

1.1. Ferramenta de apoio à tomada de decisão desenvolvida

Nos últimos tempos, a economia circular (EC) tem ganhado um destaque significativo entre as empresas, os decisores políticos e os consumidores, devido à necessidade premente de combater as alterações climáticas. A implementação de uma EC traz benefícios ambientais. Estes incluem a redução dos resíduos e a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. Uma EC é um sistema económico que tem como objetivo a eliminação de resíduos e a reutilização de recursos. A EC tem como objetivo manter o valor e a utilização dos recursos dentro do sistema, em vez de seguir o modelo tradicional de "extrair-produzir-descartar". Também se centra na criação de modelos de negócio sustentáveis que sejam adequados para as gerações futuras. Uma EC tem por objetivo contribuir para a redução do consumo de energia e das emissões de dióxido de carbono. É concebida com o objetivo de minimizar os resíduos e maximizar a longevidade dos recursos. Através da utilização eficiente dos recursos, da redução dos resíduos e da reciclagem, a produção de resíduos é significativamente reduzida e os recursos são conservados para o futuro. Isto tem um efeito positivo no ambiente e promove significativamente a sustentabilidade.

Este estudo avalia o impacte ambiental de comunidades intermunicipais no interior de Portugal, incluindo as regiões da Região de Coimbra, Viseu Dão Lafões, e Beiras e Serra da Estrela. Os dados adquiridos são utilizados para distinguir interações precisas no fluxo de materiais. O seu objetivo é promover a inovação e a sustentabilidade. Este fluxo diz respeito a:

- Analisar as enormes quantidades de resíduos actuais e previstos e centrar-se nas políticas de EC para os resíduos e as emissões na UE
- Estimar a pegada ecológica. Eventualmente, deve ser feita uma estimativa do impacto ecológico, tendo em conta factores como as emissões de carbono, o consumo de energia, a utilização de água, os poluentes químicos e outras variáveis relevantes

O objetivo é desenvolver ferramentas de Business Intelligence (BI) para apoio à decisão, que possam abordar sistematicamente questões globais e locais. O desenvolvimento de modelos para assegurar políticas de sustentabilidade a nível local é essencial, especialmente quando se trata de adaptar os sistemas de produção e dar prioridade a questões importantes do ponto de vista da sustentabilidade. É relevante desenvolver ferramentas que tenham um efeito tangível na produtividade da economia local. Está previsto alargar a utilização efectiva destas ferramentas a vários intervenientes na região. A estratégia principal é fornecer ferramentas

altamente integradas, práticas e coerentes, que tenham em conta os constrangimentos inerentes ao processo de tomada de decisão.

O processo de análise de dados envolve uma série de etapas. As etapas necessárias para a análise dos dados são apresentadas na figura abaixo:



Figura 1 - Fluxograma de análise de dados.

Os dados foram recolhidos sob a forma de ficheiros PDF e armazenados em ficheiros Excel, numa base de dados relacional (RDBMS) e num armazenamento de dados na nuvem (base de dados NoSQL). Desenvolvemos uma aplicação Web denominada Dashboard, que ajuda a facilitar a recuperação de dados de várias fontes, como os sistemas de armazenamento de dados.

No início do processo de desenvolvimento, durante a fase de pré-processamento, extraímos os dados do ficheiro PDF e transformámo-los em formato Excel. Para realizar o processo de extração dos ficheiros PDF, foi utilizado código Python para extrair os dados e armazená-los em ficheiros Excel. Segue-se um esboço do processo de extração de dados:

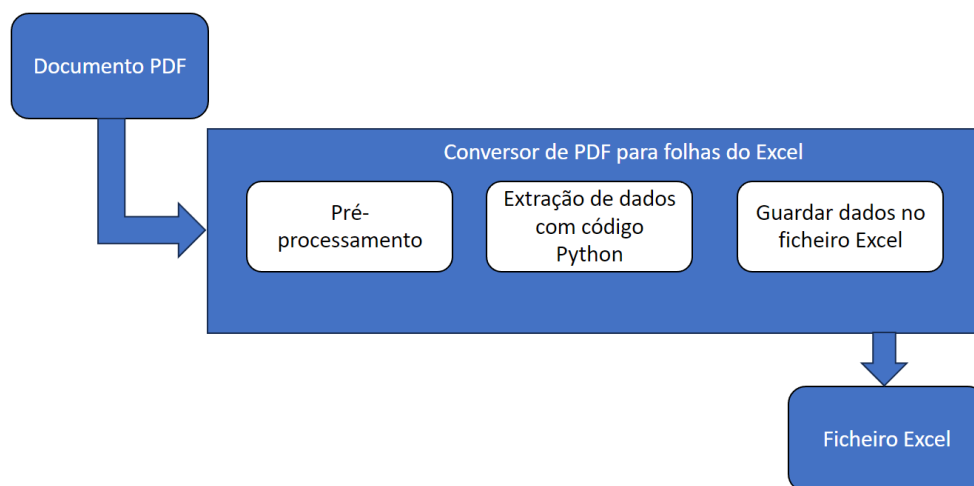


Fig 9: Conversão de ficheiros PDF em ficheiros Excel

Uma das formas mais eficazes de transformar dados numa interface gráfica de utilizador é disponibilizá-los aos intervenientes empresariais num formato de fácil utilização através de dashboards. Um dashboard é uma apresentação gráfica de informações que recolhe e analisa dados, fornecendo vistas de indicadores-chave de desempenho (KPI), métricas e outros pontos de dados que acompanham o progresso ao longo do tempo, relevantes para um objetivo ou processo empresarial específico. Desenvolvemos um painel de controlo analítico que apresenta métricas, análise de

pontos de dados e projecções de dados para monitorizar o progresso ao longo do tempo.

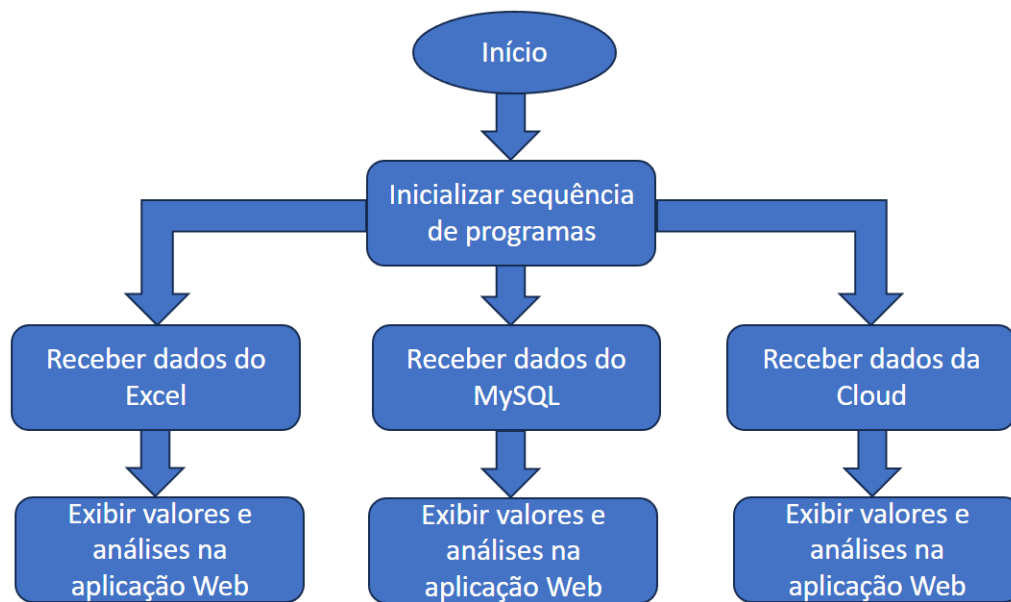


Fig 10: Diagrama de fluxograma para executar a aplicação Web (DASHBOARD)

O painel de controlo desenvolvido recebe dados de três fontes, nomeadamente ficheiros Excel, base de dados MySQL e DETA Cloud (base de dados NoSQL). O painel de controlo de várias páginas é interativo e informativo. Foi desenvolvido em linguagem de programação Python utilizando a biblioteca Streamlit. Os gráficos foram concebidos para explorar os conjuntos de dados e fornecer informações úteis aos utilizadores finais, incluindo gráficos de barras, gráficos circulares, gráficos de linhas e outros. Os gráficos acima referidos foram desenvolvidos com a ajuda da biblioteca Plotly na linguagem de programação Python.

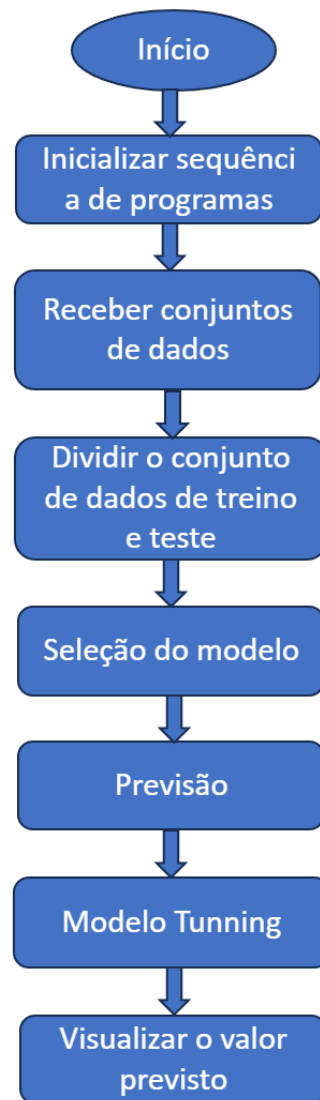


Figura 11- Fluxograma para a previsão de valores utilizando machine learning (ML).

