

Universidade Aberta

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

## Plano de Projeto em Engenharia Informática e Tecnologia Web

de acordo com o disposto em:

Regulamento do curso de mestrado (2.º ciclo) em Engenharia Informática e Tecnologia Web, conjunto  
UAb/UTAD

DR, 2.ª série – N.º 49 – Aviso n.º 4516/2021 de 11 de março de 2021,

Regulamento Geral dos Ciclos de Estudo Conducentes ao Grau de Mestre, da UTAD,

DR, 2.ª série – N.º 133 – Regulamento n.º 658/2016 de 13 de julho de 2016

Regulamento Geral da Oferta Educativa da Universidade Aberta, Despacho N.º 51/R/2021, de 23 de junho de 2021

**Candidato(a) – Nome**

**Número**

Paulino Jonas

utad80176

**Título do trabalho**

Sistema integrado de monitorização e gestão de consumos de água e energia em edifícios inteligentes

**Nome(s) do(s) Orientador(es)**

Professor Frederico Augusto dos Santos Branco

Professora Ana Cristina Briga de Sá

**Área disciplinar do trabalho**

Engenharia Informática

**Língua em que será elaborado o trabalho**

Português

# Índice

<u>RESUMO</u>	3
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	4
<u>2. OBJETIVO E TAREFAS</u>	6
<u>2.1 OBJETIVO</u>	6
<u>2.2 QUESTÕES DE EXECUÇÃO</u>	7
<u>3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA</u>	8
<u>4. METODOLOGIA</u>	15
<u>5. CRONOGRAMA</u>	16
<u>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	17
<u>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	18

## 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.

## **1. 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.

## 2. Objetivo e Tarefas

### 2.1 Objetivo

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.

### 2.2 Questões de Execução

As questões de execução referem-se aos detalhes práticos e operacionais que devem ser considerados ao implementar um plano de trabalho ou projeto. Essas questões podem incluir a definição de metas e objetivos específicos, a alocação de recursos necessários, o estabelecimento de prazos e a definição de responsabilidades e tarefas para as pessoas envolvidas no projeto. As questões de execução também podem incluir considerações logísticas, como a seleção de tecnologias adequadas, a identificação de possíveis obstáculos e a definição de medidas para garantir que o projeto seja concluído dentro do prazo e dentro do orçamento estabelecido.

*" 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.
2. **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.

**3. 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.

**4. 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.

**5. 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.

### **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:**



1. **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. (<https://www.energycap.com/>)
2. **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.
3. (<https://www.se.com/pt/pt/work/campaign/innovation/platform.jsp>)
4. **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.
5. (<https://www.siemens.com/pt/pt/empresa/sobrenos/negocio/building-technologies/tecnologias-para-edificios/desigo-cc.html>)
6. **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. (<https://buildings.honeywell.com/us/en/solutions/integrated-operations/ebi>)
7. **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. (<https://new.abb.com/low-voltage/products/building-automation/product-range/abb-cylon>)
8. **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. (<https://atrius.com/welcome-buildings/>)

#### **Limitações:**

1. **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.

2. **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.

3. **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.

4. **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.

5. **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.

