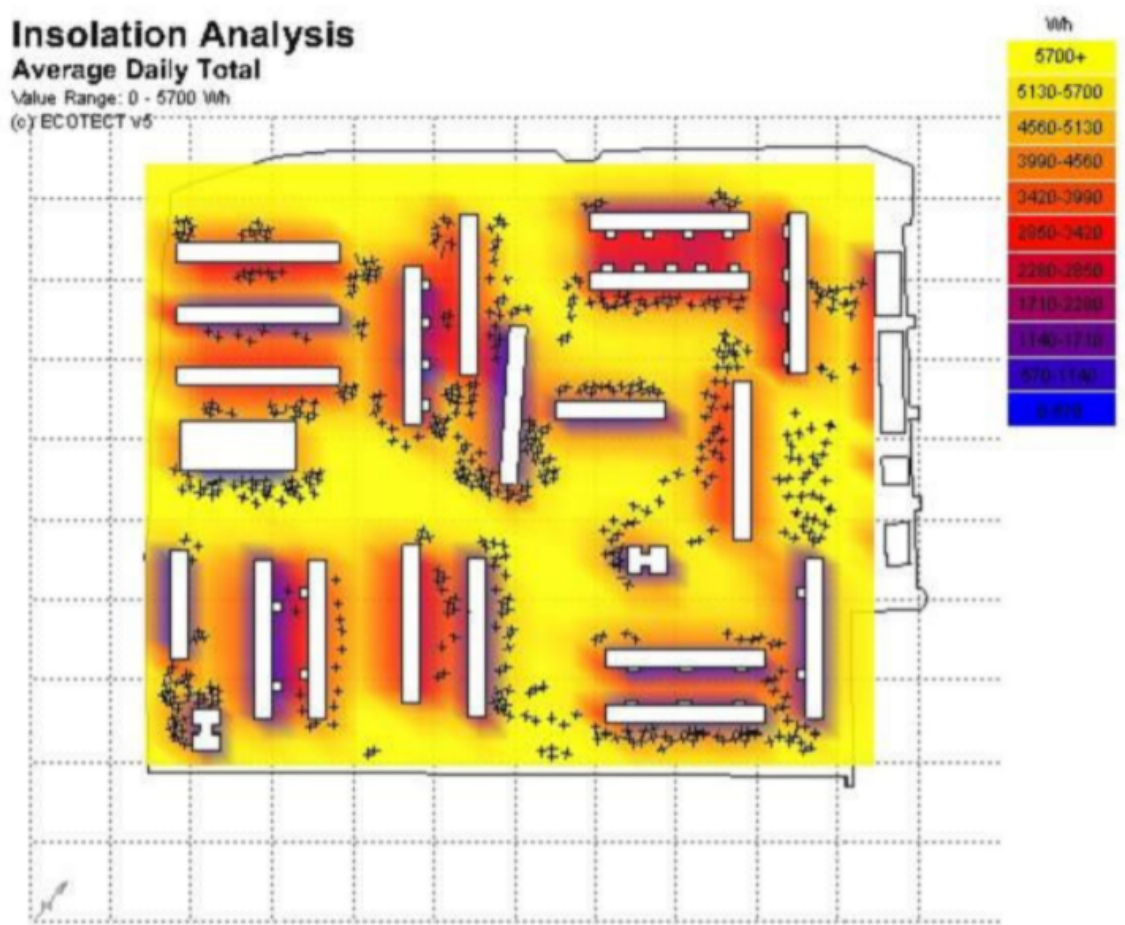
### **2.3.2. Gestão do projeto com foco na eficiência energética**

Sabendo que o projeto arquitetônico pode ter grande influência na eficiência (ou ineficiência) energética de um edifício, boas ferramentas de projeto como o BIM que possam realizar simulações próximas das condições reais podem potencializar a eficiência energética da construção, particularmente, o desempenho térmico.

Isso significa que, além das propriedades já citadas em tópico anterior como peso, tamanho, preço, material, os objetos também possuem no BIM propriedades térmicas. A ferramenta proporciona ao arquiteto a possibilidade de conceber um modelo parametrizado, onde além de visualizar sua volumetria, consegue também verificar, por exemplo, os impactos da incidência solar, dessa forma, ajustando as variáveis do conforto ambiental e outros aspectos associados (FREIRE; AMORIM, 2011).

Como Freire e Amorim (2011) citam, é importante que nos estudos preliminares do projeto, seja considerado o clima onde o edifício se insere, de forma que a implantação, a orientação, volumetria, exposição ao sol, potencial de distribuição de pressão dos ventos nas fachadas e a frequência da incidência da ventilação bem como as interferências do entorno sejam conhecidas já no início do projeto arquitetônico, de forma que o condicionamento do ambiente se dê ao máximo por vias naturais.

Figura 6 – Análise da exposição à radiação solar em espaço residencial

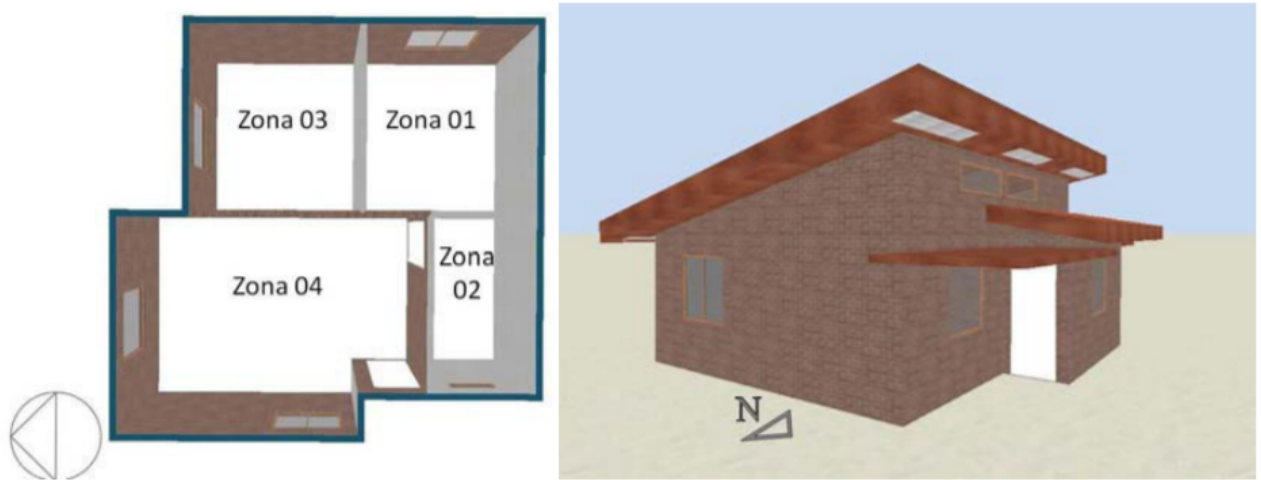


Fonte: FREIRE; AMORIM, 2011.

