

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA ESCOLA DE
NEGÓCIOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - ARGO CURSO DE
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

MARCELO KEIICHI GONÇALVES TSUNEMITSU
NELSON NATHAN LOPES MAUÉS PINHEIRO
NICOLAS PALHA FLORES

**UM ESTUDO SOBRE AS DIFICULDADES NA REESTRUTURAÇÃO DE
PATRIMÔNIOS HISTÓRICOS PARA FINS DE AUTOMAÇÃO E IOT NA REGIÃO
NORTE**

BELÉM

2022

MARCELO KEIICHI GONÇALVES TSUNEMITSU
NELSON NATHAN LOPES MAUÉS PINHEIRO
NICOLAS PALHA FLORES

UM ESTUDO SOBRE AS DIFICULDADES NA REESTRUTURAÇÃO DE PATRIMÔNIOS
HISTÓRICOS PARA FINS DE AUTOMAÇÃO E IOT NA REGIÃO NORTE

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Escola de Negócios,
Tecnologia e Inovação do Centro
Universitário do Estado do Pará como
requisito para obtenção do título de
Engenheiro da Computação na modalidade
ARTIGO.

Orientadora: M.a. SUZANE ALFAIA DIAS

BELÉM
2022

MARCELO KEIICHI GONÇALVES TSUNEMITSU
NELSON NATHAN LOPES MAUÉS PINHEIRO
NICOLAS PALHA FLORES

**UM ESTUDO SOBRE A REESTRUTURAÇÃO DE PATRIMÔNIOS HISTÓRICOS
PARA FINS DE AUTOMAÇÃO E IOT NA REGIÃO NORTE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Escola de Negócios,
Tecnologia e Inovação do Centro
Universitário do Estado do Pará como
requisito para obtenção do título de
Engenheiro da Computação na modalidade
ARTIGO.

Data da aprovação: //

Nota final aluno(a) I: _____

Nota final aluno(a) II: _____

Nota final aluno(a) III: _____

Banca examinadora

Prof(a). M.a. SUZANE ALFAIA DIAS
Orientador(a) e Presidente da banca

Prof(a). Yyyyy Yyyyyy
Examinador(a) interno(a)

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CESUPA, Belém – PA

Tsunemitsu, Marcelo Keiichi Gonçalves.

Um estudo sobre as dificuldades na reestruturação de patrimônios históricos para fins de automação e IOT na região norte / Marcelo Keiichi Gonçalves Tsunemitsu, Nelson Nathan Lopes Maués Pinheiro, Nicolas Palha Flores; orientadora Suzane Alfaia Dias. – 2022.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Engenharia da Computação, Belém, 2022.

- Automação. 2. Patrimônio histórico. 3. Sistemas inteligentes. I. Pinheiro, Nelson Nathan Lopes Maués. II. Flores, Nicolas Palha. III. Dias, Suzane Alfaia, orient. IV. Título.

CDD

23ª ed. 006.33

*Aos meus pais, Edna Palha e
Dilermando Flores.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Igreja da Sé - Catedral metropolitana de Belém do Pará.....	17
Figura 2 – Entrada do Theatro da Paz	17
Figura 3 – Diagrama de funcionamento de um sistema HVAC inteligente.....	21
Figura 4 – Representação simplificada de uma rede <i>mesh</i>	22
Figura 5 – Representação de comunicação entre dispositivo e servidor de processamento em nuvem.....	23
Figura 6 – Representação de funcionamento do KNX.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de Intervenção em Prédios Históricos.....	18
----------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT - *Internet of Things*

HVAC - *Heat, Ventilation and Air Conditioning*

AWS - *Amazon Web Services*

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	10
1.1 Revisão Bibliográfica.....	10
1.2 Problema de pesquisa.....	12
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo Geral.....	14
1.4.2 Objetivo Específico.....	14
1.5 Estrutura do Trabalho.....	14
2 ARTIGO.....	15
2.1 Introdução.....	15
2.2 Metodologia.....	16
2.3 Principais dificuldades na implantação de automação residencial em prédios históricos.....	16
2.3.1 Dificuldades legais em relação às intervenções em prédios históricos.....	16
2.3.2 Dificuldades em relação à adaptação da edificação.....	19
2.4 Benefícios na automatização em prédios históricos.....	19
2.5 Sugestões tecnológicas para aplicação.....	20
2.5.1 <i>Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC)</i>	20
2.5.2 <i>Wi-Fi Mesh</i>	21
2.5.3 Processamento em Nuvem.....	22
2.5.4 <i>Konnex (KNX)</i>	23
2.6 RESULTADOS.....	26
2.6.1 HVAC.....	27
2.6.2 KNX.....	27
2.6.3 Processamento em Nuvem.....	28
2.7 DISCUSSÃO.....	28
2.8 CONCLUSÃO.....	29
2.8.1 Perspectivas futuras.....	30
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

RESUMO

O mercado atual da TI vem crescendo ininterruptamente, e com a difusão dos sistemas inteligentes, surge a necessidade da integração entre dispositivos. Dito isso, a automação tem alcançado grande foco. Os prédios e construções históricas podem ser datados de épocas anteriores, porém estes não estão isentos de projetos de integração, longe disso, a integração dessas edificações vem sendo amplamente executada, porém projetos deste cunho possuem dificuldades específicas. Este estudo teve como objetivo principal a compreensão das dificuldades inerentes a aplicações de automação e IoT em projetos realizados em prédios e construções históricas na região norte do Brasil, bem como realizar uma breve análise de tecnologias que podem ser utilizadas para contornar possíveis dificuldades ou para até mesmo facilitar a automatização em si. Para tanto, foi utilizado um método de coleta de dados por meio de pesquisas bibliográficas em artigos, revistas científicas e materiais na internet. Por meio do estudo então realizado, foi possível confirmar que as principais dificuldades na aplicação da automação em prédios históricos advêm das normas de proteção de patrimônios históricos, e do estado físico da construção, em muitos casos, degradada, que requer obras de restauração e reestruturação para poder acomodar as tecnologias a serem instaladas.

Palavras-chave: Automação; Histórico; IoT; Patrimônio; Restauração; *Wireless*.

ABSTRACT

The current IT market has been growing uninterruptedly, and with the spread of intelligent systems, the need for integration between devices arises. With that said, automation has achieved great focus. Historic buildings and constructions can be dated from earlier times, but these are not exempt from integration projects. Far from it, the integration of these buildings has been widely performed, but projects of this nature have specific difficulties. The main objective of this study was to understand the difficulties inherent in automation and IoT applications in projects carried out in buildings and historic constructions in the northern region of Brazil, as well as to carry out a brief analysis of technologies that can be used to overcome possible difficulties or to even facilitate the automation itself. For this, a method of data collection was used through bibliographic research in articles, scientific journals and materials on the internet. Through the study carried out, it was possible to confirm that the main difficulties in the application of automation in historic buildings comes from the historic heritage protection laws, and from the physical state of the construction which is, in many cases, degraded, which requires restoration and restructuring works to accommodate the technologies to be installed.

Keywords: Automation; Historic; IoT; Patrimony; Restoration; Wireless.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Revisão Bibliográfica

Para Oliveira et. al (2017), a renovação e revitalização dos centros históricos das cidades são agentes que contribuem para o seu desenvolvimento, pois estes suprem necessidades da população ao serem renovados, onde em outros casos, estes seriam somente deixados de lado sem serem utilizados e sendo deteriorados pela degradação causada com o tempo. A restauração dessas construções também promove o turismo, por serem obras arquitetônicas de alta riqueza artística, histórica e cultural. A maioria dos centros históricos apresenta problemas de deterioração das edificações, condições de habitabilidade, gentrificação, abandono e especulação imobiliária, entre outros .

