



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

Dashboard para Monitorização em Tempo Real da Produção e Consumo de Energia no Campus

DEISI2118

Relatório Intercalar 1º Semestre

Francisco Vinagre
Martijn Kuipers
Lúcio Studer

Trabalho Final de Curso | LEI | 1/12/2024

www.ulusofona.pt

Direitos de cópia

(Energy Dashboard), Copyright de (Francisco Vinagre), Universidade Lusófona.

A Escola de Comunicação, Arquitectura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona (UL) têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Este documento foi gerado com o processador (pdf/Xe/Lua)LaTeX e o modelo ULThesis (v1.0.0) [Mat24].

Resumo

Este Trabalho Final de Curso tem como objetivo desenvolver um dashboard informativo e atrativo para sensibilizar o campus sobre a eficiência energética. O dashboard apresentará a produção de energia dos painéis fotovoltaicos, os benefícios associados e o consumo energético do campus, proporcionando uma visão clara e prática do estado energético da instituição, bem como indicadores de desempenho.

Abstract

This Final Year Project aims to develop an informative and engaging dashboard to raise awareness among the campus about energy efficiency. The dashboard will showcase the energy production from photovoltaic panels, its associated benefits, and the campus's energy consumption, providing a clear and practical overview of the institution's energy status, as well as performance indicators.

Índice

Resumo	2
Abstract	3
Índice	4
Lista de Figuras	6
Lista de Tabelas	7
1 - Introdução	8
1.1 Enquadramento	8
1.1.1 Painél Fotovoltaico	8
1.2 Motivação	9
1.2.1 UI GreenMetric	10
1.3 Objetivos	10
1.4 Estrutura do Documento	11
2 - Pertinência e Viabilidade	12
2.1 Pertinência	12
2.2 Viabilidade	13
2.3 Análise Comparativa com Soluções Existentes	13
2.3.1 Soluções Existentes	13
2.3.2 Análise de Benchmarking	16
2.4 Proposta de inovação e mais-valias	17
2.5 Identificação de oportunidade de negócio	17
3 - Método e Planeamento	19

3.1	Reuniao com Entidades Associadas ao TFC	20
4	- Especificação e Modelação	22
4.1	Análise de Requisitos	22
4.1.1	Requisitos Funcionais	22
4.1.2	Requisitos Não-Funcionais	23
4.1.3	Casos de Uso	24
5	- Solução Proposta	26
5.1	Introdução	26
5.1.1	Desenvolvimento do Dashboard e Solução Adicional	26
5.2	Arquitetura	26
5.3	Tecnologias	27
5.3.1	Time Series	27
5.3.2	InfluxDB	28
5.3.3	Grafana	29
5.4	Conclusão	30
	Bibliografia	31
	Glossário	32

Lista de Figuras

1	Representação de um Sistema Fotovoltaico [Ene24]	9
2	Ranking Nacional da UI GreenMetric	10
3	Emissões de CO ₂ por tipo de energia [Ass24]	13
4	Gráficos de Produção de Energia da iSolarCloud [Iso23]	14
5	Redução de Emissão de CO ₂ da iSolarCloud [Iso23]	14
6	Visualização de gestão de energia e receita na plataforma FusionSolar [Fus23]	15
7	Redução de Emissão de CO ₂ da FusionSolar [Fus23]	15
8	Visualização de gestão de energia e receita na plataforma Sunny Portal [Tec24]	16
9	Diagrama Gantt com a Lista de Tarefas e Entregáveis	21
10	Diagrama de Casos de Uso	25
11	Mapa Aplicacional do Dashboard	27
12	Exemplos de Time Series [Lab24a]	28
13	Gráfico de Demanda de Energia (Consultado de InfluxDB e Exibido no Grafana) [Lab24b]	30

Lista de Tabelas

1	Resumo comparativo das funcionalidades das plataformas de monitoramento de energia solar.	16
2	Análise comparativa de funcionalidades entre plataformas existentes e o novo dashboard.	17
3	Requisitos Funcionais para o Dashboard	23
4	Requisitos Não-Funcionais para o Dashboard	24

1 - Introdução

1.1 Enquadramento

A eficiência energética e a utilização de fontes de energia renováveis têm ganho importância nas estratégias globais de sustentabilidade e inovação tecnológica. As instituições de ensino superior, como universidades, desempenham um papel vital nesta transição, não apenas pelo impacto direto do seu consumo energético, mas também pelo seu papel educativo e exemplificador.

Entre as soluções mais relevantes, destaca-se o uso de painéis fotovoltaicos para a produção de energia. A integração de tecnologias que captam e convertem a energia solar em eletricidade representa uma abordagem eficaz para reduzir a dependência de fontes fósseis e diminuir a pegada de carbono.

É essencial compreender a estrutura de aquisição e gestão de dados energéticos. A informação referente ao consumo e produção de energia é coletada através de dataloggers estrategicamente posicionados. Os dataloggers registam dados em tempo real ou em intervalos predefinidos, assegurando a captura precisa de métricas fundamentais para a análise energética.

A etapa seguinte à aquisição é a transferência desses dados para uma base de dados. Este sistema de armazenamento de dados possibilita a integração fluida com o dashboard, garantindo que os utilizadores acedam a uma visualização atualizada e detalhada da performance energética do campus.

A escolha de uma base de dados robusta é crítica para manter a integridade dos dados e assegurar que o sistema suporta uma interface responsiva e intuitiva.

1.1.1 Painél Fotovoltaico

Os painéis fotovoltaicos geram eletricidade a partir da radiação solar graças às células fotovoltaicas. Quando expostas ao sol, estas células permitem que os fótons (energia luminosa) movimentem os eletrões (energia elétrica), gerando corrente contínua.

Com o auxílio de um inversor, a corrente contínua é transformada em corrente alternada, que é o tipo de corrente amplamente utilizado em residências [Ibe23].