A Figura 6 mostra como o *software* Ecotect incorpora a análise bioclimática, integrando uma plataforma de modelagem 3D com habilidades para análises e simulações de ambientes. Os modelos recebem atribuições com relação às suas características construtivas, atividades e ocupações. Segundo Freire e Amorim (2011) o *software* gera resultados tanto em termos de cálculos (gráficos e tabelas de análise) como em *design*, demonstrando, conforme a Figura 6, termicamente, como o espaço se comporta.

Outro *software* que também é capaz de realizar esse tipo de análise é o Design Builder. A Figura 7 demonstra um projeto no *software*. Uma vantagem desse *software* é que ele é capaz de simular o acionamento de diversos dispositivos como janelas, cortinas, brises, e etc, prevendo diversas situações que podem ocorrer (FREIRE; AMORIM, 2011).

Figura 7 – Modelo elaborado no Design Builder para ensaio de aberturas e desempenho térmico



Fonte: FREIRE; AMORIM, 2011.

### 3. EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE

#### 3.1. SHOPPING-CENTER

Embora tenhamos um exemplar de shopping center implantado em 1966, no Brasil este tipo de edificação de grande porte teve grande aderência após os anos 70, consolidando-se como uma edificação de uso comercial, lazer e entretenimento na década de 80.

Temos uma delimitação muito clara no ciclo de implantação destes edifícios e a expansão econômica, como por exemplo, a aquisição de veículos juntamente com o crescimento populacional. A Tabela 3 mostra como esse tipo de edificação evoluiu no Brasil durante as últimas décadas, em conjunto com o crescimento populacional e o crescimento na frota de automóveis, segundo Garrefa (2008).

Tabela 3 – Periodização para o caso brasileiro

Período	1966 – 1980	1981-1994	1995-2006	2006 -
Item	Número de shopping centers ao final de cada período			
	11	124	340	346
Frota de automóveis em milhões				
Momento	Implantação de indústrias multinacionais com sistema fordista de produção. Criação de empresas imobiliárias especializadas em shopping centers (Multiplan e Iguatemi).	Ampliação de potencial imobiliário por meio da participação dos fundos de pensão. Número de shopping centers se expande 10 vezes. Grande expansão nas taxas de urbanização. Contratação recorrente de empresas norte-americanas na etapa de planejamento dos shopping centers.	Avanços tecnológicos, privatizações, abertura de mercados para capital externo, diminuição de barreiras à importação. Diminuição na participação dos fundos de pensão e ascensão do financiamento por fundos imobiliários privados.	Expansão do micro e macro-crédito, entrada maciça de capital estrangeiro, grande onda de aquisições, e expansão prevista no número de shopping centers.
Shopping center modelo	Iguatemi.	Morumbi Shopping e Ribeirão Shopping.	Market Place, Pátio Higienópolis, Shopping Light.	Shopping center voltado ao luxo, a ser inaugurado, pelo grupo Iguatemi.
Evolução da população urbana em %				

Fonte: GARREFA, 2008.

Os períodos delimitados entre 1966 até 1980 apresentam grandes ações do setor imobiliário, influenciando diretamente o setor de *shopping centers*. As condições começaram a ser viáveis a partir do momento em que o crescimento econômico e os investimentos em infraestrutura, alinhados com grande aceleração do PIB, propiciou o surgimento de novos empreendimentos. Neste momento, surgem grupos especializados no setor de shopping-centers, como o grupo Iguatemi e o grupo Multiplan (GARREFA, 2008).

Na década de 80 até meados de 1994, houve uma aceitação maior do modelo de centro comercial pelo consumidor brasileiro, o mercado foi acrescido de diversas formas de financiamento por parte das empresas que detinham este tipo de empreendimento em seu portfólio. Na cidade de São Paulo, a concorrência aumentou explorando as oportunidades de mercado e seus limites. Diferentemente do modelo americano, o modelo brasileiro foi segmentado por centros comerciais destinados ao perfil das classes sociais (GARREFA, 2008).

O período estudado seguinte é delimitado pelo ano de 1994 até meados de 2006, onde houve uma reorganização da metodologia e critérios de financiamento das empresas detentoras dos empreendimentos. Neste momento houve uma maior aproximação com o modelo norte americano, o que significa que os centros comerciais começaram a ter uma maior hegemonia. A triplogia vemos uma transformação do modelo de empreendimento destinado a compras para um modelo de centro de entretenimento, lazer e serviços (GARREFA, 2008).

No período de 2006, encontramos a grande entrada de capital estrangeiro no setor de centros comerciais. Houve fusões de empresas nacionais com empresas multinacionais, ocasionando grande volume de investimentos e aquisições no setor (GARREFA, 2008).

### **3.1.1. Projeto**

Segundo Pinheiro (2015), os *shopping centers* são normalmente construídos em um formato arquitetônico com objetivo específico de atender uma demanda comercial, de forma a estimular o consumo e criar um certo tipo de alienação para este fim. Levando em conta o *layout* de projeto de *shopping centers*, pode-se dividir o segmento em dois principais formatos: *Shopping Malls* e *Open Air Malls*. O

primeiro possui como características a construção de um ambiente fechado (*enclosed mall*), climatizado e iluminado geralmente de forma artificial. Já o segundo, possui uma abordagem diferente, ao ar livre. Sua construção é elaborada de forma que se entrelace com a vizinhança harmonicamente, ou também podem ser caracterizados por possuírem grandes áreas internas sem coberturas.

Os *shopping centers* da forma como geralmente são conhecidos no Brasil, como grandes “caixas fechadas”, têm entrado em extinção em países desenvolvidos como os EUA, que não constroem um *shopping* do tipo *enclosed mall* (Figura 8) desde 2006 (AGARWAL, 2019).

Figura 8 – Shopping do tipo “*enclosed mall*”



Fonte: fmhostel.com.br, 2018.