6. **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?**

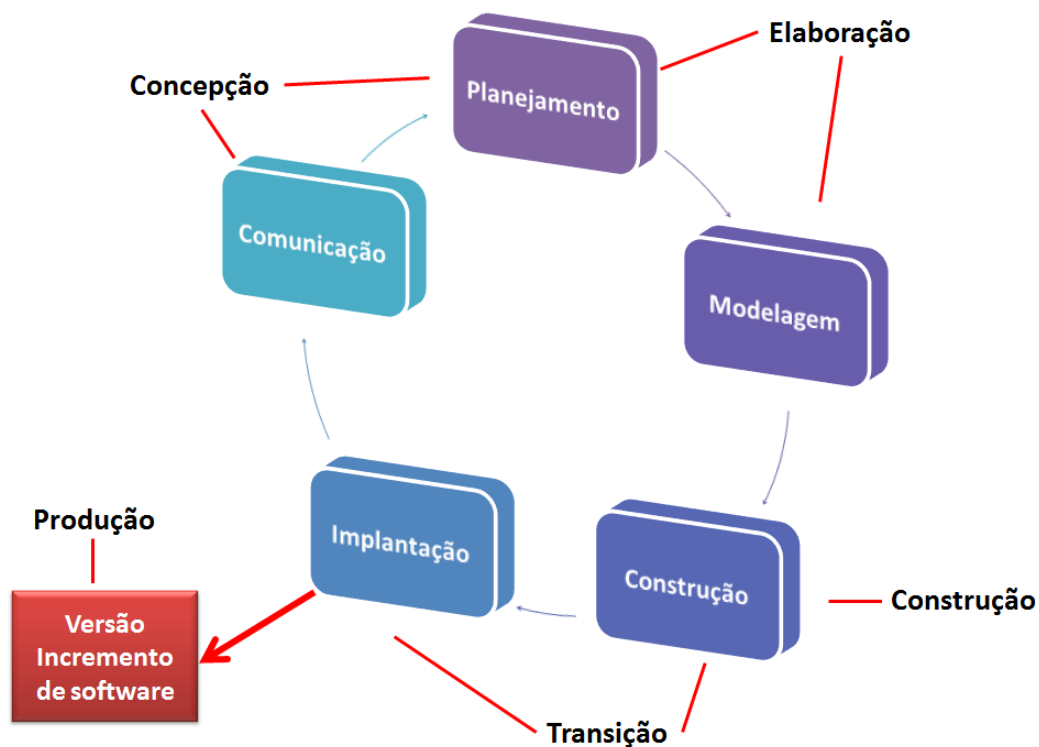
**R:** Interoperabilidade, equipamentos de alta qualidade e de baixo custo, fácil implementação e desenvolvimento híbrido.

## 4. Metodologia

Ao desenvolver um projeto, é fundamental escolher uma metodologia adequada que possa garantir um bom resultado. Para o projeto de Sistema Integrado de Monitorização e Gestão de Consumos de Água e Energia em Edifícios Inteligentes, foi escolhido o RUP (Processo Unificado Racional) como metodologia de desenvolvimento. O RUP é uma metodologia ágil que utiliza uma abordagem iterativa e incremental para o desenvolvimento de software. Ele concentra-se em quatro fases principais, incluindo concepção, elaboração, construção e transição.

Ao utilizar o RUP neste projeto, será possível trabalhar de forma mais eficiente e produtiva. As fases do processo permitem que as atividades sejam realizadas de forma organizada e iterativa, o que ajuda a garantir que o projeto esteja em constante evolução e adaptação. Além disso, o RUP é flexível e pode ser facilmente adaptado às necessidades específicas do projeto.

Para o Sistema Integrado de Monitorização e Gestão de Consumos de Água e Energia em Edifícios Inteligentes, o RUP é uma escolha ideal. Ele permitirá que a equipa de desenvolvimento trabalhe de forma eficiente e coordenada, garantindo que o projeto seja entregue dentro do prazo e com a qualidade desejada. O resultado será um sistema integrado de monitorização e gestão de consumos de água e energia que atenda às necessidades específicas do cliente.



## 5. Cronograma

Para concepção do protótipo e do sistema, prevê a divisão do trabalho em 4 fases:

**1. Levantamento do estado da arte em sistemas de monitorização remota em edifícios inteligentes.**

**2. Concepção:**

- Identificar os objetivos e requisitos do projeto;
- Estabelecer a visão do produto e o escopo do projeto;
- Identificar riscos e restrições do projeto;
- Definir o modelo de negócio e as necessidades dos utilizadores;
- Elaborar um plano preliminar do projeto.

**3. Elaboração:**

- Refinar os requisitos do sistema e definir as principais funcionalidades;
- Criar o modelo arquitetural do sistema;
- Realizar testes de viabilidade para garantir a eficiência do projeto;
- Elaborar um plano detalhado do projeto;
- Identificar os riscos e restrições do projeto e elaborar um plano de mitigação.