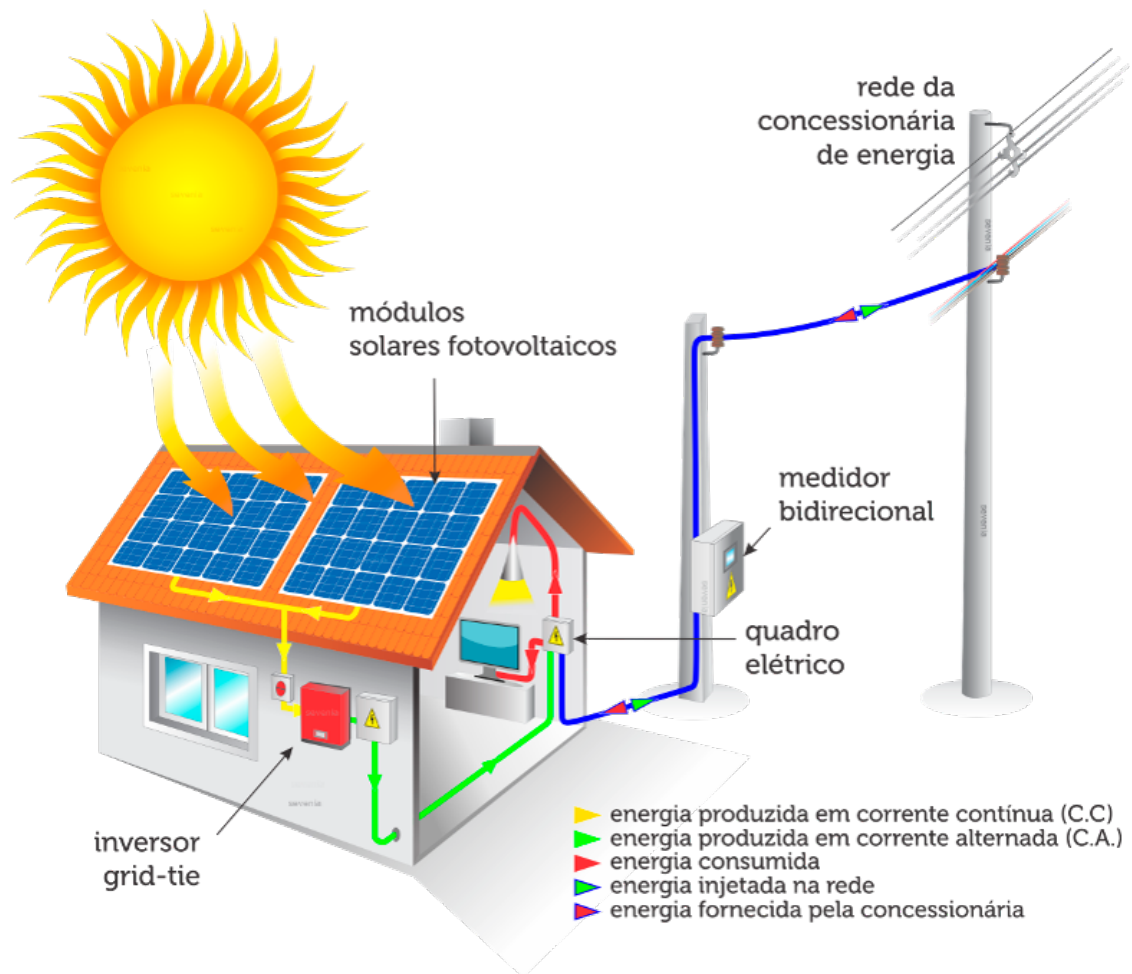


Figura 1: Representação de um Sistema Fotovoltaico [Ene24]

1.2 Motivação

A motivação para este projeto nasce da crescente necessidade de enfrentar os desafios impostos pelas alterações climáticas e promover práticas de sustentabilidade nas instituições de ensino superior. A urgência em reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar o impacto ambiental exige que as universidades implementem soluções que vão além da produção de energia renovável, focando também na consciencialização e envolvimento da sua comunidade.

Embora muitas universidades já contem com infraestruturas para a produção de energia através de fontes renováveis, como painéis fotovoltaicos, a comunicação dos dados relacionados à geração e ao consumo energético é muitas vezes técnica e pouco acessível. Esta abordagem limita a compreensão do impacto positivo que essas práticas têm na redução das emissões de carbono e no combate às alterações climáticas.

1.2.1 UI GreenMetric

Também é importante referir neste ponto a UI GreenMetric, que é um ranking de campus verde e sustentabilidade ambiental iniciado por universidades na Indonésia em 2010.

Por meio de 39 indicadores em 6 critérios, o UI GreenMetric World University Rankings determina cuidadosamente as classificações com base no compromisso e nas iniciativas ambientais das universidades.

De momento a Universidade Lusófona está em 7º lugar nacional como demonstrado na Figura 2.

Rank	University	Total Score	SI Score	EC Score	WS Score	WR Score	TR Score	ED Score
105	Universidade do Minho Portugal, Europe	8325	1175	1475	1800	900	1300	1675
163	Universidade de Aveiro Portugal, Europe	8025	1050	1500	1800	800	1225	1650
219	Instituto Politecnico De Viana Do Castelo Portugal, Europe	7675	1150	1800	1050	850	1400	1425
288	NOVA University Lisbon Portugal, Europe	7335	1125	1525	1350	650	1185	1500
505	Iscte - Instituto Universitário de Lisboa Portugal, Europe	6360	600	1285	1425	400	1300	1350
553	Politécnico de Lisboa Portugal, Europe	6210	550	1235	1575	500	1175	1175
620	Institute Polytechnic Of Porto Portugal, Europe	5920	660	1160	1575	500	850	1175
858	Universidade Lusofona Portugal, Europe	4595	350	925	1050	260	610	1400

Figura 2: Ranking Nacional da UI GreenMetric

1.3 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um dashboard intuitivo e informativo que permita monitorizar e visualizar, de forma clara e acessível, a produção de energia dos painéis fotovoltaicos e o consumo energético do campus universitário. A partir desse objetivo central, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

1. **Desenvolver uma ferramenta de monitorização de energia:** Criar um dashboard que apresente dados sobre a produção de energia e o consumo energético do campus, com atualização em intervalos de tempo a estabelecer
2. **Facilitar a compreensão dos dados:** Garantir que o dashboard seja intuitivo, com uma interface amigável, que permita aos utilizadores interpretar facilmente as informações sobre a produção de energia e o consumo, mesmo sem conhecimentos técnicos
3. **Mostrar os benefícios ambientais da produção de energia fotovoltaica:** Exibir de forma visível e clara os benefícios ambientais da produção de energia renovável,

como a redução das emissões de CO₂, contribuindo para a sensibilização sobre o impacto positivo das energias renováveis na luta contra as alterações climáticas

4. **Uma ferramenta para promover a eficiência energética no campus:** Apresentar indicadores de desempenho que possibilitem aos utilizadores monitorizar o consumo de energia e identificar oportunidades para otimizar o uso de energia no campus, incentivando a adotar comportamentos mais responsáveis e sustentáveis

Com esses objetivos, este trabalho busca não apenas criar uma solução tecnológica, mas também contribuir para a formação de uma cultura mais consciente e sustentável no campus universitário.

1.4 Estrutura do Documento

Este documento está estruturado de forma a apresentar de maneira clara e sequencial as fases do desenvolvimento deste trabalho, desde o contexto inicial até a entrega da solução final.

- Secção 1: Enquadramento, Identificação do Problema e Objetivos do Trabalho
- Secção 2: Pertinência e Viabilidade da Solução Proposta
- Secção 3: Método e planeamento
- Secção 4: Especificação e Modelação do Trabalho
- Secção 5: Solução Proposta.

2 - Pertinência e Viabilidade

2.1 Pertinência

A adoção de painéis fotovoltaicos como fonte de energia renovável tem se mostrado uma solução altamente vantajosa, especificamente em contextos como o das instituições de ensino superior, onde o consumo energético é significativo e a busca por soluções sustentáveis é cada vez mais urgente. O uso de energia solar apresenta uma série de vantagens que tornam a sua implementação uma escolha não apenas vantajosa do ponto de vista ambiental, mas também económico e estratégico.

Os painéis fotovoltaicos são uma das tecnologias mais sustentáveis disponíveis atualmente, oferecendo uma série de benefícios ambientais e sociais. A sua produção e operação têm um impacto ambiental relativamente baixo, especialmente quando comparados com outras formas de produção de energia. Embora a produção dos próprios painéis envolva a extração de materiais e processos industriais que geram alguma pegada de carbono, a quantidade de energia solar produzida ao longo de sua vida útil compensa amplamente os impactos iniciais.

Além disso, a energia solar é uma fonte inesgotável e renovável, o que significa que sua utilização não resulta no esgotamento de recursos naturais, ao contrário dos combustíveis fósseis. Em termos de sustentabilidade a longo prazo, isso torna os painéis fotovoltaicos uma das melhores opções para qualquer instituição comprometida com a preservação ambiental e com a redução do impacto ecológico de suas operações.

Recentemente, numa reunião com a equipa da faculdade, foi destacado o impacto positivo deste projeto, o que fortaleceu a percepção da sua relevância e importância para a instituição. A implementação de soluções como esta pode posicionar a faculdade como uma referência no uso de energias renováveis e sustentabilidade.

Na figura 3 são apresentadas as emissões de CO₂ produzidas pelos diferentes tipos de energia, onde se verifica que a energia solar (painéis fotovoltaicos) é baixa. Estes valores podem variar dependendo da eficiência da tecnologia usada.