Esse tipo de *shopping* tem a tendência de consumir mais energia elétrica, já que toda sua climatização e iluminação interna é artificial, ou seja, os ventos e a iluminação provenientes do ambiente externo não são aproveitados em sua totalidade para promover a circulação de ar e consequente resfriamento no seu interior, como também sua iluminação.

Em contrapartida, os *Open Air Centers*, por possuírem uma abordagem ao ar livre, tendem a consumir menos energia elétrica, já que todo o clima que envolve a construção é aproveitado, de forma que a iluminação e ventos naturais supram

as necessidades do espaço. A Figura 9 mostra como é a forma construtiva desse modelo.

Figura 9 – Modelo de *Open Air Center*



Fonte: [crainscleveland.com](http://crainscleveland.com), 2018.

Esse segundo modelo, que também tem forte relação com o conceito *Open Mall*, se contrapõe aos tradicionais *shopping centers* que geralmente trazem uma visão de uma caixa fechada. Esse formato tende a ser uma solução arquitetônica que dê a impressão ao consumidor de estar em uma praça qualquer de sua cidade, porém, com a diferença de possuir elementos que atendam às necessidades de consumo das pessoas. Com isso, atende à demanda de consumo com uma experiência única de lazer e conforto (PINHEIRO, 2015).

### 3.1.2. Operação

Ao entrar em um *shopping center*, muito provavelmente a maioria das pessoas não imaginam a operação de *background* que existe para manter toda a estrutura funcionando. Esse *background* é composto por elementos que envolvem a

manutenção de componentes pertencentes à climatização, iluminação, abastecimento de água, bem como a segurança do local.

Segundo Júnior, et al. (2009), os departamentos que envolvem a operação de um *shopping* são divididos em 5 partes. O departamento financeiro, departamento de manutenção, departamento de *marketing*, departamento comercial e o departamento de segurança. A Figura 10 mostra hierarquicamente como, usualmente, esses departamentos são geridos pela administração geral de acordo com Júnior, et al. (2009), que usa como exemplo o Plaza Shopping Empreendimentos Ltda.

Figura 10 – Organograma de departamentos de um *shopping center*



Fonte: O autor, 2019.

Os gerentes de cada departamentos têm suas funções elencadas conforme especificado abaixo (JÚNIOR, et al, 2009). O gerente financeiro, possui como deveres e responsabilidades:

- Responsável pelo cumprimento do *cash flow* de aluguel, condomínio e fundo de promoções;
- Responsável pela elaboração do *cash flow* de aluguel, condomínio e fundo de promoções;
- Coordena o departamento jurídico;
- Analisa e avalia todos os contratos;
- Realiza todos os pagamentos a fornecedores;
- Responsável pela cobrança de inadimplência;
- Faz acordos para recebimento de valores em atraso.

O gerente de manutenção:

- Coordena o trabalho de empresas terceirizadas em manutenção (elevadores, escadas rolantes, entre outros);
- Faz manutenção preventiva e corretiva de toda a área elétrica, hidráulica e equipamentos;
- Coordena a empresa contratada para a limpeza;
- Controle de pragas;
- Marcenaria e pintura;
- Atendimentos emergenciais a lojistas.

O gerente de *marketing*:

- Responsável pelo cash do fundo de promoções;
- Elabora campanhas promocionais (como: do dia dos namorados, dia dos pais, natal, entre outras);
- Elabora campanhas institucionais;
- Faz reuniões com os lojistas e discute performance;
- Coordena o trabalho da assessoria de imprensa;
- Divulga e representa o shopping;
- Responsável pelo Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC);
- Analisa os melhores veículos de comunicação para a realização do *marketing* do empreendimento.

O gerente comercial:

- Trabalha o *mix* de lojas do shopping;
- Apresenta propostas de novas operações ao gerente geral e negocia suas condições comerciais quando aprovadas;
- Acompanha a elaboração do contrato até a sua assinatura;
- Providencia toda a documentação para o contrato;
- Acompanha a concorrência em relação a novas operações;
- Antecipa problemas (lojistas abaixo da performance).

O gerente de segurança:

- Coordena os serviços de segurança preventiva;
- Coordena a segurança proativa;
- Coordena a prevenção de acidentes;
- Coordena os bombeiros;
- Inspecciona os equipamentos de combate a incêndio;
- Cuida de tudo relacionado aos primeiros socorros;
- Realiza o controle de acesso do *shopping*.

### **3.1.3. Potencial de redução de demanda**

Inevitavelmente, um edifício como um *shopping center* necessita de energia elétrica para funcionar. Essa energia é utilizada para iluminar, climatizar e prover diversos recursos que, sem a energia elétrica, não seriam possíveis de acontecer de forma plena, como o monitoramento por câmeras de segurança.

Toda essa estrutura, requer uma demanda energética que geralmente é grande. Louzada (2016) mostra em seu estudo de caso que o *shopping* Ilha Plaza consumiu no ano de 2015 o total de 8,861 GWh, o suficiente para abastecer, aproximadamente, mais de 4.600 casas brasileiras, considerando a média de consumo divulgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica em 2015. É normal que, com base nesse tipo de dado, haja uma preocupação recorrente com o consumo de energia elétrica, por fatores como custo e sustentabilidade. Um dos grandes participantes do consumo de energia dos *shopping centers* é o sistema de ar condicionado, que chega a 20% do consumo total, conforme mostra a Tabela 3 (LOUZADA, 2016).