**4. Construção:**

- Criar os componentes do sistema de acordo com a arquitetura definida;
- Realizar integração contínua para garantir a correta funcionalidade do sistema;
- Realizar testes unitários para cada componente do sistema;
- Refinar o plano do projeto e ajustar as atividades, se necessário;
- Preparar para a entrega do sistema aos utilizadores finais.

**5. Transição:**

- Entregar o sistema aos utilizadores finais para testes e validação;
- Realizar a documentação do sistema;
- Realizar testes de aceitação para garantir que o sistema está a funcionar corretamente e a atender às expectativas dos utilizadores;
- Realizar a implementação do sistema;
- Fornecer suporte contínuo aos utilizadores e realizar manutenção do sistema.

**6. Escrita do relatório do projeto final**

A tabela abaixo mostra o cronograma para realização do projeto:

	MESES	2023				2024						
		SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
FASES E ATIVIDADES	1. Levantamento do estado da arte em sistemas de monitorização remota em edifícios inteligentes.											
	2. Conceção:											
	· Identificar os objetivos e requisitos do projeto;											
	· Estabelecer a visão do produto e o escopo do projeto;											
	· Identificar riscos e restrições do projeto;											
	· Definir o modelo de negócio e as necessidades dos utilizadores;											
	· Elaborar um plano preliminar do projeto.											
	3. Elaboração:											
	· Refinar os requisitos do sistema e definir as principais funcionalidades;											
	· Criar o modelo arquitetural do sistema;											
	· Realizar testes de viabilidade para garantir a eficiência do projeto;											
	· Elaborar um plano detalhado do projeto;											
	· Identificar os riscos e restrições do projeto e elaborar um plano de mitigação.											
	4. Construção:											
	· Criar os componentes do sistema de acordo com a arquitetura definida;											
	· Realizar integração contínua para garantir a correta funcionalidade do sistema;											
	· Realizar testes unitários para cada componente do sistema;											
	· Refinar o plano do projeto e ajustar as atividades, se necessário;											
	· Preparar para a entrega do sistema aos utilizadores finais.											
	5. Transição:											
	· Entregar o sistema aos utilizadores finais para testes e validação;											
	· Realizar a documentação do sistema;											
	· Realizar testes de aceitação para garantir que o sistema está a funcionar corretamente e a atender às expectativas dos utilizadores;											
	· Realizar a implementação do sistema;											
	· Fornecer suporte contínuo aos utilizadores e realizar manutenção do sistema.											
	6. Escrita do relatório do projeto final											

## **6. Considerações Finais**

Neste projeto propõe-se desenvolver e implementar um protótipo do sistema integrado de monitorização e gestão de consumos de água e energia, que permite a recolha, armazenamento e análise de dados em tempo real sobre o consumo de energia e água em um edifício inteligente. O sistema utilizará tecnologias de baixo custo de automação, como sensores e atuadores, e inteligência artificial para otimizar o consumo de energia e água, identificar anomalias e falhas, e enviar alertas para os utilizadores.

Pretendemos que os resultados obtidos com a implementação do sistema mostrem uma redução significativa no consumo de energia e água em um edifício inteligente, o que se traduz em uma economia financeira considerável para os proprietários e utilizadores do edifício, bem como numa redução significativa das emissões de gases de efeito estufa.

Em conclusão, o projeto representa uma contribuição significativa para a busca de soluções sustentáveis e eficientes na gestão de recursos em edifícios inteligentes. A implementação deste sistema pode resultar numa redução significativa nos custos e no consumo de energia e água, bem como na promoção da sustentabilidade ambiental e económica em edifícios inteligentes.

## **7. Referências Bibliográficas**

Costa, A., & Ferreira, J. P. (2019). Smart building solutions for the future. *Energies*, 12(11), 2056.

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.

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.

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.

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



Vila Real, 27 de julho de 2023

**Orientador(a)**

---

**Coorientador(a)**

---

**Aluno(a)**

---