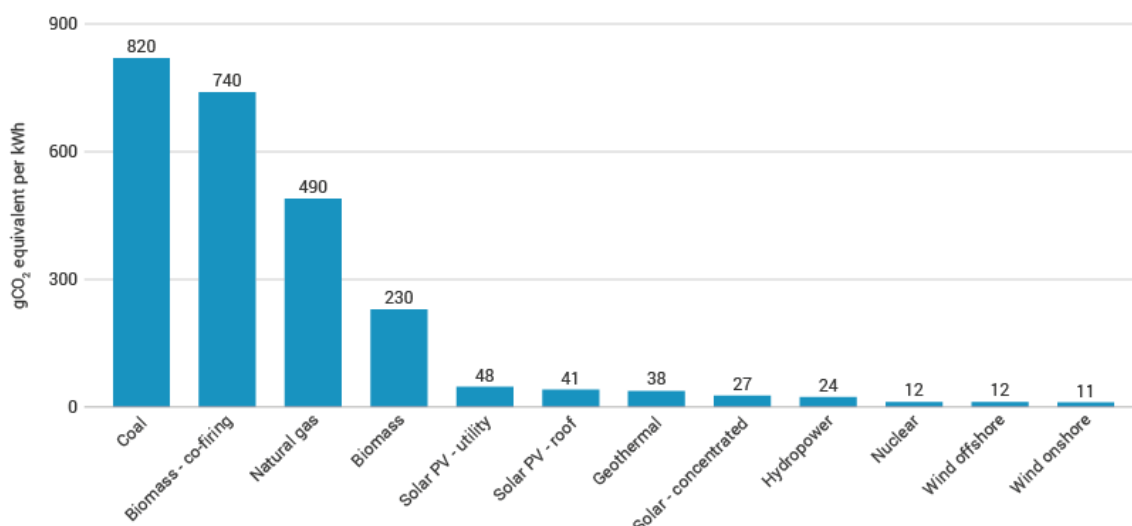


Figura 3: Emissões de CO₂ por tipo de energia [Ass24]

2.2 Viabilidade

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, criada pela ONU [Inf24a] e adotada por todos os Estados-Membros das Nações Unidas em 2015, define as prioridades e aspirações do desenvolvimento sustentável global para 2030 e procura mobilizar esforços globais à volta de um conjunto de objetivos e metas comuns.

São 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que representam um apelo urgente à ação de todos os países – desenvolvidos e em desenvolvimento – para uma parceria global.

O ODS 7 [Por24] visa a garantir o acesso universal à energia renovável e acessível para todos. Aumentar a participação das energias renováveis no mix global de energia. Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e tecnologia de energia limpa. Expandir a infraestrutura e atualizar a tecnologia para fornecer serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento.

Este compromisso global com a sustentabilidade e o uso de energias renováveis é reforçado pelo relatório [ESM24] que apresenta dados atualizados sobre os progressos no cumprimento das metas do ODS 7. Este relatório fornece uma visão clara sobre o avanço das energias renováveis e acessíveis ao redor do mundo.

2.3 Análise Comparativa com Soluções Existentes

2.3.1 Soluções Existentes

Existem diversas soluções disponíveis para a monitorização e gestão de sistemas de energia solar fotovoltaica. Entre elas, destacam-se algumas plataformas amplamente utilizadas, como a iSolarCloud da Sungrow, a FusionSolar da Huawei e a Sunny Portal

da SMA, devido à sua popularidade e funcionalidades específicas.

2.3.1.1 iSolarCloud

A iSolarCloud da Sungrow, apresenta a produção de energia, consumo de energia e receita gerada como demonstrado na figura 4.

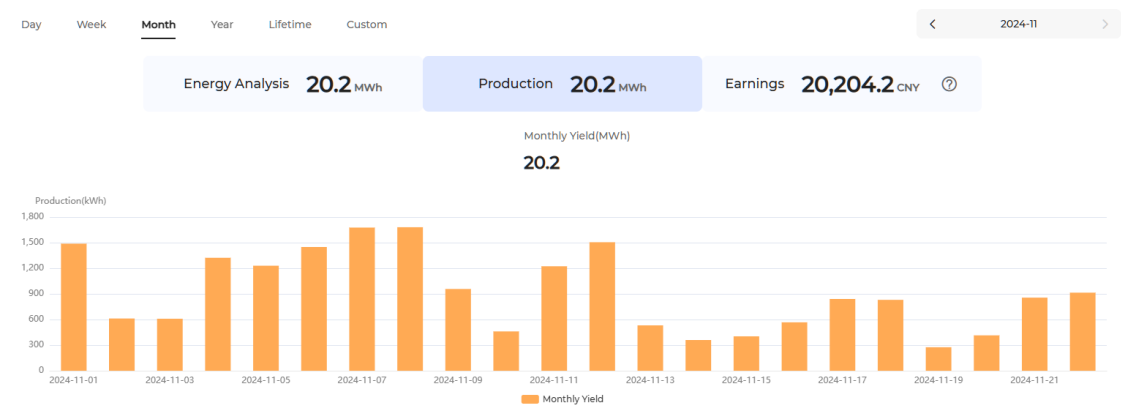


Figura 4: Gráficos de Produção de Energia da iSolarCloud [Iso23]

A iSolarCloud apresenta um design funcional, mas com uma escolha limitada de cores para a identificação de informações importantes, como produção, consumo e receita. A utilização de uma paleta de cores reduzida, sem variações significativas para destacar esses elementos, resulta numa interface visualmente monótona. Essa abordagem pode dificultar a interpretação imediata dos dados pelos utilizadores, especialmente em cenários onde uma distinção rápida entre os diferentes indicadores é necessária.

Por outro lado, na secção dedicada à redução de emissões de CO₂, o design mostra maior criatividade, utilizando ícones coloridos, como árvores para representar o equivalente de árvores plantadas e um carrinho para simbolizar as toneladas de carvão economizadas. Esta abordagem visual torna a informação mais apelativa e intuitiva, oferecendo uma experiência mais envolvente para os utilizadores como demonstrado na figura 5.

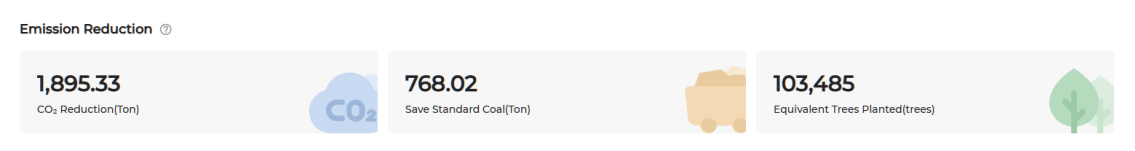


Figura 5: Redução de Emissão de CO₂ da iSolarCloud [Iso23]

2.3.1.2 FusianSolar

A FusionSolar apresenta uma abordagem mais dinâmica no uso das cores, proporcionando uma experiência visual mais rica e diversificada. Em comparação com o iSolarCloud, a plataforma utiliza uma paleta de cores mais ampla e eficaz, facilitando a identificação das diferentes métricas de monitorização, como a produção, o consumo e a

receita. Esta utilização das cores contribui para uma interface mais intuitiva, permitindo uma análise mais rápida e eficiente dos dados.

Uma das vantagens da FusionSolar é a sua capacidade de exibir dados de produção e consumo simultaneamente na mesma visualização. Isso permite uma comparação direta entre as duas variáveis, facilitando a análise do desempenho do sistema em tempo real e otimizando a tomada de decisões. Esta funcionalidade proporciona uma visão mais abrangente e imediata do comportamento do sistema fotovoltaico, tornando a monitorização mais eficiente para os utilizadores como demonstrado na figura 6.