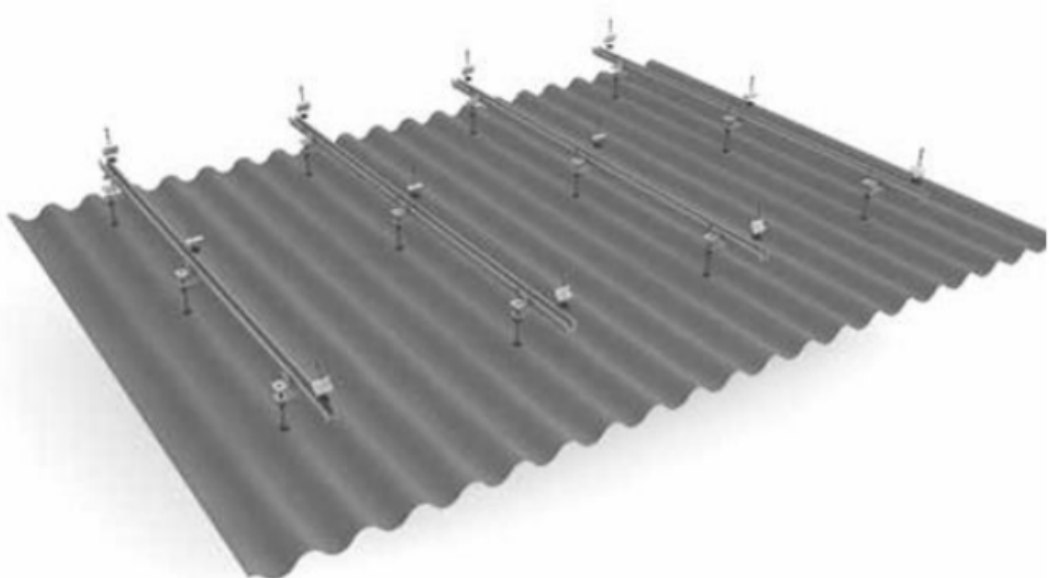
Tabela 4 – Estratificação do consumo acumulado de energia elétrica no Ilha Plaza Shopping

	Acumulado	Δ%
<b>Ar Cond.</b>	1.744.552	20%
<b>Outros</b>	7.116.135	80%
<b>Total</b>	8.860.687	100%

Fonte: Louzada, 2016.

Nesse quesito, por exemplo, é possível trocar as máquinas mais antigas por máquinas modernas e mais eficientes. Uma outra opção é gerar energia através de alguma fonte renovável, como por exemplo, a luz solar, para que assim, parte da demanda seja suprida por geração própria. Nesse estudo de caso por exemplo, ao aplicar um projeto de geração através de painéis fotovoltaicos, seria possível economizar um total de R\$ 364.056,00 por ano, aproximadamente, com um *payback* de 8,2 anos (LOUZADA, 2016). A Figura 11 mostra a modelagem da estrutura de fixação das placas fotovoltaicas nesse caso.

Figura 11 – Estrutura para fixação das placas fotovoltaicas



Fonte: Louzada, 2016.

Em um primeiro momento, o *payback* pode parecer alto, porém, constantemente painéis mais eficientes estão sendo produzidos com um custo cada vez mais baixo. Assim, provavelmente, muito em breve deverá ser um investimento comum de ser feito em *shopping centers*. Além do ganho financeiro ao longo do tempo, há um ganho no quesito sustentabilidade, já que deixará de usar uma parte da energia elétrica proveniente da rede de distribuição.

Em suma, todo *shopping center* possui um grande potencial de redução da demanda energética, bem como um potencial de *retrofit* das máquinas e equipamentos, em vista de reduzir o consumo de energia e contribuir com a bandeira da sustentabilidade, gerando benefícios a toda cadeia de processos envolvida nas operações do edifício.

## 4. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso escolhido foi um Shopping Center ou Centro de Compras localizado no município de São Paulo. O local é atendido por vias públicas com corredores de ônibus, Estação de Metro e Estação de Trem Metropolitano (CPTM).

A região abrange uma forte concentração de serviços e empreendimentos que foram se estruturando ao redor do Centro de compras, como empresas e hotéis que utilizam os serviços que o Shopping Center possui como a área de alimentação, bancos, lojas de departamento, papelarias e outros para poderem suprir sua demanda.

Este Shopping Center tem características que se enquadram na tipologia chamada *Enclosed Mall*, ou simplesmente fechada, por se tratar de um conceito de criar uma ambientação propícia ao consumo, destacando o espaço interno do externo. Quando o indivíduo está desconectado da luz solar ou do clima, ele fica focado somente em estímulos visuais, como no caso das vitrines e da linguagem visual imposta dentro do ambiente.

O estudo, portanto, tem como objetivo utilizar o conceito de IOT para aplicação em edificações. Foi escolhida esta tipologia pela sua forma fechada e distinta do ambiente externo, sendo necessário o monitoramento da temperatura e umidade para o conforto ambiental.

### 4.1. PROJETO

O Projeto do Shopping Center é do tipo Enclosed Mall, ou seja, fechado composto por um bloco principal enclausurado por diversos tipos de fechamentos como alvenaria, vidro e outros para a composição da fachada.

As entradas e acessos tem fechamento automático com sensores ou por meio de portas com equipamento de molas, evitando a entrada de ar externo.

O invólucro é necessário para o isolamento do ar condicionado e também para controlar a exposição da luz solar dentro do ambiente ocasionando um aquecimento não desejável.

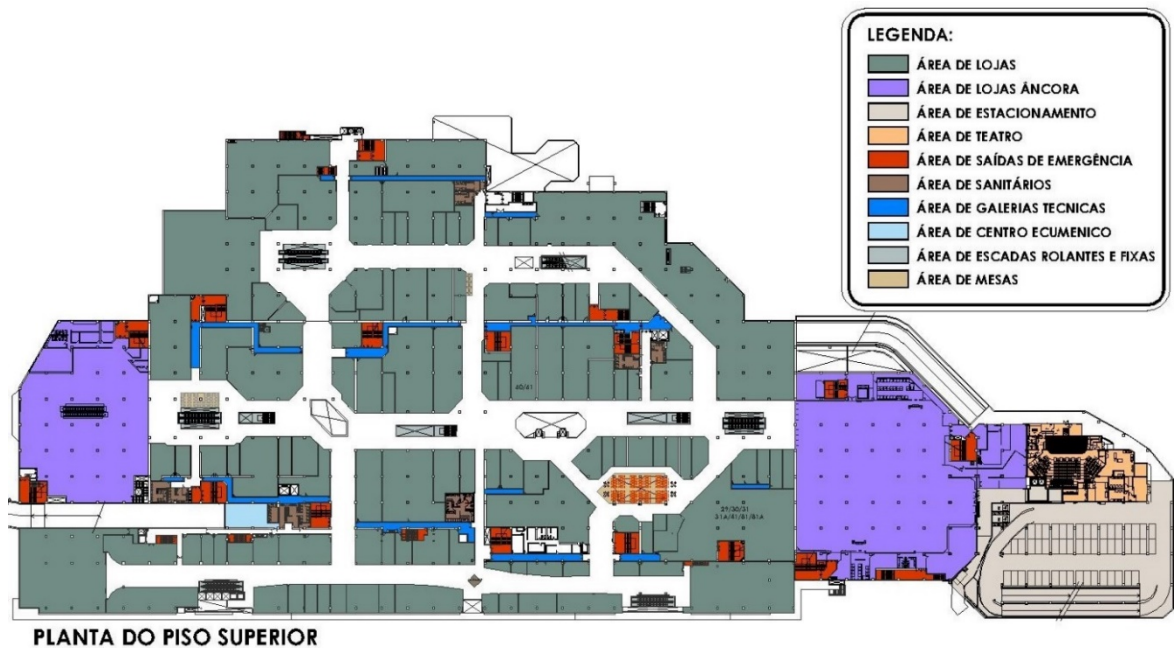
Este tipo de empreendimento sofre ao longo dos anos uma série de adaptações para atender ao seu nicho de mercado. Essas adaptações assim como expansões

