UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA E ENERGIA EM EDIFÍCIOS INTELIGENTES**

Relatório de Projeto de Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologias Web

**PAULINO JONAS**

Uma imagem com acessório, coroa, Acessório de moda, Joalharia

Descrição gerada automaticamente*Sob orientação do Professor Doutor Frederico Augusto dos Santos Branco e do Ana Cristina Briga de Sá*

Vila Real, 2023

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DE CONSUMOS DE ÁGUA E ENERGIA EM EDIFÍCIOS INTELIGENTES**

Relatório de Projeto de Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologias Web

**Paulino Jonas**

Orientador:

**Frederico Augusto dos Santos Branco**

Coorientadora:

**Ana Cristina Briga de Sá**

Composição do Júri:

Doutor XXXXXXXXXXXXXXX, Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da

*Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.*

Doutor HHHHHHHHHHHHHH, Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da

*Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.*

Presidência do Júri:

Doutor YYYYYYYYYYYYYYYY, Professor Auxiliar da Escola de Ciências e Tecnologia da

*Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.*

Vila Real, 2023

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus todo-poderoso, criador dos céus e da terra e de tudo o que nele habita, pela vida e saúde para continuar e chegar até ao final do curso.

Aos meus pais (Jonas Paulino e Madalena Paulo), que sempre confiaram em mim, oraram e pediram a Deus pela minha saúde, que de forma humilde acompanharam-me durante o percurso. Aos nossos familiares, colegas e amigos, que de forma direta ou indireta contribuíram para a minha formação.

Aos professores no geral e em particular, Professor Leonel Morgado e Professor Paulo Martins, agradeço pelos conhecimentos transmitidos, pelo carinho, por acreditarem e depositarem total confiança em mim.

Agradecemos ao orientador Professor Frederico Augusto dos Santos Branco e a coorientadora Professora Ana Cristina Briga de Sá, pelo incentivo, apoio acompanhamento e disponibilidade no desenvolvimento deste projeto.

# Artigos Publicados e Indexados

Jonas, P., Calado, M. P., & Ramos, A. A. (2019). An application to Generate, Correct and Grade Multiple-choice Tests. 2019 6th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI), Shanghai, China. DOI: 10.1109/ICSAI48974.2019.9010132. Link <https://ieeexplore.ieee.org/document/9010132/>

# Resumo

A monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes são práticas que se tornaram cada vez mais importantes e relevantes nas últimas décadas, devido à necessidade de se encontrar soluções sustentáveis para a gestão dos recursos naturais e para a redução dos custos operacionais dos edifícios.

Vamos utilizar tecnologias acessíveis e de menor custo, como sensores e medidores inteligentes, que permitem a coleta de dados em tempo real sobre o consumo de água e energia nos edifícios, bem como a implementação de medidas eficientes para a gestão desses recursos.

Dessa forma, é possível identificar padrões de consumo, detetar vazamentos e desperdícios, e implementar medidas de eficiência energética e hídrica, o que pode levar a uma redução significativa dos custos operacionais dos edifícios, bem como à redução do impacto ambiental dos mesmos.

A implementação de soluções de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes baseadas em tecnologias low cost pode levar a uma redução significativa dos custos operacionais dos edifícios, bem como à redução do impacto ambiental dos mesmos, tornando-se uma solução viável para edifícios com orçamentos limitados para investir nessa tecnologia.

**Palavras-chave:**

Monitorização; Internet das coisas, arquitetura de sistemas de informação, sensores, acesso remoto; Arduíno; IoT low-cost, microcontroladores, automação.