Segundo Oliveira et. al (2017) o tipo de regime de proteção pode influenciar o desenvolvimento do processo construtivo. A conservação e restauro de monumentos exige um tipo de prática construtiva que aplique técnicas que preservem a identidade e autenticidade das construções antigas.

Todos os prédios antigos e históricos possuem restrições e riscos, que requerem análise e planejamento prévio visando fatores, como; Os regimes de proteção de monumentos e locais proclamados; Seu entorno e localização: locais sem condições sanitárias e de conforto, rotulados como pouco apelativos; Concepção do projeto: dificuldades relacionadas com o diagnóstico e caracterização do edifício existente, vulnerabilidade estrutural e limitações quanto às funcionalidades do espaço são algumas destas restrições (OLIVEIRA et. al, 2017).

As normas e leis de construção são geralmente mais direcionadas para novas obras, com maior reflexão na qualidade do design do projeto e intervenções não ajustadas às reais necessidades; Obras: Planejamento desfasado da realidade, com baixa ponderação de risco na fase de concepção, baixo nível de comunicação entre stakeholders, intervenções onerosas com grande quantidade de mão de obra de ritmo lento de trabalho, recorrendo a empresas terceiras sem um regime especial para empresas de retrofit ou acompanhamento técnico especializado, dificultando a aplicação das leis de segurança e saúde do trabalho; Custos: dificuldade de quantificação dos custos exatos, com restrições em relação a impostos, mecanismos de concessão e incentivos fiscais (OLIVEIRA et. al, 2017). Neste estudo, o autor tratou do desenvolvimento de um sistema de gestão em um *toolkit* formal, cujo objetivo é auxiliar em obras de *retrofit* de edifícios antigos e contribuir para apoiar a tomada de decisão dos *stakeholders*.

Para Purwantiasning e Bahri (2017), a aplicação do conceito de edifício inteligente é uma iniciativa que tem como objetivo a valorização do monumento, trazendo assim uma melhoria na qualidade do projeto arquitetônico histórico que é um dos esforços para a conservação e preservação do patrimônio. O problema de gerenciamento de recursos é um problema que se não tratado de maneira otimizada, pode trazer um gasto desnecessário no sistema. Com a implementação de um sistema de controle automático pode-se reduzir o uso desnecessário de recursos, adotando o conceito de construção inteligente para prédios históricos.

Conforme descrito por De Castro e Baracho (2020), são escassas as discussões sobre o patrimônio cultural quando buscas por artigos e materiais sobre cidades inteligentes são realizadas, o que foi o motivador do estudo citado. Afirmando também que o “patrimônio inteligente” possui o benefício de relevar a necessidade da preservação patrimonial para cidades, independente de métodos de gestão e planejamentos futuros. O artigo utiliza a metodologia de revisão sistemática de literatura (RSL) com o objetivo principal de compreender de que forma o patrimônio cultural é (ou não) contemplado nas tentativas de desenvolvimento das metodologias ligadas às cidades inteligentes.

A utilização de sensores *wireless* possui um papel muito importante nos projetos de automação predial, pois ajuda a reduzir substancialmente os custos dos cabos e suas instalações, além de facilitar na hora de execução da manutenção, o uso de sistemas sem fio também ajuda a facilitar a automação de edificações antigas, pois não seria necessário modificar tanto a estrutura dos prédios, além de se criar uma discussão sobre as vantagens e desvantagens na hora de fazer a implementação de uma rede sem fio, afinal este varia de projeto para projeto. O estudo de Rodrigues et. al (2010) tratou-se de uma pesquisa sobre a automação sem fio, com o objetivo de, dependendo do cenário, evitar de ter que se fazer um projeto muito invasivo, pois, por tratar de sensores wireless, seria de mais fácil instalação, manutenção e um custo reduzido, assim podendo ser usado também em prédios históricos dependendo do cenário.

Relativo aos prós e contras de uma rede *wireless*, as sua principais vantagens estão relacionadas à redução de custos com cabos e estruturas com energia, pois os dispositivos têm um baixo consumo de energia e uma maior flexibilidade, já os contras seriam em primeiro lugar o fato da rede sem fio está sujeita a muitos fatores que podem vir a atrapalhar sua estabilidade, fora a vida útil dos equipamentos e suas baterias, no caso da automação predial seria usado mais o wi-fi ou UWB. (RODRIGUES et. al, 2010)

Em automação predial, o quesito das dificuldades encontradas em diferentes tipos de

prédios é comumente visto, pois cada um possui dificuldades diferentes dos outros, sendo assim cada um precisa de uma solução diferente, de acordo com Wenqi et. Al (2009) isso poderia ser feito através de sistemas de controle inteligentes com o uso de dispositivos eletrônicos, que serviriam desde controlar a parte de iluminação, climatização do prédio até a comunicação, pois teria uma monitorização de todos os dispositivos.

Através do sistema de monitoramento para fazer a verificação do desempenho e das falhas dos dispositivos para assim fornecer um relatório para a equipe responsável, assim facilitando a manutenção, ele também explora o sistema de iluminação HVAC usando um controle sem fio, além de explorar o campo das redes *wireless*, com uma rede *mesh* para conectar todas as redes em uma só, fazendo assim uma *mesh wireless*, além de mostrar os benefícios ao se fazer uma rede wi-fi, pois se torna mais econômica pelo fato de não necessitar de uma quantidade excessiva de cabos e pelo próprio valor dos dispositivos. A problematização em relação a automação predial foi abordada mostrando uma maneira mais eficaz, abordando um tipo menos custoso e com tecnologias mais atuais de se realizar a automação, como o exemplo da rede mesh, que não necessita de tantas modificações na estrutura do patrimônio. (WENQI e ZHOU, 2009).

Tema	Autor(res)	Problema/Solução
A SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF OLD BUILDING RETROFIT PROJECTS IN HISTORICAL CENTRES: The case of portugal	Rui A. F. OLIVEIRA, Jorge LOPES, Hipólito SOUSA, Maria Isabel ABREU	O gerenciamento de projetos de retrofit em centros históricos: Este estudo tratou do desenvolvimento de um sistema de gestão em um <i>toolkit</i> formal, cujo objetivo é auxiliar em obras de <i>retrofit</i> de edifícios antigos e contribuir para apoiar a tomada de decisão dos stakeholders. (Oliveira et. al, 2017)
The Impact of Wireless Sensors in Buildings Automation	F. Rodrigues, C. Cardeira e J. M. F. Calado	O impacto do sensores sem fio na automação predial: este estudo tratou-se de uma pesquisa sobre a automação sem fio, com o objetivo de, dependendo do cenário, evitar de ter que se fazer um projeto muito invasivo, pois, como se trata de sensores wireless seria de mais fácil instalação, manutenção e um custo reduzido, assim podendo ser usado também em prédios históricos dependendo do cenário. (Rodrigues et. Al, 2010)
O patrimônio cultural nas cidades inteligentes	DE CASTRO, Juliana Martins; BARACHO, Renata Maria	A abordagem quase inexistente a questões relacionadas ao