são extremamente sensíveis no contexto de climatização e conforto pois praticamente alteram as circulações de pessoas e a compartimentação interna inclusive com alteração de seu uso original para outro como a transformação de uma área antes destinada a vendas de mercadorias para o oferecimento de atrações de entretenimento.

O edifício é dividido em 3 pisos principais:

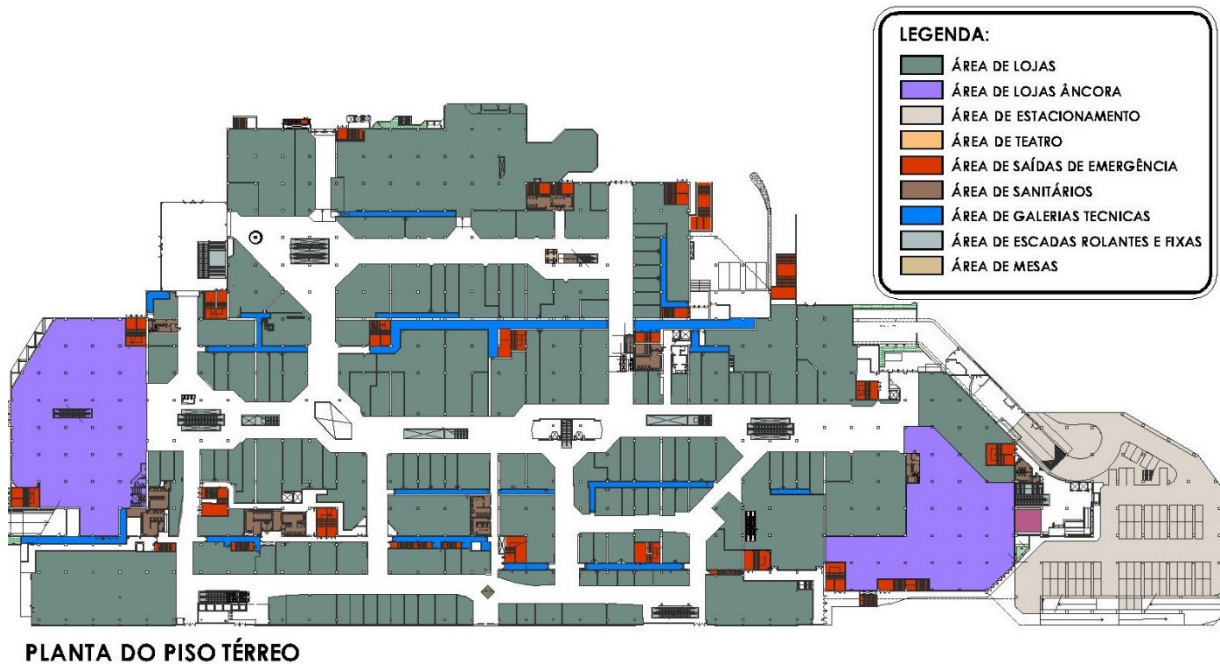
1. Piso Superior (Figura 12).
2. Piso Térreo (Figura 13).
3. Piso Inferior (Figura 14).

Figura 12 – Planta do piso superior



Fonte: O autor, 2019.

Figura 13 – Planta do piso térreo



Fonte: O autor, 2019.

Figura 14- Planta do piso inferior



Fonte: O autor, 2019.

## 4.2. PROBLEMA

Contextualizando esta grande edificação com o seu uso e a demanda pela energia necessária para o seu funcionamento, a realização de medições diárias para o controle de temperatura é necessária. O *shopping center* em questão possui,

inserido no departamento de manutenção, uma tarefa diária de medição da temperatura do *mall*. Ao todo, são coletados 14 pontos de medição, de forma manual, através de um termômetro infravermelho, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 – Imagem ilustrativa da medição realizada por infravermelho



Fonte: ThermometerGuru.com, 2018.

Essas medições são realizadas por um técnico de manutenção e anotadas manualmente em uma planilha, totalizando 4 pontos no piso “Lazer”, 5 pontos no piso “Térreo” e 5 pontos no piso “Superior”, sendo que ao final das medições, ela é entregue à gerência do departamento para análise e, posteriormente, ajuste manual das máquinas responsáveis pelo resfriamento do *shopping center*. A Figura 16 demonstra a forma em que esses dados são anotados e um exemplo de medição real.

Figura 16 – Tabela de medição diária manual

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE MALL DE 22 a 26 °C 11:00 HORAS		
PISO	LOCAL	TEMP
LAZER	Ponto 1	24,3 °C
	Ponto 2	24,3 °C
	Ponto 3	24,8 °C
	Ponto 4	23,2 °C

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE MALL		
PISO	LOCAL	TEMP
TERREO	Ponto 5	24,0 °C
	Ponto 6	25,3 °C
	Ponto 7	24,8 °C
	Ponto 8	24,5 °C
	Ponto 9	24,7 °C

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE MALL		
PISO	LOCAL	TEMP
SUPERIOR	Ponto 10	24,8 °C
	Ponto 11	24,9 °C
	Ponto 12	24,3 °C
	Ponto 13	25,0 °C
	Ponto 14	24,8 °C

NOME: Nome do Técnico

Temp. Externa	37,0 °C
---------------	---------

TEMP. 24°C ±0,2

Fonte: O autor, 2019.