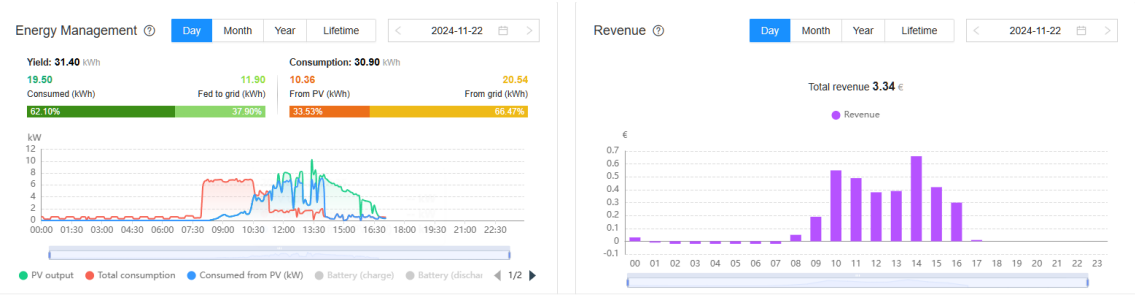


Figura 6: Visualização de gestão de energia e receita na plataforma FusionSolar [Fus23]

Por outro lado, na secção de redução de emissões de CO₂, a FusionSolar não utiliza cores para representar os dados. Em vez disso, são utilizados ícones não coloridos, como árvores para simbolizar o equivalente de árvores plantadas e um carrinho para ilustrar as toneladas de carvão economizadas como demonstrado na figura 7.

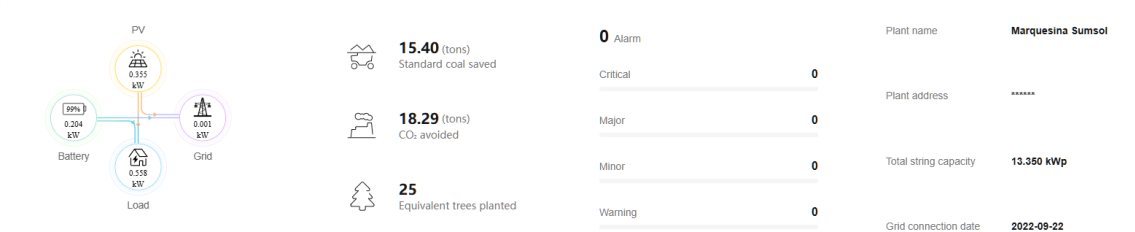


Figura 7: Redução de Emissão de CO₂ da FusionSolar [Fus23]

2.3.1.3 Sunny Portal

A Sunny Portal faz um uso mais limitado de cores em comparação com as outras duas plataformas. Embora mostre a produção e o consumo num gráfico circular, as cores utilizadas são semelhantes, o que dificulta a distinção clara entre os diferentes tipos de dados. Essa escolha de design pode tornar a interpretação do gráfico mais difícil, pois a ausência de contraste entre as cores não facilita a compreensão imediata das informações apresentadas como demonstrado na figura 8.



Figura 8: Visualização de gestão de energia e receita na plataforma Sunny Portal [Tec24]

Para facilitar a comparação entre essas soluções, elaborei a tabela 1, que sintetiza as principais características e diferenças entre elas.

Tabela 1: Resumo comparativo das funcionalidades das plataformas de monitoramento de energia solar.

Funcionalidade	iSolarCloud	FusionSolar	Sunny Portal
Monitorização em tempo real	Sim	Sim	Sim
Alertas de falhas	Sim	Sim	Sim
Análise preditiva	Não	Sim	Não
Armazenamento de energia	Básico	Avançado	Limitado
Relatórios automáticos	Sim	Sim	Sim
Facilidade de uso	Média	Alta	Média
Integração IOT	Limitada	Avançada	Limitada
Design personalizável	Não	Sim	Limitado

2.3.2 Análise de Benchmarking

A análise de benchmarking tem como objetivo comparar as funcionalidades das soluções existentes no mercado com o novo dashboard desenvolvido. As plataformas iSolarCloud, FusionSolar e Sunny Portal são amplamente utilizadas na monitorização de sistemas fotovoltaicos, oferecendo uma série de recursos como visualização de dados históricos, monitorização de produção e consumo de energia, e geração de relatórios automáticos.

A Tabela 2 apresenta uma comparação direta entre essas soluções e o meu dashboard, destacando as funcionalidades que são comuns entre elas, bem como aquelas que o novo sistema oferece como diferenciais. Embora o dashboard proposto inclua muitas das funcionalidades presentes nas plataformas existentes, ele destaca-se por incluir capacidades específicas, como a comparação de desempenho e poupanças, que não estão presentes em todas as soluções analisadas. Além disso, enquanto os sistemas existentes oferecem funcionalidades de alerta, o novo dashboard não as contempla, pois o foco é oferecer uma interface mais simplificada e voltada para a visualização clara dos dados.

Outro aspecto importante é que o novo dashboard proposto é independente do fornece-

dor de painéis fotovoltaicos, o que significa que ele pode ser integrado e utilizado com qualquer sistema fotovoltaico, independentemente do fabricante ou do fornecedor. Em contraste, as soluções existentes, como o iSolarCloud, FusionSolar e Sunny Portal, são soluções proprietárias de cada fornecedor de painéis, o que implica que se um utilizador tiver sistemas de diferentes fornecedores, ele precisará de usar diferentes dashboards para monitorar cada um, uma vez que essas plataformas são limitadas aos respectivos fornecedores.

Tabela 2: Análise comparativa de funcionalidades entre plataformas existentes e o novo dashboard.

Funcionalidade	iSolarCloud	FusionSolar	Sunny Portal	Dashboard
Apresentação de dados históricos e atuais	Sim	Sim	Sim	Sim
Sistemas de alerta	Sim	Sim	Sim	Não
Poupanças	Não	Não	Não	Sim
Meteorologia	Não	Sim	Sim	Sim
Impacto ambiental	Sim	Sim	Sim	Sim
Comparação de desempenho	Não	Sim	Não	Sim

2.4 Proposta de inovação e mais-valias

Embora o dashboard proposto inclua muitas das funcionalidades presentes nas soluções existentes, como a visualização de dados históricos e atuais, o acompanhamento da produção e consumo de energia, e a análise de impacto ambiental, ele foi desenvolvido com um foco claro em um público mais amplo e menos especializado. O principal objetivo é fornecer uma interface intuitiva e visualmente atraente, permitindo que os utilizadores, mesmo sem conhecimentos técnicos profundos sobre energia solar, possam facilmente compreender e interpretar os dados apresentados.

Com um design simplificado e acessível, o dashboard visa facilitar a interpretação, destacando as informações essenciais de forma clara e concisa, tornando a análise de energia solar mais acessível a qualquer tipo de utilizador. Dessa forma, oferece uma user experience eficiente e sem sobrecarga de informações.