	Abrantes	patrimônio cultural: O artigo utiliza a metodologia de revisão sistemática de literatura (RSL) com o objetivo principal de compreender de que forma o patrimônio cultural é (ou não) contemplado nas tentativas de desenvolvimento das metodologias ligadas às cidades inteligentes. (DE CASTRO e BARACHO, 2020)
An Application of Smart Building Concept for Historical Building Using Automatic Control System. Case Study: Fatahillah Museum	Ari Widyati PURWANTIASNING, Saeful BAHRI	O problema de gerenciamento de recursos é um problema que se não tratado de maneira otimizada, pode trazer um gasto desnecessário no sistema. Com a implementação de um sistema de controle automático pode reduzir o uso desnecessário de recursos, adotando o conceito de construção inteligente para prédios históricos. (PURWANTIASNING e BAHRI, 2017)
An Emerging Technology for Improved Building Automation Control	Wenqi Guo, Mengchu Zhou	A problematização em relação a automação predial foi abordada mostrando uma maneira mais eficaz, abordando um tipo menos custoso e com tecnologias mais atuais de se realizar a automação, como o exemplo da rede mesh, que não necessita de tantas modificações na estrutura do patrimônio. (WENQI e ZHOU, 2009)

1.2 Problema da Pesquisa

Os prédios antigos e históricos, em muitas das vezes, não dispõem de infraestruturas adequadas e muito menos acordadas com as normas padrão de construções atuais, e requerem mais atenção às reestruturações e revitalizações em diversos aspectos, e também trazem um novo empecilho, o embargo aplicado a obras mais intrusivas e destrutivas, por poderem danificar o patrimônio (RETROFIT ENGENHARIA).

A região de Belém do Pará possui climas quentes e úmidos no decorrer do ano, estes fatores ambientais afetam e degradam estruturas com mais intensidade, quando comparados a ambientes com climas favoráveis, e estruturas mantidas sem manutenção e reformas por períodos prolongados de tempo acabam se fragilizando, algo que é comumente visto nesta

região (LOPES, 2022). Cabeamentos antigos, desgastados e sem aterramento estão presentes nestas edificações e extremamente fora dos padrões para a utilização com equipamentos e tecnologias que requerem instalações mais adequadas à atualidade.

1.3 Justificativa

Belém, capital do estado do Pará, abriga uma enorme quantidade de estruturas e prédios históricos, sendo estes, patrimônios culturais e cartões postais na região norte Brasileira. Deste modo, a defesa e conservação de tais ambientes não é caracterizada somente como algo de interesse econômico ou mobiliário, mas também de valor cultural e histórico (SOUSA, 2018)

Segundo Sarquis (2016), As características gerais observadas na infraestrutura dos prédios históricos, possuem influências externas com condicionantes regionais que trazem uma pluralidade de estilos arquitetônicos onde há estruturas predominantemente constituídas de estruturas robustas e em outros casos, elementos estéticos onde se sobressaem a delicadeza. São construções que majoritariamente não possuíam planejamento para ter uma infraestrutura elétrica que conseqüentemente dificulta qualquer reforma elétrica no local.

De acordo com (IDC, 2021) o crescimento área da automação com comunicação a IoT está em crescimento no Brasil. A automação em prédios históricos tem como objetivo o aprimoramento do projeto original com a utilização de tecnologias IoT para que o local possa ter um sistema inteligente disponibilize recursos controladores e conservador dos edifícios para que possam fazer correções necessárias para e trazer a melhor qualidade interior necessária para o usuário que frequente este ambiente (“IoT: nova fronteira da automação predial”, 2021).

O plano de pesquisa será regido pela entrevista com profissionais especialistas da área, com experiência civil ou elétrica em prédios históricos, estudo de artigos relacionados à adaptação de construções e prédios históricos, e a análise técnica dos regentes deste trabalho de forma prática com situações simuladas semelhantes. A pesquisa e escolha das tecnologias para realizar o estudo sobre a adaptabilidade, serão determinadas através primeiramente da capacidade de resolver a adversidade e em segundo o custo, deste modo, priorizando o custo-benefício da possível aplicabilidade.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Realizar um levantamento acerca dos trabalhos relacionados e projetos existentes, para propor uma melhor solução operacional disponível no mercado para as adversidades encontradas na adaptação de prédios históricos para projetos IoT, analisar os principais problemas encontrados nos prédios históricos que influenciam na adaptação de projetos IoT, identificar as principais soluções tecnológicas no ramo da automação no mercado atual e pontuar as melhores estratégias tecnológicas para a implementação de automação em prédios históricos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estudar a estrutura de prédios antigos para uma melhor compreensão da infraestrutura.
- Pesquisar as técnicas utilizadas que sejam adequadas para a adaptação tecnológica em prédios históricos
- Analisar as tecnologias mais adequadas para serem utilizadas no projeto de automação predial.

1.5 Estrutura do Trabalho

O seguinte trabalho sobre automatização de construções e prédios históricos é constituído pelo primeiro capítulo que trata do estudo da automatização de estruturas históricas e os empecilhos da adequação dos mesmos às tecnologias atuais. O segundo capítulo introduz o contexto do estudo, são citados os materiais estudados acerca dos problemas e os resultados obtidos da aplicação da pesquisa, a conclusão do estudo sobre a aplicabilidade do mesmo na área arquitetônica em relação a automatização da construção e os materiais utilizados para o embasamento deste artigo.

2. ARTIGO

O conceito de IoT apresenta a ideia de que objetos inteligentes que estão conectados à internet possuem a capacidade de interagir e comunicar-se uns com os outros com o mínimo de intromissão humana. O conceito de IoT é datado de 1999, onde Kevin Ashton mencionou que “a internet das coisas tem o potencial de mudar o mundo assim como a internet fez”.

2.1 Introdução

A região norte possui ricas heranças arquitetônicas de diversos períodos históricos, como por exemplo no ciclo da borracha, que enriqueceu esses territórios e deixou valiosos centros históricos em abundância, principalmente nas cidades de Manaus e Belém do Pará, que na época competiam pelo título de Paris dos Trópicos (COTTA, 2015). Entretanto, esses prédios se encontram em situação de desuso ou de tal precariedade que para esta edificação possa ser utilizada de forma adequada, há a necessidade de restaurações estruturais e infraestruturais. Por esta prodigalidade de edificações que se encaixam no conceito de prédios históricos no norte do Brasil, surge então uma possibilidade de integrar, automatizar e adaptar essas construções, podendo providenciar à sociedade mais riqueza à sua herança cultural, e entregando utilidade a essas instalações, que em caso contrário iriam somente permanecer sendo degradadas pelo tempo até chegarem ao ponto de perda do patrimônio e de nulo aproveitamento.

Para Oliveira et. al (2017 apud BALSAS, 2004) “Revitalização e renovação de centros históricos contribui para o desenvolvimento sustentável, pois estas áreas contêm condições para preencher necessidades diárias como lazer, educação, negócios, serviços e outras atividades[...]”. Os prédios históricos são patrimônios importantes e valiosos para todas as cidades, e com o advento da era da interconexão e comunicação entre computadores, sensores e sistemas, a integração dessas construções antigas ao sistema *Internet of Things* (IoT) pode ser benéfica em aspectos culturais, sociais, econômicos e sustentáveis (OLIVEIRA et. al, 2017).

A renovação e reestruturação de prédios antigos para novas aplicações não é um tópico recente, todavia a integração da tecnologia da informação a estes é datado dos períodos mais atuais. Sabendo-se então da importância e das capacidades dos sistemas de informação, não é incomum cogitar em aplicá-los a estes cenários, formando então, um novo caminho a ser

seguido, associando arquitetura, engenharia, tecnologias da informação e comunicação (DE CASTRO e BARACHO, 2020).

De mesmo modo que em qualquer projeto de automação e IoT, existem dificuldades para a aplicação dessas propostas, porém tais aplicações em construções históricas possuem ainda mais dificuldades e *modus operandi* específicos a este cenário, sendo estas dificuldades relativas às normas, estruturas danificadas das construções e às tecnologias que poderiam serem aplicadas, tópicos que são abordados com maior profundidade neste artigo.