Esse formato de gestão da temperatura apresenta dois grandes problemas: o primeiro é que o ajuste é realizado em busca do conforto térmico do *mall* e, com isso, a depender das mudanças climáticas durante o dia, pode afetar a sua eficácia, causando um real desconforto térmico. O segundo problema é que, em dias em que a temperatura externa cai após a medição - e consequentemente a temperatura interna fica mais baixa do que o normal -, o sistema de resfriamento fica menos eficiente, energeticamente falando, já que poderia estar trabalhando menos.

Além do possível resfriamento do ambiente abaixo da temperatura de conforto, todo o equipamento de HVAC demandado no processo sofre um desgaste desnecessário mecânica e sistematicamente, ocasionando perdas de motores por excessivo desgaste, fissuras nas tubulações e diversas outras patologias provenientes do uso acima do solicitado momentaneamente pelo sistema de HVAC.

A estratégia de se monitorar o uso do HVAC pode ser uma demonstração de como a utilização de dispositivos baseados no conceito IOT e de baixo custo busca

por áreas onde existe uma demanda muito grande para o resfriamento e em outras o resfriamento já está completamente fora de norma, ou no caso mais frio do que o necessário ou confortável. Este desbalanceamento causa um “desperdício” de energia que pode ser corrigido visualizando-se o comportamento térmico.

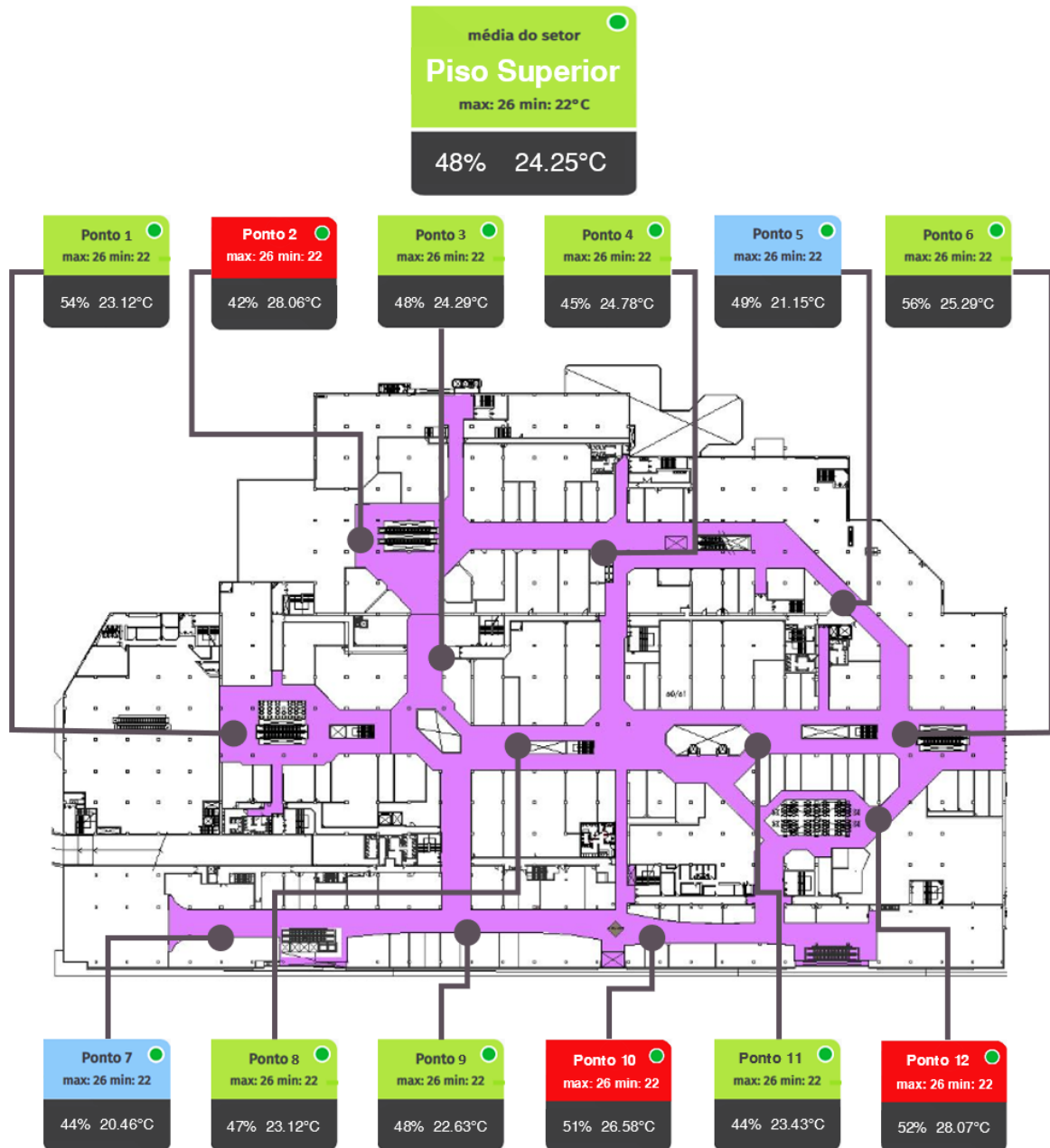
### 4.3. ESTRATÉGIAS

A estratégia proposta é a melhoria do processo de medição através do conceito de IoT, buscando a distribuição de diversos sensores de temperatura e umidade sem fio (que se conectarão a *internet*) ao longo de todas as áreas comuns de circulação na primeira fase, pois estas áreas são de controle exclusivo do shopping center. Posteriormente, os dispositivos seriam distribuídos por todos os espaços de lojas, salas de cinema, áreas onde são acondicionados alimentos, estoque de mercadorias, assim como locais onde exista climatização do ambiente. A climatização pode ser estendida a vários tipos de ambientes e usos, como os que necessitam de controle por razões sanitárias, legislativas ou de conforto ambiental.

As medições de temperatura e umidade ocorrerão a cada 5 minutos, em funcionamento contínuo (24/7). Com o banco de dados gerado pelos sensores, é possível disponibilizá-los de diversas formas e com combinações interativas conforme a necessidade de pesquisa. Após a coleta de dados, a eficiência do sistema de HVAC poderia ser questionada para verificar se está (ou não) conseguindo atingir seus objetivos de estabilização da temperatura neste projeto de Shopping Center tipo *Enclosed Mall*.