O diagrama ilustra um procedimento sistemático de previsão de dados futuros e examinar os valores previstos, sendo a análise apresentada no painel de controlo. A análise do prognóstico é efectuada com a ajuda de um algoritmo de aprendizagem automática (ML), que é integrado na linguagem de programação Python utilizando a biblioteca Scikit-Learn ML.

Um diagrama de Sankey é uma ferramenta de visualização que representa o fluxo ou a transferência de dados de um estado para outro através de um fluxograma. A espessura das setas corresponde às características gerais que estão a ser representadas.

Criámos um diagrama de Sankey para analisar a produção de azeite e identificámos os potenciais subprodutos gerados durante o processo. Isto ajudou-nos a identificar oportunidades para reduzir os resíduos e as emissões de carbono na região piloto. O

diagrama de Sankey abaixo é uma ilustração do fluxo do processo de produção de azeite.

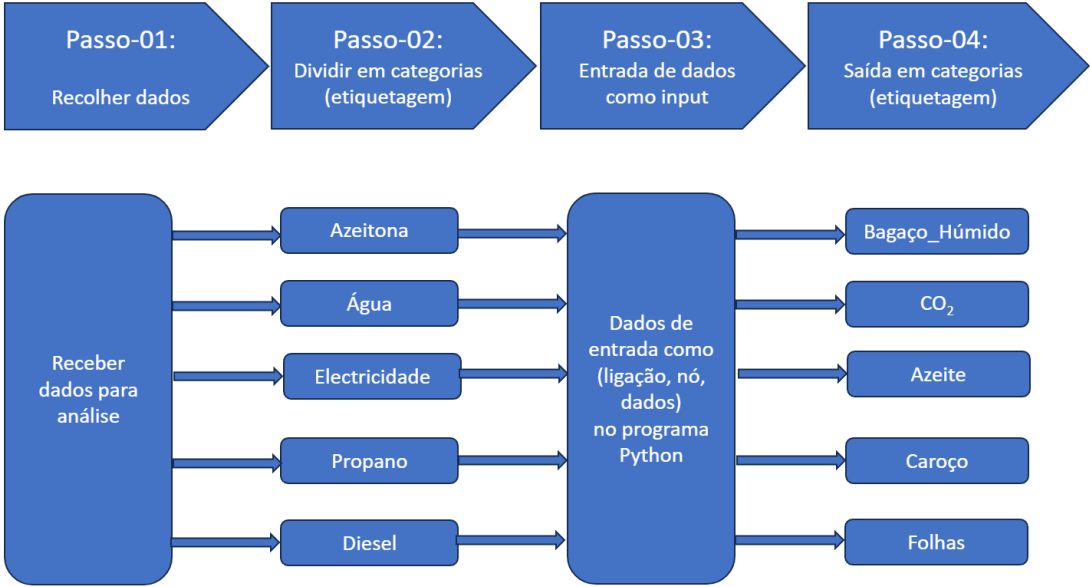


Figura 12 - Fluxograma de um diagrama de Sankey para a produção de azeite.

O servidor no localhost é automaticamente aberto no browser quando a aplicação é executada. A estrutura de código aberto Streamlit para aplicações está localizada neste site.