2.2 Metodologia

Esta pesquisa de natureza exploratória foi realizada a partir do levantamento de dados sobre a aplicação de automação, IoT e reestruturação de construções históricas em fontes de pesquisa primárias, como textos, revistas e artigos científicos, com o método de estudo principalmente focado nas dificuldades presentes na integração de plataformas de iot a essas edificações. Os resultados serão apresentados de forma qualitativa, expondo as análises realizadas dos conceitos e ideias junto de propostas de tecnologias mais adequadas para a aplicação nestes cenários, no formato de artigo bibliográfico.

2.3 Principais dificuldades na implantação de automação residencial em prédios históricos

As principais dificuldades encontradas ao se realizar projetos de automatização em prédios históricos podem ser definidas em: dificuldades relativas às normas regidas pelo órgão responsável pelo patrimônio histórico e dificuldades geradas pela própria inadequação física e estrutural da construção, que em muitos casos encontra-se em péssimo estado de conservação, que acaba por inviabilizar certas manobras ou alterações em sua estrutura.

2.3.1 Dificuldades legais em relação às intervenções em prédios históricos

Devido ao fato de patrimônios culturais serem tombados, são elementos que possuem valor social e cultural de identidade como por exemplo na cidade de Belém no estado do Pará a Igreja da Sé (FIGURA 1) e o Theatro da Paz (FIGURA 2). A degradação ou desaparecimento desses patrimônios configuram uma perda de uma parte importante da cultura que aquele patrimônio representa (Convenção para a proteção de patrimônio mundial, cultural e natural, 1972).

Figura 1 – Igreja da Sé - Catedral metropolitana de Belém do Pará



Fonte: Carlos Macapuna (2010).

Figura 2 – Entrada do Theatro da Paz



Fonte: Carlos Macapuna (2013).

De acordo com Iphan, a importância sobre a preservação desses locais, os patrimônios possuem uma série de autorizações de intervenções que deverão ser previamente aprovadas pelo órgão que efetuou o tombamento do local para que possa começar a reestruturação do local a fim de manter e preservar as características originais da estrutura para evitar a perda de um bem de valor cultural, histórico e arquitetônico (TABELA 1).

Tabela 1 – Critérios de Intervenção em Prédios Históricos

Nº	Categoria de Intervenção	Critério
1	Reforma Simplificada	Obras de conservação ou manutenção que não acarretem supressão ou acréscimo de área, tais como: pintura e reparos em revestimentos que não impliquem na demolição ou construção de novos elementos; substituição de materiais de revestimento de piso, parede ou forro, desde que não implique em modificação da forma do bem em planta, corte ou elevação; substituição do tipo de telha ou manutenção da cobertura do bem, desde que não implique na substituição significativa da estrutura nem modificação na inclinação; manutenção de instalações elétricas, hidrossanitárias, de telefone, alarme, etc.; substituição de esquadrias por outras de mesmo modelo, com ou sem mudança de material; inserção de pinturas artísticas em muros e fachadas.
2	Reforma / Construção Nova	Toda e qualquer intervenção que implique na demolição ou construção de novos elementos tais como ampliação ou supressão de área construída; modificação da forma do bem em planta, corte ou elevação; modificação de vãos; aumento de gabarito, e substituição significativa da estrutura ou alteração na inclinação da cobertura / Construção de edifício em terreno vazio ou em lote com edificação existente, desde que separado fisicamente desta.
3	Restauração	Serviços que tenham por objetivo restabelecer a unidade do bem cultural, respeitando sua concepção original, os valores de tombamento e seu processo histórico de intervenções.
4	Colocação de Equipamento Publicitário ou Sinalização	Suporte ou meio físico pelo qual se veicula mensagens com o objetivo de se fazer propaganda ou divulgar nome, produtos ou serviços de um estabelecimento, ao ar livre ou em locais expostos ao público, tais como letreiros, anúncios, faixas ou banners colocados nas fachadas de edificações, lotes vazios ou logradouros públicos / Comunicação efetuada por meio de placas de sinalização, com mensagens escritas ordenadas e/ou pictogramas.
5	Instalações Provisórias	Aquelas de caráter não permanente, passível de montagem, desmontagem e transporte, tais como “stands”, barracas para feiras, circos e parques de diversões, iluminação decorativa para eventos, banheiros químicos, tapumes, palcos e palanques.

Fonte: Adaptado de PORTARIA Nº 420, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2010 (2010).

É de caráter obrigatório a reforma seguir os critérios de manutenção, restauração e reparos do órgão que fez o tombamento do imóvel. Apesar de possuírem instituições governamentais diferentes de preservação, não há um grau hierárquico entre as instituições municipais, estaduais e federais em relação à relevância. Ou seja, um imóvel tombado pelo Iphan não é mais importante do que o preservado por uma instituição estadual ou municipal, por exemplo (IPHAN).

2.3.2 Dificuldades em relação à adaptação da edificação

As dificuldades para a adaptação de uma atualização em edificações antigas se dão pelo fato de muitas vezes a estrutura em si não ter sido projetada para mudanças abruptas que levariam à fragilização da mesma. Em muitos casos surge a necessidade de se reforçar as estruturas, a fim de que não ocorra a degradação da construção durante a instalação das infraestruturas necessárias ou das tecnologias a serem implementadas.

Em muitos casos, a própria construção já está degradada e necessita de restauro, que são apropriadas aos bens tombados e aos bens patrimoniais de grande significância. Seu objetivo é a conservação e consolidação da construção, assim como a preservação ou reposição da totalidade ou de parte da sua concepção original. As intervenções admissíveis nesses bens ou imóveis estão definidas nas normativas de uso, estabelecidas a partir dos processos de tombamento ou de proteção e preservação especiais (RETROFIT ENGENHARIA).

2.4 Benefícios na automatização em prédios históricos

Os benefícios na automação em prédios históricos podem ser demonstrados de modo que com o auxílio de tecnologias de comunicação e monitoramento do ambiente associados a um sistema que possa gerenciar esses recursos, têm a capacidade de reduzir o custo operacional devido a otimização de desempenho e performance técnica e também o investimento monetário no projeto (AFRAM e JANABI-SHARIFI, 2014).

Em termos de sociedade, segundo OLIVEIRA et. al (2017), ela pode também suprir necessidades da população e promover o turismo da região, por se tratar de um aspecto cultural, artístico e histórico, trazendo um ar de modernidade a esses ambientes e integrando-os ao mundo tecnológico da atualidade.

Construir estruturas energeticamente eficientes são uma resposta ao aumento da necessidade de eletrônicos para atender às suas necessidades. Os esforços no desenvolvimento

de edifícios inteligentes são possibilitados por desenvolvimento em tecnologia da informação e engenharia de controle automático. O aumento do número de dispositivos eletrônicos, aparelhos domésticos e equipamentos de escritório integrados apresentam um novo problema, o aumento do consumo de eletricidade (S. SUHANTO et. al, 2019).

Segundo S. SUHANTO et. al (2019), estruturas e edifícios comuns consomem cerca de 40% do consumo nacional de energia e contribuem aproximadamente as mesmas porcentagens de gases de efeito estufa, e também contribuem para 70% do uso nacional de eletricidade.

Com edifícios antigos sendo adaptados para ajudar a economizar energia, a conservação de energia envolve o uso eficiente e racional de energia sem reduzir o uso de energia para fins importantes. Este esforço de conservação de energia é aplicado em todas as etapas de utilização, desde utilização de fontes de energia para utilização de última linha, usando tecnologias de eficiência energética (S. SUHANTO et. al, 2019).