A ideia é que a visualização seja facilitada e disponibilizada em tempo real. O *dashboard* deve possuir ferramentas de visualização de forma que para cada ponto de medição, sejam estabelecidos parâmetros máximos e mínimos. Desse modo, quando a temperatura estiver acima ou abaixo dos parâmetros estabelecidos, a bandeira em que os dados estiverem disponibilizados, terão sua cor alterada e uma mensagem via e-mail enviada para os responsáveis. O referido *shopping* utiliza como temperatura alvo 24°C com 2° de tolerância para mais ou para menos, ou seja, a temperatura mínima permitida é de 22°C, e a temperatura máxima permitida é de 26°C. A Figura 17 demonstra como essa visualização pode ocorrer.

Figura 17 – Visualização gerada para controle de temperatura do piso Superior.



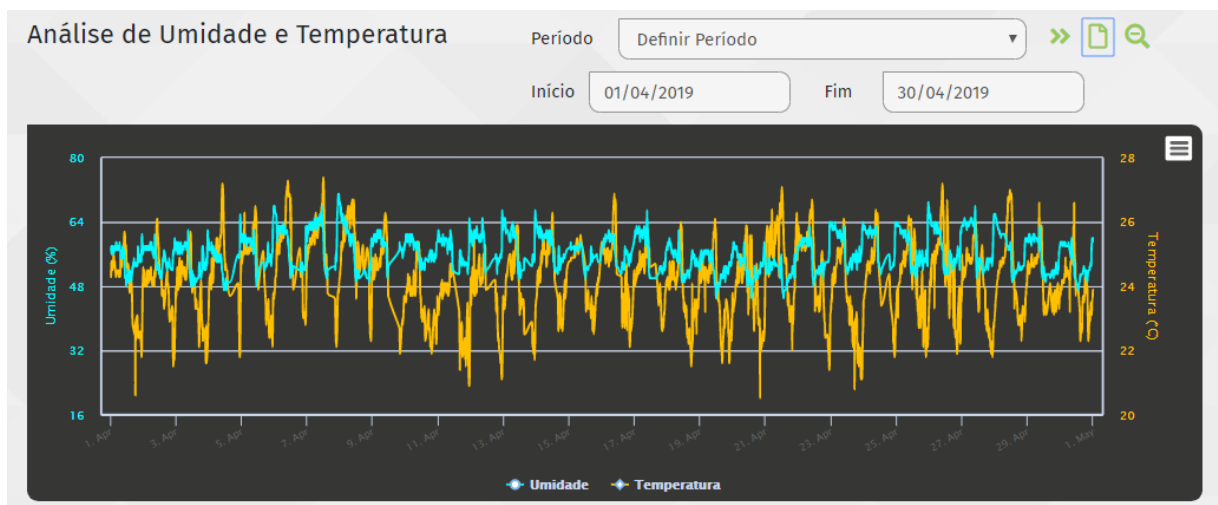
Fonte: O autor, 2019.

Como a utilização de sensores de temperatura e umidade é facilitada, de modo que não é necessário nenhum esforço humano para que os dados sejam coletados, mais pontos de medição podem ser adicionados no *mall*, fazendo com que se tenha mais definição de qual área específica tem mais problemas, ou até mesmo de qual tubulação de ar frio pode estar mal dimensionada, facilitando a realização de um possível reprojeto. Além disso, com a facilitação da identificação de uma temperatura abaixo ou acima do aceitável através de coloração e envio de e-mail, auxilia o gestor

na tomada de decisão para uma pronta resposta ao problema com a ação de ajuste da máquina responsável por aquela área. Isso pode ocorrer frequentemente pois ao decorrer do dia, a temperatura e umidade do clima externo pode variar, muitas vezes de forma abrupta, e apenas uma medição/ajuste único diário pode não ser suficiente para considerar toda essa variação climática. Por exemplo: Supondo que a medição diária, realizada pela manhã, aponte que as máquinas devem operar em grande capacidade de resfriamento para atingir a temperatura alvo de 24°C, porém, ao longo do dia o clima externo esfria, conseqüentemente a temperatura interna do edifício também cai com o tempo, podendo ultrapassar o limite inferior de 22°C, e gerando, além de um desconforto térmico nas pessoas localizadas no ambiente interno, um desperdício de energia, já que as máquinas não necessitariam estar operando na carga em que foram ajustadas.

Além da visualização em tempo real, que auxilia a gestão de uma forma imediatista conforme explicado anteriormente, o histórico de dados pode ser disponibilizado em forma gráfica, em uma série histórica para auxiliar tomadas de decisão que envolvem todo um comportamento térmico do edifício. A Figura 18 mostra como esses dados seriam disponibilizados. Os dados mostrados são reais e demonstram o comportamento da temperatura equivalente ao “Ponto 12” da Figura 17.

Figura 18 – Série histórica de dados de temperatura e umidade



Fonte: O autor, 2019.

Com esse recurso é possível gerar relatórios do comportamento considerando o período desejado, auxiliando por exemplo, a entender em quais dias a temperatura foi mais baixa ou mais alta. A Figura 19 demonstra esse formato de resumo.

Figura 19 – Resumo de informações sobre a série histórica

Resumo com base em medições entre os períodos 01/04/2019 00:06:04 a 30/04/2019 23:55:05

Descrição	Maior	Menor	Média
Temperatura	<b>27.2 °C</b> 04/04/2019 10:00:59	<b>20.6 °C</b> 01/04/2019 17:56:39	<b>24.3 °C</b>
Umidade	<b>71 %</b> 07/04/2019 22:38:13	<b>45 %</b> 19/04/2019 11:34:06	<b>57.5 %</b>

Fonte: O autor, 2019.

No exemplo demonstrado através da Figura 19, é possível verificar que apesar da temperatura média no período ser aceitável, foram realizadas leituras de temperaturas maiores (27.2°C) que o máximo permitido (26°C) e menores (20.6°C) que o mínimo permitido (22°C).

## 5. CONCLUSÃO

A estratégia proposta por esse trabalho cumpre com aquilo que se objetiva: identificar falhas no projeto e auxiliar na gestão da temperatura. Os dados coletados, por possuírem persistência (histórico), podem ser analisados posteriormente para identificar em que pontos o sistema de resfriamento não está sendo suficiente ou se está sendo utilizado de forma inadequada. Adequando o sistema de resfriamento de acordo com as métricas levantadas pelos dispositivos IoT, é possível que além de promover maior conforto térmico às pessoas que circulam no espaço interno, se utilize a energia elétrica de uma maneira mais consciente evitando o emprego de energia e recursos em situações que são considerados “desperdício”, incorporando toda a conceituação de busca pela sustentabilidade.