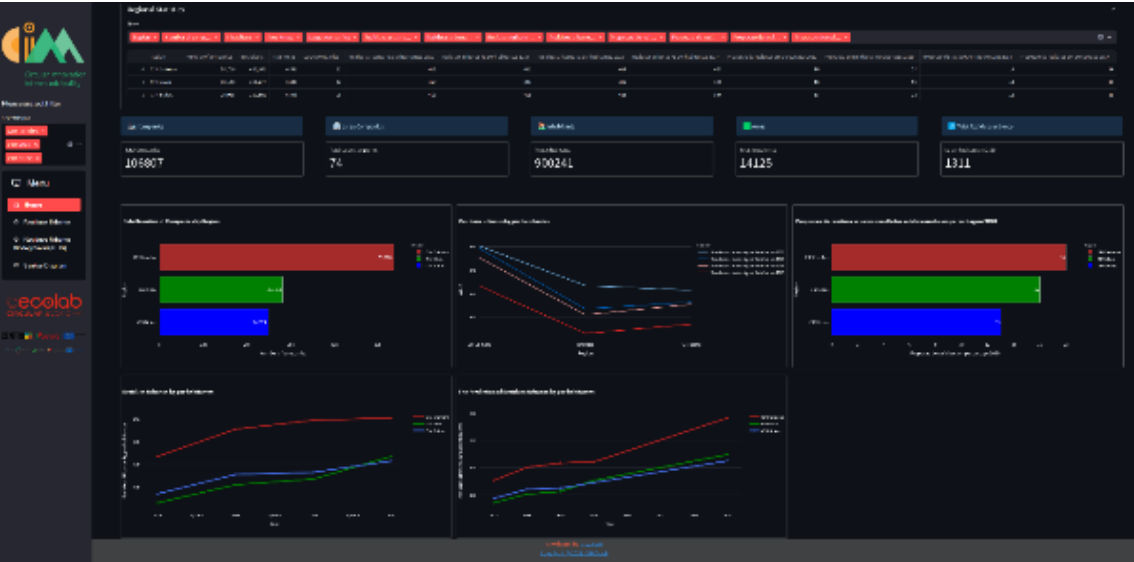


Figura 13 - [Home page]. Resíduos urbanos (kg/hab) para as três CIM's: Região de Coimbra, Viseu Dão Lafões, Beiras e Serra da Estrela.



Figura 14 - Resíduos urbanos recolhidos (t) por Localização geográfica.



Figura 15 - Deposição de resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) em aterro (%) (Data Visualization tab).

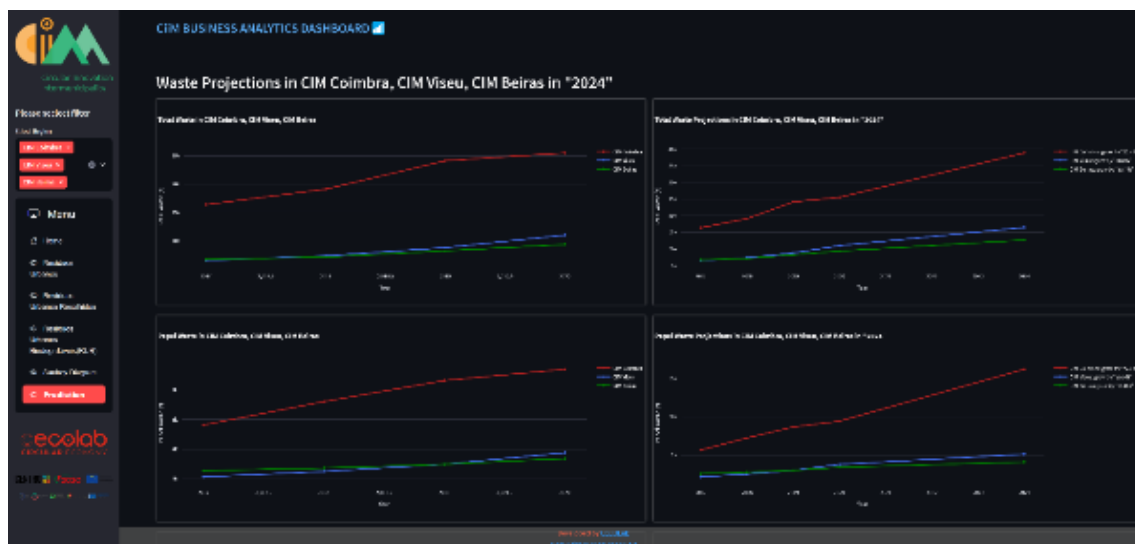


Figura 18- Projeções de geração de resíduos e resíduos de papel.



Figura 19 - Projeções de geração de resíduos de metal e vidro.



Figura 20 – Projeções de geração de resíduos de madeira, equipamentos e pilhas.



Figura 21 -Projeções de recolha de óleos alimentares e recolha indiferenciada.



Figura 22 – Projeções de Recolha Indiferenciada e Recolha Seletiva de Resíduos.

A produção portuguesa de azeite é apresentada num diagrama de Sankey na Figura 23 abaixo. O diagrama foi criado utilizando a linguagem de programação Python e está disponível na página "Sanky Diagram" do Dashboard.