Uma parte dos esforços de conservação de energia é o controle automático e a supervisão do uso de eletricidade em um edifício, comumente definido como um Sistema de Automação Predial (S. SUHANTO et. al, 2019).

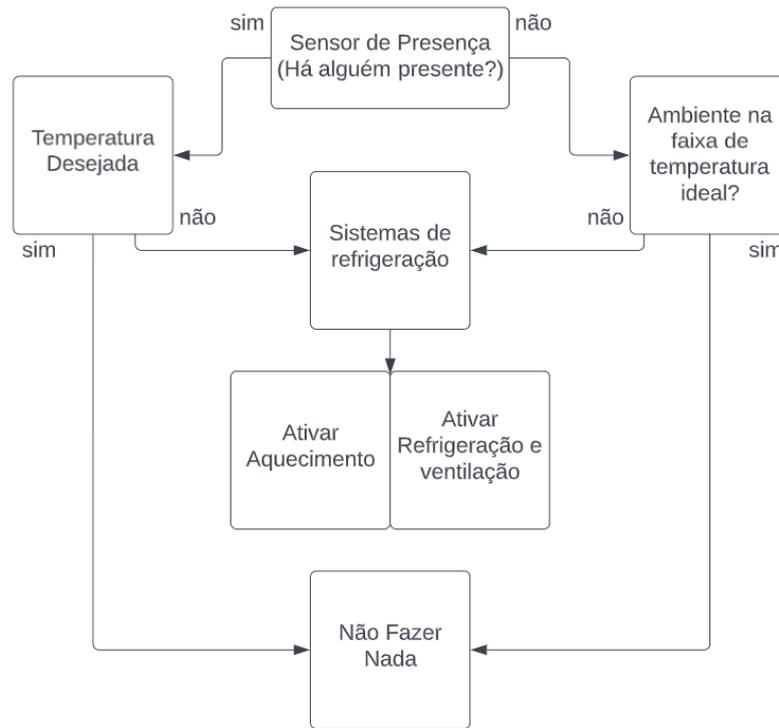
2.5 Sugestões tecnológicas para aplicação

Para as sugestões de aplicações tecnológicas, foram feitas pesquisas para trazer tecnologias capazes de agregar valor e utilidade às instalações em prédios históricos, considerando-se também as suas limitações quanto às tecnologias que podem ser aplicadas de forma a cumprir as normas inerentes aos projetos de reformas nessas edificações e a possíveis necessidades atuais de uso.

2.5.1 Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC)

HVAC refere-se a um sistema tecnológico de processos responsável por garantir conforto térmico aos usuários dos ambientes, alta qualidade do ar, além de possibilitar o controle sobre algumas variáveis relativas ao ar. É uma opção com excelente custo-benefício para prédios e diferentes ambientes. Esse sistema integrado pode controlar a climatização proporcionando um conforto térmico (FIGURA 3).

Figura 3 - Diagrama de funcionamento de um sistema HVAC inteligente



Fonte: Imagem do autor

A tecnologia HVAC tem como principal função a movimentação do ar pelo bombeamento do ar quente realizado por ar condicionado, bombas de calor e fornalhas que podem aquecer o local da mesma forma que pode resfriar o local com sua retirada através de sopradores e ductos para facilitar a movimentação da área baseado no sensoriamento térmico do lugar.

A utilização desta área da tecnologia utiliza integração dos sistemas de climatização, sensores e um sistema de controle, que coleta dados, os processa e comanda a ativação, desativação ou alteração de parâmetros dos sistemas de climatização que, segundo Afram e Janabi-Sharifi (2014, p. 343), quando não se há a aplicação de um sistema que os gerencie, são esses que formam as maiores fontes de consumo energético em prédios, tornando então de extrema importância o desenvolvimento e implementação de técnicas efetivas de controle para sistemas HVAC.

2.5.2 Wi-Fi Mesh

De acordo com Hopjan (2021), *Wi-Fi Mesh* é uma tecnologia de rede sem fio da topologia do tipo malha onde todos os terminais que são conectados, estão conectados entre todos eles sem organização hierárquica. Dessa forma é possível utilizar todo o potencial da

rede que uma vez configurada por roteador a amplificação do sinal se torna comprometida dependendo da amplitude que o sinal deverá percorrer (FIGURA 4).

Figura 4 – Representação simplificada de uma rede *mesh*



Fonte: Imagem do autor

O alcance limitado da propagação de Wi-Fi e o alto custo de instalação e manutenção do *backbone* de redes com fio limitam as implantações de rede Wi-Fi em residências, escritórios, pontos de acesso públicos (em cafés, aeroportos, hotéis e outros locais semelhantes) e algumas zonas de acesso de área ampla. Além disso, é difícil instalar, gerenciar e dimensionar vários pontos de acesso, porém a rede Wi-Fi *mesh* tem o potencial de superar essa fragmentação digital, promover o desenvolvimento econômico, aumentar a eficácia das organizações de segurança pública e conectar comunidades. A tecnologia está tornando possível a criação de cidades verdadeiramente *wireless* (AUDEH, p. 119, 2004).

2.5.3 Processamento em Nuvem

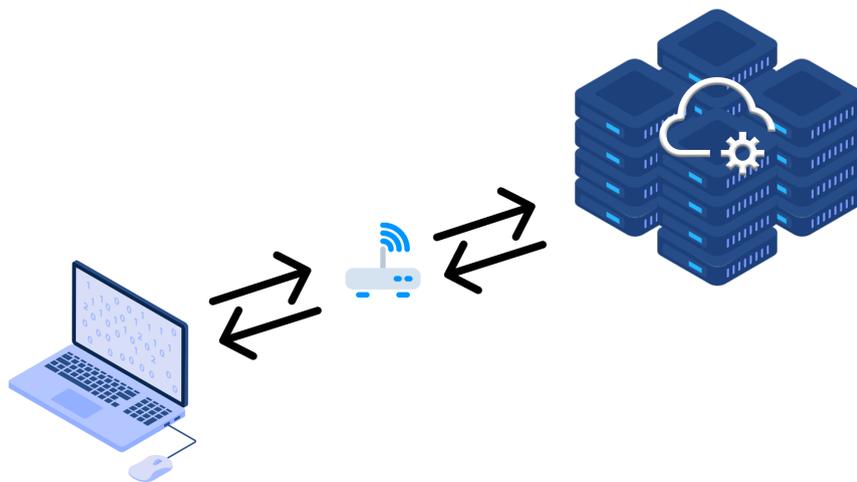
Através da aplicação de tecnologias de *cloud computing*, pode-se baratear os custos de armazenamento, processamento e coleta de dados, estes que podem ser profícuos em diversos ambientes de aplicação de IoT (KIM, 2009).

Grandes empresas como Amazon, Microsoft e Google oferecem esses serviços em nuvem para perfis diferentes de clientes de acordo com suas necessidades, possibilitando assim um caminho no qual o cliente não necessita gerenciar os recursos de computação, pois a empresa contratada realiza essa função, e no qual o cliente não é obrigado a implantar um

sistema completo de *data center* para poder utilizar de tais serviços, onde se torna somente necessário o pagamento dos recursos e serviços a ele prestados (HAN, 2011).

Esta tecnologia oferece a possibilidade do cliente utilizar os serviços a qualquer momento e em qualquer lugar, tornando esta uma tecnologia de incrível flexibilidade e facilidade, porém em troca de latência efetiva da prestação do serviço, que comumente exige alta capacidade de comunicação entre o cliente e o servidor, tornando-a inaplicável em certas circunstâncias (KIM, 2009), (FIGURA 5).