No caso de grandes edificações onde as equipes de manutenção e *facilities* tem uma enorme demanda por circularem e intervirem nos diversos locais onde ocorrem problemas a comunicação remota e os controles feitos de forma remota podem otimizar as equipes e no caso do espaço físico assim como o espaço de conforto ambiental deve ser melhorado na fase de projeto e não na fase de operação do edifício.

Uma das maneiras de agregar essa solução, é incluir também o monitoramento da energia elétrica consumida pelas máquinas responsáveis pelo resfriamento do ambiente interno, para que fosse possível, em primeiro lugar, verificar o consumo com e sem o sistema de monitoramento de temperatura e umidade e outra, ter uma dimensão mais exata do quanto se consome para condicionar o ambiente a um “*status* de confortável” para assim também analisar os dados e modelar possíveis *retrofits* utilizando os parâmetros de desempenho térmicos dos materiais já empregados do edifício. O histórico de dados captados nos mais diversos cenários poderiam alimentar modelos de simulação computacional para que a mesma se torne mais próxima da realidade, validando as simulações com dados reais colhidos em campo calibrando e alimentando o modelo computacional.

Toda a argumentação e documentação que pode ser obtida com os dispositivos IoT (conforme demonstrado no estudo de caso) distribuídos por todo o edifício são, sem dúvida, de grande valia para projetos de *retrofit* futuros e de constantes avaliações de performance do espaço interno.

A aplicabilidade do conceito IOT para edificações é extremamente vasto e intrigante desafiando das mais diversas formas nossos paradigmas como arquitetos, engenheiros, gestores, usuários enfim todas as pessoas que utilizam a edificação ou trabalham com ela. A arquitetura, espaço privado, espaço público, serviços públicos que envolvam edificações e

De uma forma geral, todos os edifícios deveriam ser “responsivos” ou “inteligentes” em diversos aspectos, não somente no contexto da eficiência energética, mas como pode torná-lo mais eficiente como um todo durante toda a vida útil do mesmo para também, produzir uma arquitetura conectada, cujo o entendimento do espaço pode ser estendido além do espaço físico e sim expandir o espaço físico para o digital e com os “dispositivos” ou seja o próprio edifício e seus elementos arquitetônicos conversarem entre si se organizando de forma a desenvolverem uma condição única de resposta a eventos climáticos, de uso, incidentes, incêndios e inúmeras situações e estímulos que ao serem captados e lidos por sensores seriam processados e com informações pré-estabelecidas tomariam as melhores decisões e em tempo muito mais efetivo do que uma equipe volumosa de funcionários dispersos em diferentes áreas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2010. 201 p.

AQUINO, André. **Sensores Conectados em Rede. Computação Brasil**: Revista da Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, p.9- 13, abr. 2015.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: a survey**. Computer Networks, [s.l.], v. 54, n. 15, p.2787- 2805, out. 2010. Elsevier BV.

FERREIRA, Hiro Gabriel Cerqueira. **Arquitetura de Middleware para Internet das Coisas**. 2014. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/17251>>. Acesso em: abr 2019

Hinrichs, R. A., Kleinbach, M., & Reis, L. B. (2015). **Energia e meio ambiente** (5th ed.). São Paulo: Cengage Learning.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2013. 634 p.

Lacerda, F., & Lima-Marques, M. (2015). **Da necessidade de princípios de arquitetura da informação para a internet das coisas**. Perspectivas em Ciência da Informação, 20(2), 158–171.

PAES, Wander de Moraes. **Interoperabilidade móvel: a Internet das Coisas**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 12, p.794-810, 30 jul. 2014. <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v12i1.1406>.

PEREIRA, P. A.P. **Política Social e Democracia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cortez, 2002.

SANTUCCI, Gérald. Prefácio. In: PRESSER, Mirko. **Inspirando a Internet das Coisas**. São Paulo: Agns, 2013. p. 2-3. Disponível em: <[https://iotcomicbook.files.wordpress.com/2013/10/iot\\_comic\\_book\\_especial\\_br.pdf](https://iotcomicbook.files.wordpress.com/2013/10/iot_comic_book_especial_br.pdf)>. Acesso em: abr 2019

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de Computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011. 582 p.

Wu, G., Talwar, S., K., J., Himayat, N., & Johnson, K. D. (2011). **M2M**: from mobile to embedded internet. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 49(4), 36–43.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico dos. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri: Manole, 2012.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; BODE, Klaus (Org.). **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GARREFA, Fernando. A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE SHOPPING CENTERS NO BRASIL: TENDÊNCIAS RECENTES. In: II COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE COMÉRCIO E CIDADANIA: UMA RELAÇÃO DE ORIGEM, 2., 2008, São Paulo. **Paper**. São Paulo: Fau/usp, 2008. v. 1, p. 219 - 222.

BRASIL. MCTIC. (Org.). **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**. Disponível em: <[www.mctic.gov.br](http://www.mctic.gov.br)>. Acesso em: 05 jun. 2019.

PULICE, Carolina. **O Brasil está pronto para um plano de Internet das Coisas?** 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/o-brasil-esta-pronto-para-um-plano-de-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. **Encontro de Tecnologia de Informação e comunicação na construção civil**, v. 3, 2007.

FARIA, Renato. Construção integrada. **Téchne, São Paulo**, v. 127, p. 44-49, 2007.

FREIRE, Márcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão de. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. **V Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC 2011), Salvador**, 2011.

AGARWAL, Rohan. **Shopping Malls and it's Types (With Statistics)**. Disponível em: <<http://www.yourarticlelibrary.com/retailing/shopping-malls-and-its-types-with-statistics/48436>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

PINHEIRO, Carlayla M. da Cruz. **OPEN MALL: Caracterização e abordagem de uma nova dinâmica comercial.** 2015. 162 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Vila Velha, Vila Velha, 2015.

MALZONI JÚNIOR, Álvaro Domingos, et al. **ADMINISTRAÇÃO DE SHOPPING CENTERS:** Plaza Shopping Empreendimentos Ltda. 2009. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins, 2009. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/biblioteca/monografias/48880.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

LOUZADA, Thomás Arévalo. **DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO APLICADO À CENTRAL DE ÁGUA GELADA DE UM SHOPPING CENTER.** 2016. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Ufrj/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10018960.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2019.