2.5 Identificação de oportunidade de negócio

Uma proposta de negócio viável para exploração comercial do projeto poderia ser a criação de uma *startup* que oferece uma plataforma integrada de monitorização e gestão de energia solar, voltada para empresas, instalações residenciais e pequenas redes de energia comunitária. Essa plataforma seria alimentada por dados recolhidos em tempo real por dataloggers e analisados com o uso de tecnologias de séries temporais. Numa

fase mais avançada do projeto, caso fosse pertinente a continuação do mesmo, as componentes do negócio poderiam ser :

- Plataforma de monitorização e análise de energia onde haveria uma visualização em tempo real através de um dashboard, assim como análises preditivas usando algoritmos de machine learning para prever a geração de energia com base em padrões climáticos e históricos
- Consultoria e serviços de otimização, onde seriam fornecidos relatórios a clientes que forneciam insights em como melhorar a eficiência energética e reduzir custos operacionais assim como possíveis planos de expansão
- Aplicações móveis que permitam aos utilizadores monitorizar a produção e consumo de energia de forma acessível e em movimento
- Parcerias com fornecedores de energia solar onde seria integrado o software como parte do serviço dessas empresas

3 - Método e Planeamento

No desenvolvimento deste projeto, o método e planeamento foram estruturados de forma a garantir uma abordagem eficiente e organizada. A primeira parte do projeto foi dividida em várias fases, permitindo que houvesse espaço para receber feedback constante dos professores, garantindo que o trabalho se mantivesse alinhado com as expectativas e requisitos do projeto. Para isso, foram realizadas reuniões semanais com os professores Lúcio Studer e Martijn Kuipers, cujos conselhos e orientações foram cruciais para o avanço do projeto.

Durante essa fase inicial, houve uma análise aprofundada de TFC anteriores. O objetivo dessa análise foi compreender melhor o formato e a estrutura dos relatórios anteriores, assim como entender o raciocínio e a linha de pensamento adotados. Isso proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento do relatório atual, ajudando a orientar o estilo e a organização do trabalho.

O plano de trabalho e o cronograma inicial foram estabelecidos em formato Gantt, utilizando a ferramenta [Pro24], que facilitou o acompanhamento do progresso das tarefas ao longo do tempo. O calendário provisório elaborado no ProjectLibre delineou as tarefas e entregáveis do projeto, organizando de forma clara as ações a serem executadas.

A lista de tarefas apresentada representa uma previsão inicial das atividades a serem realizadas no âmbito do TFC. Apesar de ter sido planeada com base nos objetivos e requisitos atuais do projeto, é importante salientar que ajustes poderão ser necessários à medida que o desenvolvimento progrida.

- **T1:** Familiarização com os painéis fotovoltaicos
- **T2:** Familiarização com os dataloggers
- **T3:** Reuniões com docentes
- **T4:** Elaboração de um guia de tarefas
- **T5:** Levantamento de requisitos
- **T6:** Design da Arquitetura
- **T7:** Implementação do Backend
- **T8:** Integração do Sistema
- **T9:** Testes e Validação
- **T10:** Análise de Resultados
- **T11:** Conclusão

Além das tarefas, foram definidos entregáveis específicos que foram programados ao longo do desenvolvimento do projeto:

- **E1:** 1ª Avaliação Intercalar (01.12.2024)
- **E2:** 2ª Avaliação Intercalar (13.04.2025)
- **E3:** Avaliação Final (27.06.2025)

3.1 Reuniao com Entidades Associadas ao TFC

Foi realizada uma reunião inicial com as entidades associadas ao TFC, com o objetivo de alinhar o entendimento sobre o sistema utilizado para o armazenamento dos dados dos painéis fotovoltaicos.

Durante esta reunião, foi discutido como a informação é gerida e armazenada, o que foi fundamental para compreender o funcionamento do sistema implementado pela faculdade. Esse entendimento foi essencial para dar continuidade ao desenvolvimento do TFC, garantindo que o projeto avançasse de acordo com as necessidades e restrições do sistema já existente.

Essa reunião foi um passo crucial para o progresso do trabalho, permitindo que fossem tomadas as decisões corretas sobre a integração dos dados e o desenvolvimento do dashboard.

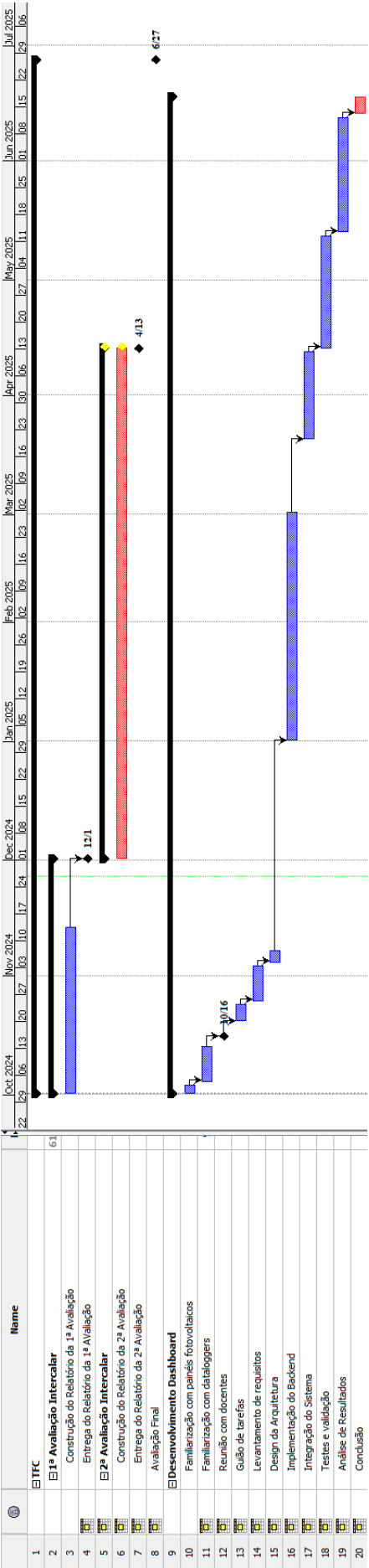


Figura 9: Diagrama Gantt com a Lista de Tarefas e Entregáveis

4 - Especificação e Modelação

4.1 Análise de Requisitos

Este capítulo tem como objetivo apresentar a análise de requisitos fundamentais para o sucesso do projeto. Os requisitos descritos a seguir foram definidos com o intuito de resumir as funcionalidades esperadas e as necessidades específicas do dashboard, garantindo uma base sólida para o seu desenvolvimento. Esses requisitos desempenham um papel central ao orientar o processo de criação e são fatores essenciais a serem considerados em todas as etapas do projeto, desde a concepção inicial até à implementação final.

4.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais descrevem o que o sistema deve fazer, ou seja, as funcionalidades específicas que ele precisa oferecer ao utilizador ou ao sistema, como demonstrado na tabela 3.

Tabela 3: Requisitos Funcionais para o Dashboard

#	Requisito Funcional	Descrição
R1	Visualização de Dados Históricos e Atuais	O sistema deve apresentar dados históricos e atuais de produção e consumo de energia. Esses dados são extraídos de um banco de dados e devem ser atualizados em tempo real ou em intervalos específicos.
R2	Exibição de Informações sobre a Receita Gerada	O dashboard deve calcular automaticamente a receita gerada com base nos dados de produção extraídos da base de dados.
R3	Exibição de Informações Meteorológicas	O sistema deve integrar dados meteorológicos em tempo real e exibi-los no dashboard.
R4	Cálculo e Exibição do Impacto Ambiental	O sistema deve calcular automaticamente o impacto ambiental (CO ₂ evitado) com base nas produções de energia. O impacto ambiental deve ser exibido de maneira clara, com atualizações contínuas.
R5	Análise Comparativa de Produção e Consumo de Energia	O dashboard deve permitir que o utilizador consiga comparar o desempenho do sistema em diferentes períodos, como semana a semana ou mês a mês, com base nos dados históricos armazenados.
R7	Interface de Navegação Intuitiva	A interface gráfica deve ser fácil de navegar, com uma apresentação visual clara para facilitar a compreensão dos dados. O sistema deve garantir que os dados exibidos sejam sempre atualizados.
R8	Visualização de Indicadores de Performance	O sistema deve exibir indicadores de desempenho como produção total, eficiência do sistema e economia gerada. Estes KPIs devem ser calculados automaticamente e exibidos de maneira fácil de interpretar para o utilizador.