Figura 5 – Representação de comunicação entre dispositivo e servidor de processamento em nuvem

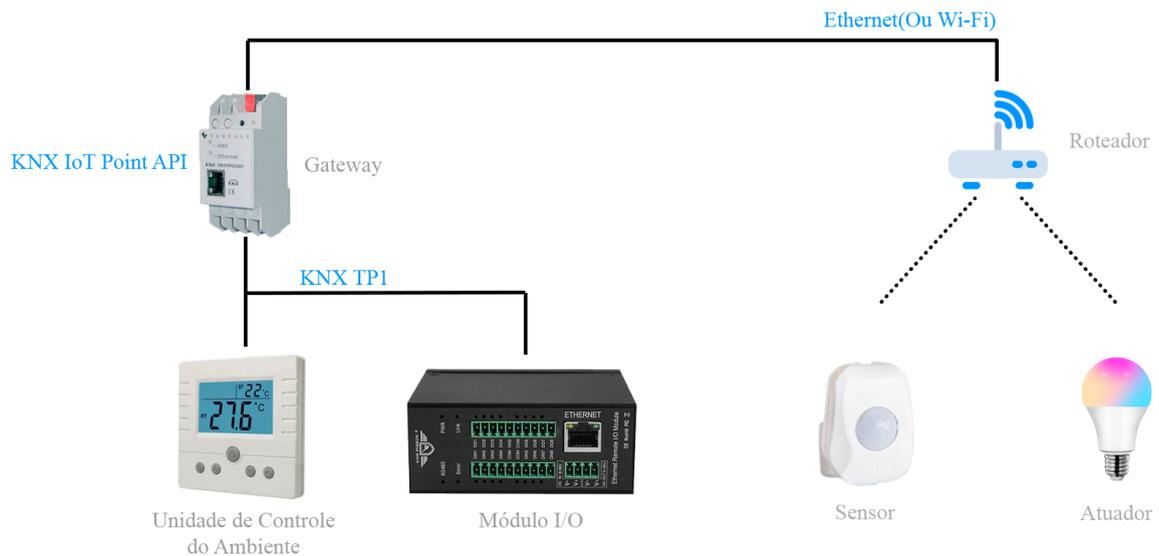


Fonte: Imagem do autor

2.5.4 Konnex (KNX)

O KNX distribui o controle entre os dispositivos por meio de blocos funcionais. Um bloco funcional consiste em um grupo de pontos de dados e uma especificação sobre o dispositivo, por exemplo, uma função de “botão binário” bloco cional que representa a funcionalidade de uma chave liga/desliga, cada bloco funcional pode ser associado a um dispositivo. Embora um dispositivo deve implementar pelo menos um bloco funcional, ele pode ter vários, a especificação KNX já define blocos funcionais padrão e tipos de pontos de dados (DOMINGUES et. al 2016, p. 6) (FIGURA 6).

Figura 6 – Representação de funcionamento do KNX



Fonte: Imagem do autor.

Um ponto de dados representa as entradas e saídas de um bloco funcional e parâmetros do aplicativo, como uma variável interna armazenando o mínimo de intensidade de luz que um controlador de lâmpada pode fornecer, Esses pontos de dados têm um endereço e tipos de dados associados a eles e normalmente dispositivos se comunicam escrevendo para pontos de dados de outros dispositivos via comunicação de grupo. Os pontos de dados podem ser vinculados a outros pontos de dados (juntando assim um grupo), a fim de notificar outros dispositivos de atualizações no sistema. Quando um valor de ponto de dados é alterado, o novo valor é propagado para todos os pontos de dados vinculados a ele (DOMINGUES et. al 2016, p. 6).

Segundo Domingues et. al (2016 p. 6) a especificação KNX define três formas distintas de vinculação de pontos de dados: ligação livre, ligação estruturada e ligação marcada com níveis crescentes de semântica. Em pontos de dados de ligação livre com o mesmo tipo pode ser vinculado livremente.

A ligação estruturada segue um certo padrão definido pelo modelo de informações para vincular pontos de dados com base nos blocos funcionais dos dispositivos. Por exemplo, um botão de pressão deve ter seus pontos de dados de saída vinculados aos pontos de dados de entrada do dispositivo que ele vai controlar (DOMINGUES et. al 2016, p. 6).

Por fim, a vinculação marcada propõe que parte do datapoint endereço deve conter algumas informações a fim de destacar alguns aspectos como o grupo ao qual o datapoint pertence. Isso pode ser usado para selecionar pontos de dados de uma determinada zona, onde

partes dos endereços desses pontos de dados representam sua localização, portanto, a ligação marcada pode ser usada para agrupar pontos de dados ou dispositivos (DOMINGUES et. al 2016, p. 6).

O controle de cena também é suportado, tendo três abordagens distintas: Sendo a primeira delas definir as condições da cena por meio de uma comissão ferramenta de posicionamento, a segunda delas definir as condições de cena dos atuadores conectados e armazenando esta cena como um número de cena nos atuadores conectados, e a terceira, usando um tipo de ponto de dados chamado número de cena.

Uma característica chave do protocolo de mensagens KNX é o seu padrão de observação, mecanismo baseado na troca de informações, vários barramentos de observação, os dispositivos são notificados por meio de uma única mensagem multicast de alterações nos dados em um Fonte única. Isso permite a fácil criação de relações m-para-n, uma vez que a fonte não é um dispositivo fixo. Portanto, o tráfego normal de ônibus não é transacionado através de mensagens ponto-a-ponto, mas através das chamadas comunicações em grupo. Assim, estão previstos endereços de grupos especiais, que permitem uma re-dispositivo receptor para decidir se é um membro de tal grupo, e uma mensagem pode ser ignorada ou processada.

Os dispositivos KNX são comissionados pelo software Engineering Tool (ETS), que fornece ao usuário um nível mais alto de abstração de acordo com a complexidade de configuração do sistema. O KNX tem algumas limitações ções: sua especificação não se refere nativamente ao acesso a dados históricos recursos, notificação de eventos e alarmes, agendamento de tarefas e cenários recursos de gerenciamento, dando a cada fornecedor o livre arbítrio para implementar tais funcionalidades em camadas superiores sem seguir uma diretriz básica (DOMINGUES et. al 2016, p. 6).

2.6 RESULTADOS

A realização do levantamento de natureza bibliográfica teve como objetivo identificar elementos e fatores que dificultam a reestruturação de patrimônios históricos baseando-se em estudos e artigos.

A partir das pesquisas exploratórias que tomaram parte neste artigo, pôde-se compreender aspectos sobre gerenciamento de projetos de automação e IoT, e também possibilitou a análise de que para as aplicações pretendidas em prédios históricos, adaptações e revitalizações apresentam-se como inevitáveis, tendo em vista as infraestruturas que as construções históricas oferecem e as necessárias para as aplicações tecnológicas.

Em conclusão, as adaptações e revitalizações a serem aplicadas em um projeto de IoT de uma edificação histórica estão sujeitas às normas de preservação de patrimônio histórico, a depender da instituição responsável, que geralmente limitam as ações de cunho destrutivo à originalidade da edificação, sendo o amplo uso de tecnologias de comunicação sem fio uma das formas de se cumprir as situações exploradas no artigo, sendo a comunicação *wireless* em questão a rede wifi mesh.

A aplicação tecnológica em um prédio histórico deve ser adaptada para a situação da construção. Podemos afirmar que as dificuldades encontradas em preservar a infraestrutura podem ser contornadas em muitos casos pelo uso de tecnologias *wireless*, devido ao fato de não ser permitida qualquer operação invasiva à estrutura em ambientes nos quais a maioria das vezes estão tombados.