# Abstract

# Índice

[Agradecimentos v](#_Toc152011983)

[Artigos Publicados e Indexados vi](#_Toc152011984)

[Resumo vii](#_Toc152011985)

[Abstract ix](#_Toc152011986)

[Índice xi](#_Toc152011987)

[Índice de figuras xiii](#_Toc152011988)

[Índice de tabelas xv](#_Toc152011989)

[Glossário xvii](#_Toc152011990)

[Capítulo I 1](#_Toc152011991)

[1. Introdução 1](#_Toc152011992)

[1.1 Objetivos 2](#_Toc152011993)

[1.2 Questões de execução 2](#_Toc152011994)

[1.3 Enquadramento Teórico e Revisão da Literatura 5](#_Toc152011995)

[1.4 Estrutura do Relatório 9](#_Toc152011996)

[Capíulo II 12](#_Toc152011997)

[2. Metodologias 12](#_Toc152011998)

[2.1 Metodologias Ágeis 12](#_Toc152011999)

[Referências bibliográficas 13](#_Toc152012000)

# Índice de figuras

# Índice de tabelas

# Glossário

# Capítulo I

# Introdução

A gestão sustentável dos recursos naturais, como a água e a energia, é cada vez mais importante no contexto da construção civil, uma vez que os edifícios são responsáveis por uma parcela significativa do consumo desses recursos. Nesse contexto, a monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes surge como uma solução eficiente para a promoção da sustentabilidade ambiental e para a redução dos custos operacionais dos edifícios.

Os edifícios inteligentes são caracterizados pelo uso de tecnologias avançadas de automação, que permitem a coleta de dados em tempo real sobre o consumo de água e energia nos edifícios, bem como a implementação de medidas eficientes para a gestão desses recursos. A monitorização e gestão desses dados permitem a identificação de possíveis desperdícios e a implementação de medidas corretivas, levando à redução do consumo de água e energia e, consequentemente, à redução dos custos operacionais dos edifícios.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo discutir a importância da monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes, bem como apresentar soluções eficientes para a implementação desses sistemas, tais como a utilização de tecnologias de baixo custo. Serão discutidos os principais benefícios dessas soluções, bem como os desafios e limitações enfrentados na implementação desses sistemas.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um protótipo de um sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes, baseado em tecnologias de baixo custo baseada em IoT, softwares e hardwares. Para alcançar esse objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

* Realizar uma revisão bibliográfica sobre as tecnologias disponíveis para a implementação de sistemas de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes;
* Identificar as necessidades específicas de monitorização e gestão de consumos de água e energia de um edifício;
* Selecionar os componentes de hardware necessários para a implementação do protótipo do sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes de baixo custo;
* Desenvolver um sistema web para monitorização;
* Realizar a instalação dos componentes de hardware e software a desenvolver;
* Testar o protótipo do sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes, avaliando sua eficiência na coleta e análise de dados sobre o consumo de água e energia do edifício;
* Identificar possíveis limitações e propor melhorias no protótipo do sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes de baixo custo.

## 1.2 Questões de execução

*" Qual é a melhor forma de integrar um sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes, de forma a melhorar a eficiência energética e o uso sustentável da água, enquanto mantém o custo acessível para uma ampla gama de edifícios?”*

A integração de um sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes pode ser uma solução eficaz para melhorar a eficiência energética e o uso sustentável da água em edifícios. Seguem-se algumas sugestões de como proceder:

1. **Avaliação detalhada da situação atual do edifício.** Isso pode incluir a análise dos dados de consumo de energia e água dos últimos anos, a identificação de áreas de ineficiência e a determinação de metas realistas de redução de consumo.
2. **Escolha de sensores e equipamentos** de monitorização de energia e água que sejam acessíveis e fáceis de instalar. Além disso, o custo dos sensores e equipamentos deve ser razoável para permitir a implementação em uma ampla gama de edifícios.
3. **Implementar um sistema de gestão de energia e água.** Isso pode envolver a utilização de um software de gestão que permita monitorizar e controlar o consumo de energia e água em tempo real. O software deve ser fácil de usar e personalizável para as necessidades específicas de cada edifício.
4. **Fornecer feedback** regular sobre o consumo de energia e água. O feedback regular pode incentivar os utilizadores a adotarem comportamentos mais sustentáveis e a reduzirem o consumo de energia e água. O feedback pode ser fornecido em tempo real, através de um painel de visualização ou de um aplicativo híbrido.
5. **Incentivar a participação dos utilizadores.** É importante envolver os utilizadores do edifício na gestão de energia e água, de forma a aumentar a eficácia do sistema. Isso pode ser feito através de campanhas de sensibilização e de incentivos para a adoção de comportamentos mais sustentáveis.
6. **Monitoração e avaliação continuamente o sistema.** Para garantir que o sistema está funcionando corretamente e alcançando as metas de redução de consumo, é importante monitorizar e avaliar continuamente o desempenho do sistema. Isso pode incluir a análise dos dados de consumo de energia e água, a identificação de áreas de ineficiência e a determinação de ações corretivas para melhorar o desempenho do sistema.