4.1.2 Requisitos Não-Funcionais

Os requisitos não-funcionais definem como o sistema deve operar, abordando aspetos como desempenho, segurança, usabilidade e requisitos técnicos que não estão diretamente relacionados às funcionalidades.

Tabela 4: Requisitos Não-Funcionais para o Dashboard

#	Requisito Não Funcional	Descrição
R9	Adaptabilidade	O sistema deve ser projetado e implementado de forma a garantir uma experiência dinâmica e eficiente em diversos dispositivos, como telemóveis, tablets e computadores.
R10	Usabilidade	O sistema deve ser projetado e implementado de forma simples e intuitiva, de modo a facilitar o uso para os utilizadores de diversos perfis e habilidades.
R11	Disponibilidade	O sistema deve garantir uma disponibilidade contínua, ou seja, 24 horas por dia, 7 vezes por semana, de modo a garantir que os utilizadores possam usar a qualquer hora.
R12	Desempenho	O sistema deve garantir um desempenho eficiente e uma atualização periódica estabelecida dos dados, para proporcionar informações em tempo real.
R13	Compatibilidade	O sistema deve ser projetado e implementado de maneira a ser compatível com os painéis fotovoltaicos e com os inversores.

4.1.3 Casos de Uso

Casos de uso são descrições detalhadas de como um utilizador interage com o sistema para atingir um objetivo específico. Os casos de uso definem os passos ou fluxos de ações necessários para completar uma tarefa ou processo, detalhando tanto os cenários normais quanto os alternativos, com o intuito de garantir que o sistema atende às necessidades do utilizador de forma clara e estruturada.

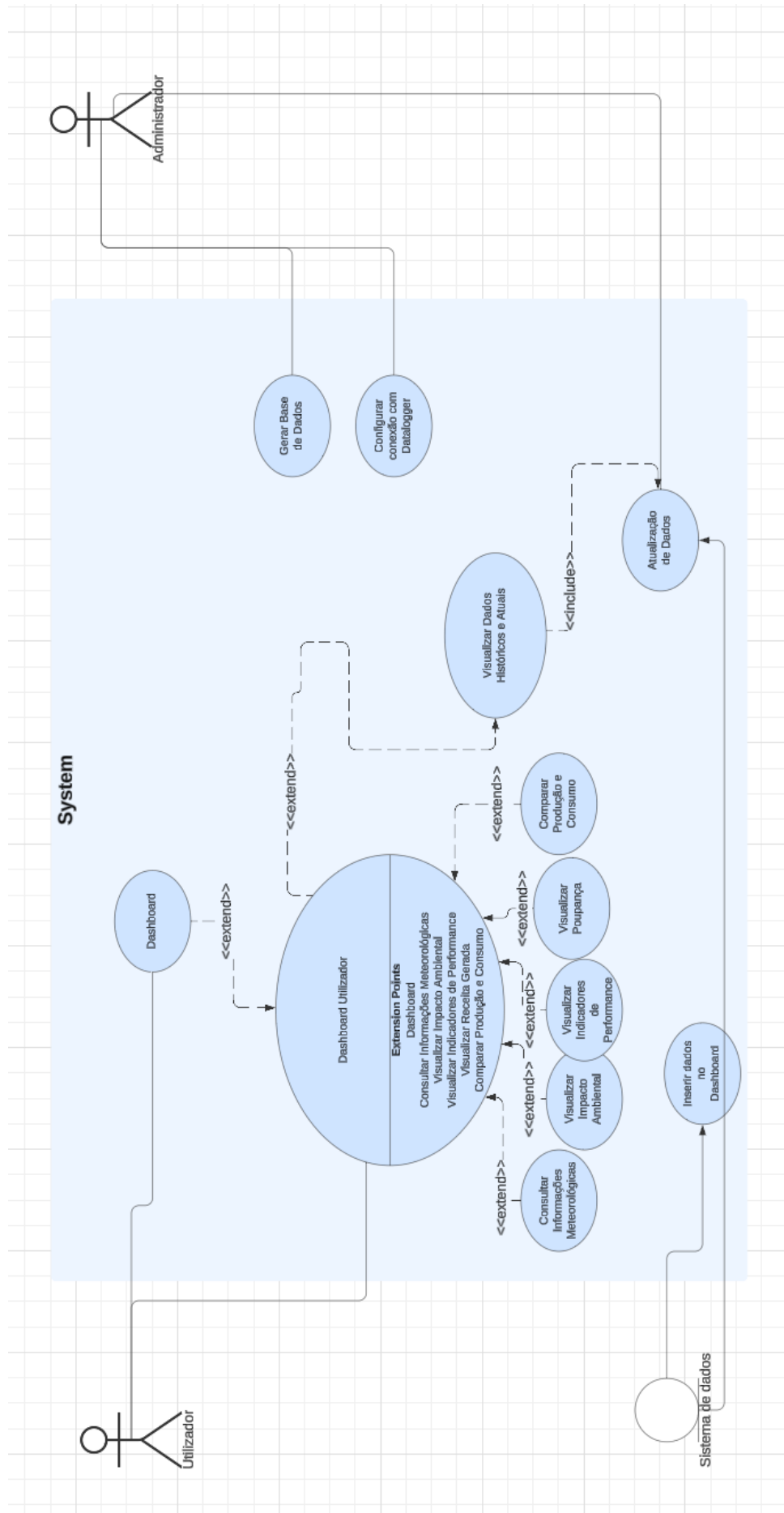


Figura 10: Diagrama de Casos de Uso

5 - Solução Proposta

5.1 Introdução

Este capítulo apresenta a solução proposta para o dashboard. O objetivo principal é fornecer uma interface intuitiva e apelativa, permitindo aos utilizadores uma compreensão clara das informações, mesmo sem conhecimento técnico especializado.

Na fase atual, a descrição funcional está em sua forma preliminar, uma vez que o desenvolvimento da solução ainda não foi iniciado. Serão abordados os principais componentes da solução, a integração entre os diferentes elementos do sistema, e os métodos para garantir que os dados sejam apresentados de forma eficiente e acessível.

5.1.1 Desenvolvimento do Dashboard e Solução Adicional

Para além do desenvolvimento do dashboard mencionado na introdução, será criada uma funcionalidade adicional que utilizará a plataforma Grafana para fornecer uma visualização mais detalhada dos dados. Esta funcionalidade será direcionada para os profissionais envolvidos na gestão e análise dos sistemas fotovoltaicos, permitindo-lhes acessar informações especializadas, realizar análises mais complexas e apoiar o desenvolvimento de estudos técnicos. Assim, enquanto o dashboard tem como foco uma apresentação intuitiva para todos os utilizadores, o uso do Grafana garante um nível superior de detalhe e personalização para os membros do departamento técnico, otimizando o suporte à tomada de decisões e a monitorização do sistema.

5.2 Arquitetura

A arquitetura da solução proposta é apresentada através de um mapa aplicacional, que descreve a interação entre os principais componentes do sistema. Este mapa reflete a estrutura funcional da solução, destacando o fluxo de dados desde a sua origem nos painéis fotovoltaicos até a sua apresentação no dashboard.

O sistema é composto pelos seguintes elementos principais e como demonstrado na figura 11.