Além das tecnologias de comunicação sem fio, outras sugestões tecnológicas analisadas para a aplicação principal do artigo, são os sistemas inteligentes de HVAC, para o gerenciamento do aquecimento, refrigeração e ventilação dos ambientes de modo a aumentar a eficiência energética dos ambientes, aliado ao protocolo de comunicação KNX, que realizaria a tarefa de controle dos componentes do edifício.

A oportunidade de uma aplicação IoT aliado às tecnologias podem melhorar a qualidade de vida em ambientes como esses, já que pode-se afirmar que o uso de uma gestão inteligente de recursos reduz significativamente o consumo energético coletando informações detalhadas sobre os padrões de consumo energético para configurar melhores parâmetros para aumentar a eficiência de economia energética.

Outra tecnologia que foi avaliada como de alto desempenho para aplicações na situação em estudo, seria o processamento em nuvem, que oferece o benefício de eliminar

completamente a necessidade de uma possível instalação de servidores ou centros de processamento local, que acabariam por requerer maior adaptação da edificação, e consequentemente maior degradação do corpo original do patrimônio.

2.6.1 HVAC

No estudo de Purwantiasning e Bahri (2017), foi proposto uma solução envolvendo o sistema de HVAC para um melhor controle confiável para a redução do consumo de energia a fim de reduzir os custos de manutenção onde o estudo foi aplicado que foi no museu Fatahillah, que é uma construção histórica datada de 1710 que estava sofrendo uma degradação devido a falta de conforto por falta de um sistema de condicionamento de ar e ventilação adequadas.

Os resultados obtidos com esse estudo de Purwantiasning e Bahri (2017), foi uma redução de energia considerável, onde o método de obtenção de dados através de sensores que indicariam nesse caso a temperatura provida pela quantidade de pessoas para redistribuir recursos energéticos que provêm ao ambiente em questão uma melhor qualidade de vida e conforto.

O uso do sistema HVAC aliado a IoT possui a capacidade de um monitoramento inteligente do local e gerenciamento de recursos energéticos que, segundo Ruano et. al. (2018), a capacidade de ser um sistema autônomo, onde a instalação de módulos dos sensores *wireless* não requerem infra estrutura para funcionarem que é um facilitador para a aplicação em prédios históricos tombados. Podendo ser dinâmico à cobertura de sensoriamento e adaptável à maioria das estruturas.

2.6.2 KNX

Como demonstrado no artigo de estudo de natureza aplicada com abordagem quantitativa de caráter descritivo de Fábio Reis (2018), onde este confirma as vantagens do KNX apresentada pelos fabricantes dos componentes, pois na aplicação feita por ele foi apresentada a economia de tempo com maior segurança, além disso, foi comprovado o alto grau de conveniência e conforto, através da instalação e utilização do Cabo Bus KNX, sem a necessidade de uma unidade de controle central, legitimando o fato de que todos os componentes do bus tem sua própria inteligência.

Na problemática de estudo proposto por ele, foram alcançados os resultados após o

mesmo conseguir realizar a execução de seu modelo prático que buscava fazer uma interoperabilidade e integração de produtos de diferentes fabricantes, realizando através do software ETS4 (FERREIRA, 2018).

Ao fazer uma comparação do estudo realizado neste artigo com o estudo já realizado e aplicado por Fábio Reis (2018), confirmamos que esses mesmos benefícios em prédios históricos, além de que ao se usar o KNX junto com dispositivos de conexão *wireless* consegue-se um adendo pelo fato de não se tornar necessário um procedimento invasivo na hora de realizar a instalação dos dispositivos.

2.6.3 Processamento em nuvem

Em comparação aos casos de estudo de Han (2011), onde foram estudados casos como os de aplicações em bibliotecas que possuem repositórios institucionais, que possuíam anteriormente servidores localmente gerenciados, que foram sendo substituídos por instâncias de processamento em nuvem, e após comparar custos e suportes de três provedores de computação em nuvem, *Amazon Web Services* (AWS) , Linode e Google AppEngine, pôde-se visualizar uma maior velocidade ao se construir, reiniciar, reconstruir e fazer backup de repositórios, aliado também a uma maior economia de custo para essas aplicações.

A maior redução de custo de operação vista nestes casos é a redução do custo de eletricidade, instalação, hardware e o sistema de refrigeração para \$0, onde os custos então gerados são definidos pelo provedor do serviço, sendo estes somente relacionados ao quanto de serviço o cliente contrata, gerando uma alta economia para diversos casos de aplicação (HAN 2011).

Em casos de automação de prédios históricos, deve-se esperar os mesmos benefícios e qualidades relacionadas apresentadas, dando atenção ao fato de que para tais aplicações, a instalação local de sistemas se torna mínima, sendo este o principal ponto positivo para prédios históricos com limitações quanto a infraestruturas, adaptações e instalações permitidas.

2.7 DISCUSSÃO

Devido à escassez de materiais diretamente relacionados ao assunto abordado sobre automação e IoT em construções antigas e históricas, a grande maioria dos materiais utilizados neste estudo bibliográfico foram selecionados separadamente de artigos relacionados aos elementos IoT, automação, e restauração de prédios e centros históricos, que foram assimilados e correlacionados durante a construção do texto, para então formar o assunto

pleno.

Relativo à criação de uma fórmula geral para projetos de IoT em prédios históricos, não há uma conclusão geral sobre como realizar estas tarefas, tendo em vista que cada caso pode ser diferente, até mesmo ao se analisar situações dentro de uma mesma região do país, e nem as tecnologias a serem utilizadas, pois os cenários podem requerer inventividade por parte do responsável para a execução da obra.

Tendo em vista a grande dimensão de conteúdos e materiais relacionados aos assuntos abordados, percebem-se maneiras diversas de se abordar um projeto dessa área. Neste artigo, foram expostas tecnologias *wireless* para as aplicações em prédios históricos, porém não se torna necessário se limitar unicamente a esta forma de controle e transporte de dados entre dispositivos, pode-se também aplicar tecnologias *wired* para a comunicação dos dispositivos, tal como fibra ótica, conexão ethernet ou mesmo aplicações utilizando mais de uma forma de comunicação, porém atendo-se às normas relativas à proteção do bem histórico, é notável o fato de que estes métodos e tecnologias podem ser aplicados não somente no caso de estudo, como também em diversos outros cenários de automação e IoT.

2.8 CONCLUSÃO

A região norte possui um grande acervo de prédios e centros históricos, sendo os mais notáveis pertencentes ao período do Ciclo da Borracha (COTTA, 2015), porém estes carecem de cuidados para a sua conservação (LOPES, 2022). A aplicação de tecnologias de automação e IoT a essas construções agrega valor histórico à região e pode ser aplicada de forma a ser benéfica em aspectos culturais, sociais, econômicos e sustentáveis (OLIVEIRA et. al, 2017).

Quando iniciamos o trabalho, estávamos com a intenção de apenas estudar as dificuldades na implementação de IoT em prédios históricos e sugerir algumas soluções tecnológicas que se aplicassem ao cenário da região norte. No entanto, fomos capazes de aprender mais sobre o assunto e suas dificuldades, algo que potencializou nosso entendimento dos aspectos legais, arquitetônicos e tecnológicos relacionados ao assunto.

Tornou-se então necessária a pesquisa em fontes além do originalmente intencionado, que seriam somente artigos e revistas científicas, algo que trouxe novos pontos e abordagens sobre o tema e novas possibilidades de soluções, que fomos capazes de selecionar as que se apresentaram de melhor proveito em nossa temática.