**E as seguintes subquestões de execução:**

1. **Como o sistema pode ser projetado e implementado para melhorar a eficiência energética e o uso sustentável da água em edifícios inteligentes?**

* O sistema pode ser projetado para melhorar a eficiência energética e o uso sustentável da água em edifícios inteligentes através da integração de sensores inteligentes, tecnologias de IoT e algoritmos de análise de dados. Essas ferramentas permitem monitorar o consumo de energia e água em tempo real e ajustar automaticamente a iluminação, dispositivos de sombreamento/oclusão de vãos envidraçados, os dispositivos de aquecimento/arrefecimento do ambiente interior, tais como ar condicionado, dispositivos de aquecimento de águas quentes sanitárias (AQS), bem como outras funcionalidades que permitam reduzir o consumo de energia e água.

1. **Quais são as tecnologias de hardware e software disponíveis que podem ser usadas para monitorizar e gerir os consumos de água e energia em edifícios inteligentes?**

* Algumas tecnologias de hardware e software que podem ser usadas para monitorizar e gerir os consumos de água e energia em edifícios inteligentes incluem sensores de movimento, medidores de consumo de energia e água, redutores de caudal, sistemas de controle de iluminação e temperatura, sistemas de gestão de energia e plataformas de análise de dados.

1. **Como o sistema pode ser integrado com outros sistemas de automação e gestão de edifícios, como HVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), iluminação e segurança?**

* O sistema pode ser integrado com outros sistemas de automação e gestão de edifícios por meio de uma plataforma de gerenciamento de energia, que permite controlar e monitorizar todos os sistemas de edifícios em um só lugar. As tecnologias de IoT e os protocolos de comunicação padronizados também são úteis para integrar diferentes sistemas.

1. **Como os dados coletados pelo sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia podem ser analisados e utilizados para melhorar a eficiência energética e reduzir os custos operacionais do edifício?**

* Os dados coletados pelo sistema podem ser analisados e utilizados para melhorar a eficiência energética e reduzir os custos operacionais do edifício por meio de algoritmos de análise de dados que permitem identificar padrões de consumo de energia e água, fornecendo informações úteis para ajustar as configurações dos sistemas de edifícios e otimizar o consumo de energia e água.

1. **Como pode ser garantido que a implementação do sistema seja de baixo custo e acessível para uma ampla gama de edifícios inteligentes, incluindo aqueles com orçamentos limitados?**

* Para garantir que a implementação do sistema seja de baixo custo e acessível para uma ampla gama de edifícios inteligentes, incluindo aqueles com orçamentos limitados, é importante utilizar tecnologias de baixo custo, como sensores de movimento e medidores de consumo de energia e água acessíveis.

## 1.3 Enquadramento Teórico e Revisão da Literatura

O enquadramento teórico é a base conceitual que sustenta um estudo ou pesquisa. No caso do tema "Sistema integrado de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes", existem diversas teorias e conceitos que podem ser relevantes para um enquadramento teórico. Abaixo, seguem algumas possibilidades.