- **Painéis Fotovoltaicos:** Captam a energia solar e a convertem em energia elétrica, gerando dados que são enviados para os inversores
- **Inversores:** Responsáveis por transformar a energia em corrente contínua para corrente alternada e enviar os dados de desempenho para o datalogger
- **Datalogger:** Armazena os dados técnicos e operacionais dos painéis e inversores, servindo como uma ponte entre o sistema físico e o software

- **Base de Dados:** Centraliza e organiza os dados provenientes do datalogger, permitindo que sejam consultados e manipulados pelo dashboard
- **Dashboard:** Apresenta os dados em tempo real e históricos, fornecendo funcionalidades como monitorização e análise visual para os utilizadores

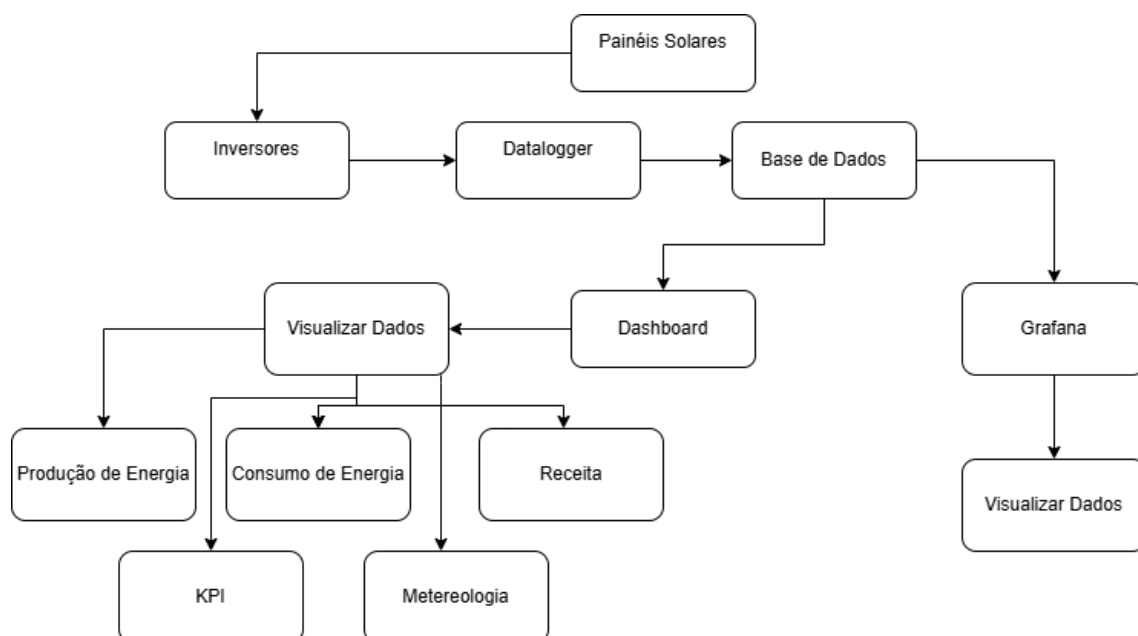


Figura 11: Mapa Aplicacional do Dashboard

5.3 Tecnologias

Como ainda estamos na fase inicial do desenvolvimento, as tecnologias que serão mencionadas nesta secção ainda não foram implementadas. No entanto, estas são as ferramentas e plataformas que planeio utilizar para a construção e implementação da solução proposta. O objetivo é garantir que a solução final seja eficiente, escalável e alinhada com as melhores práticas do setor. A escolha dessas tecnologias baseia-se nas suas capacidades para lidar com grandes volumes de dados e fornecer a flexibilidade necessária para o processamento e visualização de informações de forma intuitiva e acessível.

5.3.1 Time Series

A análise de séries temporais é uma técnica que analisa uma sequência de dados recolhidos ao longo do tempo, de forma consistente e regular. Ao contrário de dados aleatórios, a análise de séries temporais permite identificar como as variáveis evoluem ao longo do tempo, sendo o tempo uma variável crucial.

Este tipo de análise requer um grande número de pontos de dados para garantir a fiabilidade dos resultados, permitindo identificar padrões e tendências reais, e não apenas outliers. Além disso, a análise de séries temporais é muito utilizada para previsões, ou seja, para antecipar valores futuros com base nos dados históricos.

É uma ferramenta importante para sistemas que dependem de dados temporais, como a monitorização da produção de energia fotovoltaica, permitindo identificar tendências e prever o desempenho futuro.

A figura 12 mostra alguns exemplos de time series.

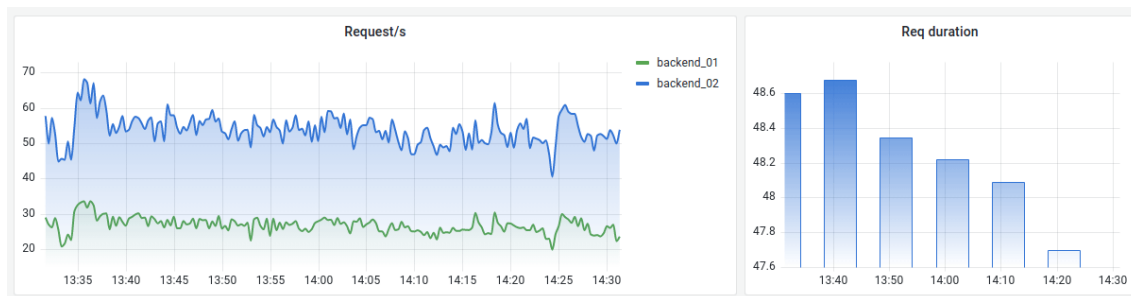


Figura 12: Exemplos de Time Series [Lab24a]

5.3.2 InfluxDB

No contexto da solução proposta, será utilizado o InfluxDB [Inf24b], uma base de dados de séries temporais altamente escalável e eficiente, para armazenar os dados recolhidos dos painéis fotovoltaicos e dos inversores. O InfluxDB permite a gestão de grandes volumes de dados que variam ao longo do tempo, o que é essencial para a monitorização contínua e a análise de sistemas de energia solar.

Além disso, o InfluxDB utiliza o conceito de tags, que são um tipo especial de metadados associadas aos pontos de dados nas séries temporais. As tags têm a função de indexar e categorizar os dados, facilitando consultas rápidas e eficientes. Em vez de armazenar dados com valores repetitivos (como localização, tipo de painel, etc.), as tags armazenam valores que podem ser filtrados de forma eficiente nas consultas, ajudando a agrupar e organizar os dados.

Por exemplo, as tags podem incluir informações como `painel_id`, localização, status, entre outras, dependendo das necessidades específicas do sistema. Elas permitem que dados relacionados sejam organizados de maneira flexível e eficiente.

Embora as tags ajudem a identificar diferentes instâncias de dados dentro de uma série temporal, é importante notar que elas não representam diretamente a relação entre as time series. No entanto, ao associar diferentes séries temporais (como a produção de energia e o consumo de energia) a uma mesma tag, como `painel_id`, pode-se estabelecer uma relação indireta entre as séries, facilitando a análise comparativa e a visualização integrada dos dados.

As métricas a serem armazenadas no InfluxDB serão definidas com base nas necessidades de monitorização e análise do sistema fotovoltaico. Entre essas métricas, destacam-se:

- **Produção de Energia em kWh**
- **Consumo de Energia em kWh**

- **Radiação Solar em W/m^2**
- **Impacto Ambiental**

Essas métricas serão organizadas no InfluxDB utilizando as tags mencionadas anteriormente, como `painel_id`, localização, e tipo de métrica, para permitir uma análise detalhada e otimizada dos dados. Isso possibilitará consultas rápidas, visualizações integradas e insights úteis para a tomada de decisões.

5.3.3 Grafana

O Grafana [Lab24a] será utilizado na solução proposta para oferecer uma visualização detalhada dos dados dos painéis fotovoltaicos e inversores. Embora o dashboard principal seja desenvolvido de forma a apresentar uma visão geral e interativa dos dados, o Grafana terá um papel complementar, permitindo exibir informações mais detalhadas para os envolvidos no projeto, principalmente os responsáveis pelo departamento dos painéis fotovoltaicos.