A partir do estudo então realizado, pudemos inferir que para a automação e integração

de construções antigas e históricas à IoT, torna-se indubitavelmente necessária a adaptação da edificação, para que esta possa acolher a infraestrutura necessária às aplicações, e com isto surgem limitações relativas às normas e leis de proteção, que podem ser diferentes a depender do tipo de monumento histórico e de qual o órgão responsável pela proteção do patrimônio.

Em geral, as normas de proteção do patrimônio histórico não permitem obras que possam danificar as partes originais restantes da construção, tornando então as tecnologias de comunicação sem fio em aliados valiosos, por não necessitarem de muita instalação física, dando um foco maior na estruturação digital.

Quanto ao tipo de comunicação sem fio a ser utilizada, há diversos protocolos de comunicação presentes no mercado atual, oferecendo consumo energético, latência e larguras de banda diferentes. Para o estudo realizado, foi selecionada como forma de comunicação sem fio o wifi mesh para a interconexão de dispositivos, e o KNX para a transferência de dados de controle aos componentes que estariam instalados na edificação, como dispositivos de HVAC, ou sistemas de iluminação.

Em casos de integração com maior coleta e processamento de dados, surge a opção de se utilizar o processamento em nuvem, que oferece maior facilidade de aplicação, por haver variadas opções de empresas especializadas em fornecer o serviço, algo que no caso de estudo se mostra de grande valor, por reduzir as instalações de dispositivos que seriam necessárias em caso de utilização de processamento local de dados.

2.8.1 Perspectivas Futuras

O próximo passo a se seguir após a realização desse estudo seria a implementação dele em projetos na região norte, pois como foi dito ao decorrer do artigo, carece-se de material falando sobre, além de que ao conseguir implementar esse estudo na prática, possibilitaria-se a produção de mais material sobre o tema, além de proporcionar um meio de se alcançar melhorias no próprio.

Como os detalhes podem variar de acordo com o projeto, cada projeto seria um novo caso a ser feito um estudo, gerando possivelmente um artigo sobre. Embora tenha sido feito algo mais abrangente sobre o assunto, fazendo uma análise em geral, ainda pode-se fazer sobre áreas específicas, não apenas falando de uma junção de IoT a prédios históricos, mas falando apenas das tecnologias no mercado disponíveis e utilizadas em tal caso, explicando sobre como esta veio a melhorar com o passar do tempo.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRAM, Abdul; JANABI-SHARIFI, Farrokh. Theory and applications of HVAC control systems—A review of model predictive control (MPC). **Building and Environment**, v. 72, p. 343-355, 2014.

AUDEH, Malik. Metropolitan-scale Wi-Fi mesh networks. **Computer**, v. 37, n. 12, p. 119-121, 2004.

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Gabinete do Presidente. **Portaria nº 420, de 22 de dezembro de 2010**. Brasília, 2010.

Convenção para a protecção de património mundial, cultural e natural. 21 de novembro de 1972. Disponível em <<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Convenção1972.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2022.

COTTA, Carolina. A Paris dos Trópicos: conheça os requintados tesouros de Manaus. **Correio Braziliense**, Manaus, 22 de abr. de 2015. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/turismo/2015/04/22/interna_turismo,480293/a-paris-dos-tropiccos-conheca-os-requintados-tesouros-de-manaus.shtml>. Acesso em: 28 de abr. de 2022.

DE CASTRO, Juliana Martins; BARACHO, Renata Maria Abrantes. **O patrimônio cultural nas cidades inteligentes**. Em *Questão*, v. 26, n. 3, p. 298-236, 2020.

FERREIRA, Fábio Reis. APLICAÇÃO DO PROTOCOLO KONNEX (KNX) PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 1, 2018.

GUO, Wenqi; ZHOU, Mengchu. **An emerging technology for improved building automation control**. In: 2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. IEEE, 2009. p. 337-342.

HAN, Yan. Cloud computing: case studies and total cost of ownership. **Information technology and libraries**, v. 30, n. 4, p. 198-206, 2011.

HOPJAN, M. **Mesh Network Application**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9502829>>. Acesso em: 6 maio. 2022.

IoT: nova fronteira da automação predial. **Engenharia e Arquitetura**, São Paulo, 16 de ago. de 2021. Disponível em: <<https://www.engenhariaearquitectura.com.br/2021/08/iot-nova-fronteira-da-automacao-predial>>. Acesso em: 25 de mai. de 2022.

IPHAN. Bens Tombados. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

IPHAN. Monumentos e Espaços Públicos Tombados - Belém (PA). Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1217/>>. Acesso em: 28 maio. 2022.

KIM, Won. Cloud computing: Today and tomorrow. **J. Object Technol.**, v. 8, n. 1, p. 65-72, 2009.

LOPES, Fabricio. Prefeito visita prédios históricos do centro de Belém e anuncia medidas de revitalização.

Agência Belém, Belém, 15 de fev. de 2022. Disponível em: <<https://agenciabelem.com.br/Noticia/223552/prefeito-visita-predios-historicos-do-centro-de-belem-e-anuncia-medidas-de-revitalizacao>>. Acesso em: 03 de mai. de 2022.

MACAPUNA. Igreja da Sé - Catedral Metropolitana de Belém do Pará. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/macapuna/4509448542/in/album-72157622086095527/>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

MACAPUNA. Teatro da Paz. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/macapuna/9278499236/in/album-72157629204572219/>>. Acesso em: 29 maio. 2022.

OLIVEIRA, Rui AF et al. A system for the management of old building retrofit projects in historical centres: the case of Portugal. **International Journal of Strategic Property Management**, v. 21, n. 2, p. 199-211, 2017.

PERERA, Charith et al. Context aware computing for the internet of things: A survey. **IEEE communications surveys & tutorials**, v. 16, n. 1, p. 414-454, 2013.

Previsões da IDC Brasil para 2021 apontam que mercado de TIC crescerá 7%. **IDC**, 5 de fev. de 2021. Disponível em: <<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prLA47452221>>. Acesso em: 27 de mai. 2022.

PURWANTIASNING, Ari Widyati; BAHRI, Saeful. An Application Of Smart Building Concept For Historical Building Using Automatic Control System. Case Study: Fatahillah Museum. **International Journal Of Built Environment And Scientific Research**, v. 1, n. 2, p. 115-122, 2017.

RETROFIT ENGENHARIA. Entenda a diferença entre retrofit e restauro. Disponível em: <<http://retrofitengenharia.com.br/diferenca-entre-retrofit-restauro/>>. Acesso em: 03 de mai. de 2022.

RODRIGUES, F.; CARDEIRA, C.; CALADO, J. M. F. The Impact of Wireless Sensors in Buildings Automation. **Ibersensor: Lisbon, Portugal**, 2010.

RUANO, António et al. Wireless sensors and IoT platform for intelligent HVAC control. **Applied Sciences**, v. 8, n. 3, p. 370, 2018.

SARQUIS, B. **Arquitetura moderna e contemporânea em Belém: diálogo entre tempos**. Disponível em: <https://docomomobrasil.com/wp-content/uploads/2016/01/104_M17_RM-ArquiteturaModernaEContemporanea-ART_giovanni_sarquis.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2022.

SOUSA, Priscila. **A importância do patrimônio histórico como instrumento de preservação da memória**. UOL. Disponível em <<https://monografias.brasescola.uol.com.br/historia/a-importancia-patrimonio-historico-como-instrumento-preservacao.html>>. Acesso em 23 de mar. de 2022.

SUHANTO, S.; FAIZAH, F.; KUSTORI, K. Designing a building automation system with open protocol communication and intelligent electronic devices. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2019. p. 012006.

YANG, Jay; PENG, Hua. Decision support to the application of intelligent building technologies. **Renewable energy**, v. 22, n. 1-3, p. 67-77, 2001.