**Edifícios inteligentes:** O conceito de edifício inteligente se refere a um tipo de construção que utiliza tecnologias avançadas para melhorar a eficiência energética, a segurança e o conforto dos usuários. Essas tecnologias podem incluir sensores, sistemas de automação, dispositivos de controle de iluminação e ar condicionado, entre outros. É importante entender os conceitos e características dos edifícios inteligentes para contextualizar o papel do sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia. **Costa, A., & Ferreira, J. P. (2019).**

**Eficiência energética:** A eficiência energética é um conceito fundamental para a gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes. Refere-se à utilização inteligente e consciente dos recursos energéticos, buscando reduzir o consumo e maximizar a economia de energia. Para entender como o sistema de monitorização e gestão pode contribuir para a eficiência energética, é importante conhecer as técnicas e estratégias utilizadas nessa área. **Gouveia, J. P., Fortunato, E., & Martins, R. C. (2020).**

**Medidores Eletrônicos:** o próximo avanço nos medidores de energia elétrica foi a substituição total das partes mecânicas do medidor eletromecânico por componentes eletrônicos. Hoje, os medidores eletrônicos atendem todos os segmentos de mercado, oferecendo principalmente maior funcionalidade, confiança e precisão nas medidas. Através do uso de transdutores, amostras analógicas dos sinais de tensão e corrente são obtidas e posteriormente convertidas na forma digital. A partir destes valores digitais, o processamento, baseado em microprocessador com memória não volátil, realiza os cálculos de uma variedade de parâmetros elétricos. **Harvey, D. (1998).**

**Monitorização e gestão de consumos:** O sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia se baseia na coleta e análise de dados sobre o consumo desses recursos no edifício, com o objetivo de identificar oportunidades de economia e reduzir desperdícios. É importante compreender as técnicas e tecnologias utilizadas para monitorar e gerenciar esses consumos, bem como os benefícios e desafios da implementação do sistema. **Gómez-Aleixandre, J., Pardo, N., & Llera-Sastresa, E. (2019).**

**Tecnologias para edifícios inteligentes:** Existem diversas tecnologias que podem ser utilizadas em edifícios inteligentes, como sensores de movimento, medidores de consumo, sistemas de automação, entre outras. É importante conhecer as características dessas tecnologias e como elas podem ser integradas no sistema de monitorização e gestão de consumos de água e energia. **Li, H., Li, R., Li, G., Gao, X., & Li, Y. (2018).**

**Baixo custo e acessibilidade:** Um dos objetivos do projeto é desenvolver um sistema de baixo custo e acessível para uma ampla gama de edifícios inteligentes, incluindo aqueles com orçamentos limitados. É importante entender as estratégias e tecnologias utilizadas para garantir que o sistema seja acessível e sustentável em termos de custos. **Castelo, S. R., Aragonés-Beltrán, P., & Pastor-Ferrando, J. P. (2019).**

**Alguns exemplos de softwares de monitorização e gestão de energia e água em edifícios:**

**EnergyCAP:** É um software de gestão de energia que permite monitorizar, analisar e otimizar o consumo de energia em edifícios. Oferece ferramentas para faturação, rastreamento de despesas, relatórios personalizados e identificação de oportunidades de economia de energia.

**Schneider Electric EcoStruxure:** Este software oferece soluções integradas para a gestão de energia e água em edifícios. Ele permite monitorizar e controlar o consumo de energia e água, bem como otimizar a eficiência operacional e identificar áreas de melhoria.

**Siemens Desigo CC:** É uma plataforma de gestão de edifícios que abrange vários sistemas, incluindo gestão de energia e água. Permite a monitorização em tempo real, análise de dados, implementação de estratégias de eficiência energética e gestão de alarmes.

**Honeywell Enterprise Buildings Integrator (EBI):** Esta plataforma oferece uma solução abrangente para a gestão de edifícios, incluindo monitorização e gestão de energia e água. Oferece ferramentas avançadas de análise de dados, relatórios personalizados e integração com outros sistemas de automação predial.

**Cylon Energy Incisus:** É um software de gestão de energia que permite monitorizar e controlar o consumo de energia em edifícios. Oferece recursos como monitorização em tempo real, análise de dados, previsão de consumo e identificação de oportunidades de economia.