O Grafana permitirá aos utilizadores realizar análises mais aprofundadas das séries temporais armazenadas no InfluxDB, oferecendo uma variedade de gráficos e visualizações especializadas, com foco nos aspectos mais técnicos e pormenorizados do sistema.

Além disso, o Grafana facilita a segmentação de dados através de filtros avançados e permite explorar diferentes períodos e variáveis, com um nível de detalhe adequado às necessidades dos técnicos ou investigadores que precisem desses dados para estudos e análises mais específicas.

Embora o dashboard principal forneça uma visão mais simplificada e acessível, o Grafana será a ferramenta ideal para quem necessita de uma análise mais técnica e detalhada, possibilitando uma gestão eficaz e fundamentada dos dados para as equipes envolvidas no monitoramento e otimização do sistema fotovoltaico.

No Grafana, os gráficos são gerados com base em consultas feitas ao InfluxDB, proporcionando uma análise detalhada dos dados. A figura 10 demonstra isso mesmo.

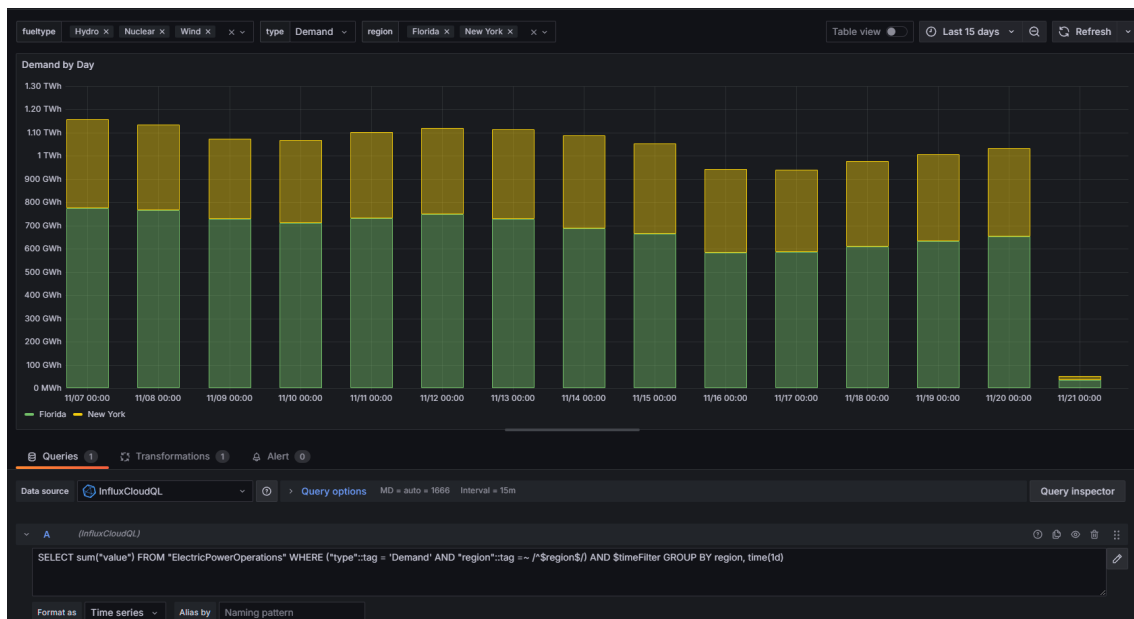


Figura 13: Gráfico de Demanda de Energia (Consultado de InfluxDB e Exibido no Grafana) [Lab24b]

5.4 Conclusão

Nesta primeira fase do TFC, foram realizados progressos importantes no entendimento das tecnologias envolvidas e na definição da metodologia para o desenvolvimento do dashboard. A análise das soluções existentes no mercado forneceu uma base sólida para identificar as funcionalidades desejáveis, enquanto que as reuniões com os docentes ajudaram a alinhar os objetivos do projeto às necessidades práticas.

Os próximos passos consistem na obtenção de dados reais a partir dos dataloggers dos painéis fotovoltaicos. Esses dados serão inseridos e organizados na base de dados InfluxDB, permitindo a implementação das funcionalidades essenciais para a monitorização e análise. Após esta etapa, será iniciado o desenvolvimento do backend e do frontend do dashboard, com foco em garantir uma interface intuitiva e uma integração eficiente dos dados.

No entanto, o projeto apresenta desafios importantes, especialmente no que diz respeito à extração e organização dos dados dos dataloggers. Atualmente, existem incertezas quanto ao modo como a informação está a ser armazenada e transferida para esses dispositivos. Caso a recolha de dados dos dataloggers da faculdade não seja viável, será necessário considerar adaptações no plano, como a utilização de dados simulados ou fontes alternativas de dados, para garantir a continuidade do desenvolvimento.

Estes desafios sublinham a importância de manter a flexibilidade no planeamento e de adotar uma abordagem iterativa, assegurando que o projeto continue a avançar mesmo face a imprevistos. Com os passos previstos e a superação das barreiras técnicas, espera-se que o trabalho progrida de forma consistente até à próxima etapa.

Bibliografia

- [Mat24] João P. Matos-Carvalho. *The Lusófona L^AT_EX Template User's Manual*. Lusófona University. 2024. URL: <https://github.com/jpmcarvalho/UL-Thesis>.
- [Ibe23] Iberdrola. *How Photovoltaic Solar Panels Work*. 2023. URL: <https://www.iberdrola.com/innovation/how-photovoltaic-solar-panels-work> (visited on 11/2023).
- [Ene24] OCA Energia. *Sistema Fotovoltaico Híbrido: Entenda o que é*. 2024. URL: <https://www.ocaenergia.com/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/> (visited on 11/22/2024).
- [Ass24] World Nuclear Association. *Carbon Dioxide Emissions from Electricity*. 2024. URL: <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity> (visited on 11/22/2024).
- [Inf24a] UNRIC - Centro Regional de Informação das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. 2024. URL: <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> (visited on 11/21/2024).
- [Por24] ODS Portugal. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Portugal*. 2024. URL: <https://ods.pt/> (visited on 11/21/2024).
- [ESM24] Energy Sector Management Assistance Program ESMAP. *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2024*. Acesso em: 2024-11-21. 2024. URL: <https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/sdg7-report2024-0611-v9-highresforweb.pdf>.
- [Iso23] IsolarCloud. *IsolarCloud*. 2023. URL: <https://isolarcloud.com/#/> (visited on 11/2023).
- [Fus23] FusionSolar. *FusionSolar*. 2023. URL: <https://eu5.fusionsolar.huawei.com/> (visited on 11/2023).
- [Tec24] SMA Solar Technology. *How Does SMA's Energy Management Platform Work?* 2024. URL: <https://www.sma-sunny.com/en/ennexos-how-does-smas-energy-management-platform-work/> (visited on 11/21/2024).
- [Pro24] ProjectLibre. *ProjectLibre - Open Source Project Management Software*. Acesso em: 2024-11-21. 2024. URL: <https://www.projectlibre.com/>.
- [Lab24a] Grafana Labs. *Time Series Visualization in Grafana*. 2024. URL: <https://grafana.com/docs/grafana/latest/panels-visualizations/visualizations/time-series/> (visited on 11/21/2024).
- [Inf24b] InfluxData. *InfluxData*. 2024. URL: <https://www.influxdata.com/> (visited on 11/2024).
- [Lab24b] Grafana Labs. *Grafana Play*. Acesso em: 2024-11-21. 2024. URL: <https://play.grafana.org/>.

Glossário

CO₂ Dióxido de Carbono. 6, 14, 15, 23

IOT Internet of Things. 16

TFC Trabalho Final de Curso. 5, 19, 20, 30