**BuildingOS da Lucid:** É uma plataforma de gestão de energia baseada em nuvem que permite monitorizar e controlar o consumo de energia em tempo real. Oferece análise de dados avançada, relatórios personalizados, integração com dispositivos de monitorização e gestão de energia e acesso remoto.

**Limitações:**

**EnergyCAP:**

* **Limitação de precisão dos dados:** A precisão dos dados coletados depende da qualidade dos dispositivos de monitorização instalados.
* **Configuração inicial complexa:** A configuração inicial do software pode ser complexa e exigir conhecimentos especializados para garantir uma correta integração com os sistemas existentes.

**Schneider Electric EcoStruxure:**

* **Complexidade da integração**: A integração do software com outros sistemas existentes pode ser desafiadora devido à diversidade de sistemas e protocolos utilizados em edifícios.
* **Necessidade de dispositivos de monitorização compatíveis:** O uso efetivo do software requer a instalação de dispositivos de monitorização compatíveis para coletar dados precisos.

**Siemens Desigo CC:**

* **Complexidade de configuração:** A configuração inicial do sistema pode ser complexa e requerer conhecimentos técnicos especializados para garantir uma configuração adequada e funcionalidade correta.
* **Custo de implementação:** A implementação do sistema pode ser cara devido aos custos de hardware, software e configuração.

**Honeywell Enterprise Buildings Integrator (EBI):**

* **Requisitos de manutenção contínua:** O software requer manutenção e suporte contínuos para garantir o bom funcionamento do sistema.
* **Dependência de integração com outros sistemas:** A integração com outros sistemas de automação predial pode ser um desafio, e problemas de compatibilidade podem surgir.

**Cylon Energy Incisus:**

* **Dependência de dispositivos de monitorização:** A precisão dos dados coletados depende da qualidade e do funcionamento adequado dos dispositivos de monitorização instalados.
* **Exigência de configuração e personalização:** A configuração e personalização do sistema para atender às necessidades específicas de um edifício podem ser complexas e exigir suporte técnico especializado.

**BuildingOS da Lucid:**

* **Limitações de interoperabilidade:** A integração com outros sistemas e dispositivos pode ser limitada devido a restrições de interoperabilidade.
* **Requisitos de manutenção e suporte:** A manutenção contínua e o suporte técnico podem ser necessários para garantir o bom funcionamento do software.

**O que terá de novo no sistema em desenvolvimento?**

Interoperabilidade, equipamentos de alta qualidade e de baixo custo, fácil implementação e desenvolvimento híbrido.

## 1.4 Estrutura do Relatório

# Capíulo II

# Metodologias

Sendo este um trabalho de carácter científico, a metodologia científica aplicada é a orientada à engenharia. Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica dos conceitos envolvidos sobre edifícios inteligentes, sendo estudado também o processo de desenvolvimento de ferramentas informáticas.

No desenvolvimento do processo de investigação usou-se a análise e síntese para recompilar as informações obtidas no método empírico e chegar às conclusões.

Relativamente à metodologia de desenvolvimento, será abordada a metodologia SCRUM para a concepção, modelação e construção do sistema, baseada no desenvolvimento iterativo e incremental.

## 2.1 Metodologias Ágeis

# Referências bibliográficas

1. Costa, A., & Ferreira, J. P. (2019). Smart building solutions for the future. Energies, 12(11), 2056.
2. Gómez-Aleixandre, J., Pardo, N., & Llera-Sastresa, E. (2019). Smart metering and monitoring systems for energy efficient buildings: A review. Energy and Buildings, 191, 197-214.
3. Castelo, S. R., Aragonés-Beltrán, P., & Pastor-Ferrando, J. P. (2019). Low-cost technologies for smart buildings: A review of the literature. Sustainability, 11(23), 6844.
4. Gouveia, J. P., Fortunato, E., & Martins, R. C. (2020). A review on energy efficiency for building envelopes: Technologies and materials. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 117, 109488.
5. Li, H., Li, R., Li, G., Gao, X., & Li, Y. (2018). A review of internet of things (IoT) embedded sensors for building energy efficiency. Energy and Buildings, 173, 242-25