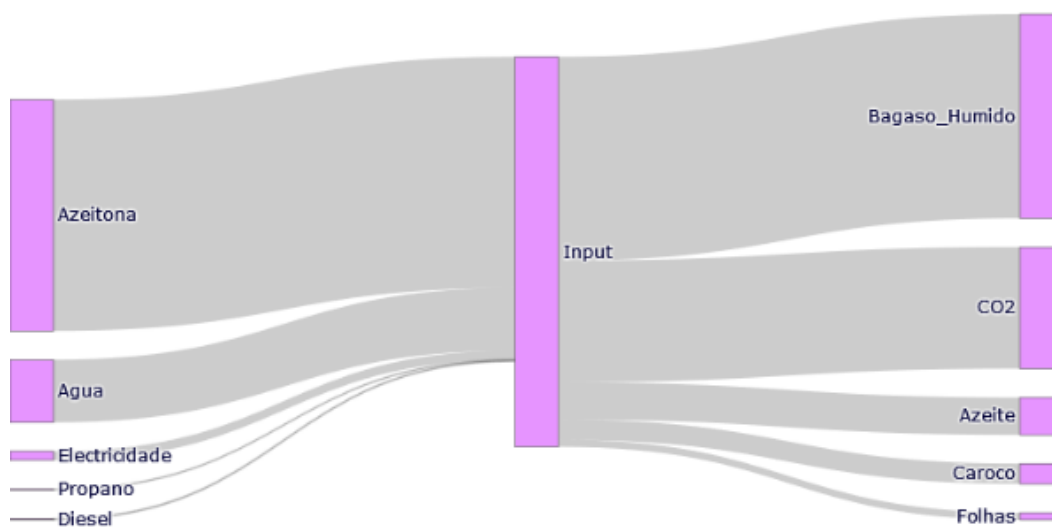


Figura 23 - Diagrama de Sankey da produção portuguesa de azeite.

O processo de produção do queijo de ovelha curado português é ilustrado pelo diagrama de Sankey na Figura 24 abaixo. Este diagrama é gerado utilizando a linguagem de programação Python. Pode ser acedido a partir da página Diagrama de Sankey no Painel de Controlo.

Breakdown of Portuguese Queijo Ovelha Production | Sankey Diagram

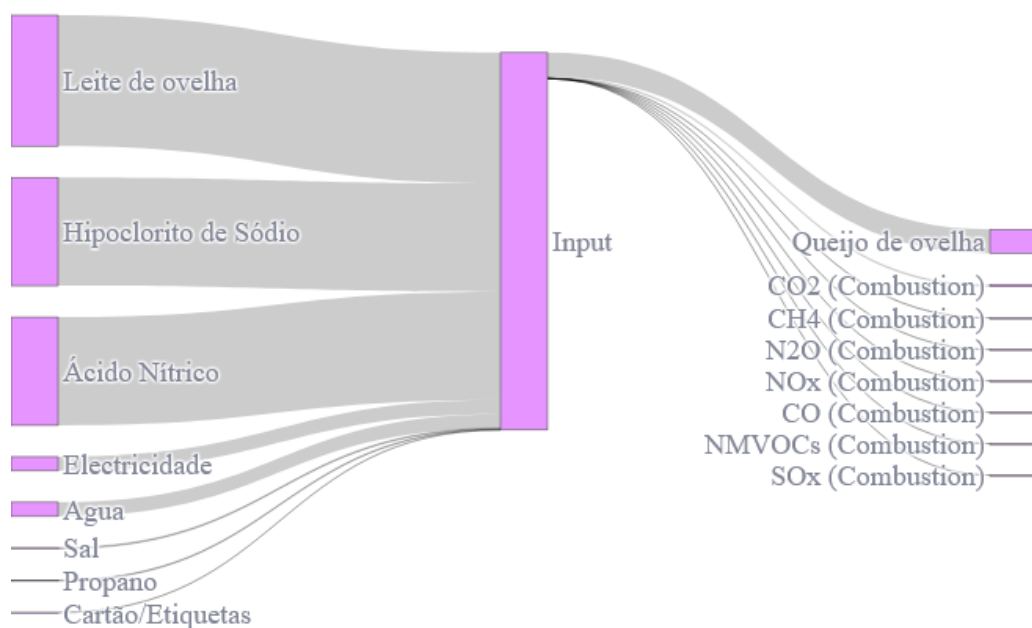


Figura 24 - Diagrama de Sankey da produção portuguesa de Queijo de Ovelha Curado.

O diagrama de Sankey na Figura 25 mostra a produção de queijo de vaca curado em Portugal. O diagrama foi criado na linguagem de programação Python e pode ser acedido a partir da página "Diagrama de Sankey" do Painel de Controlo.

Breakdown of Portuguese queijo de vaca curado Production | Sankey Diagram

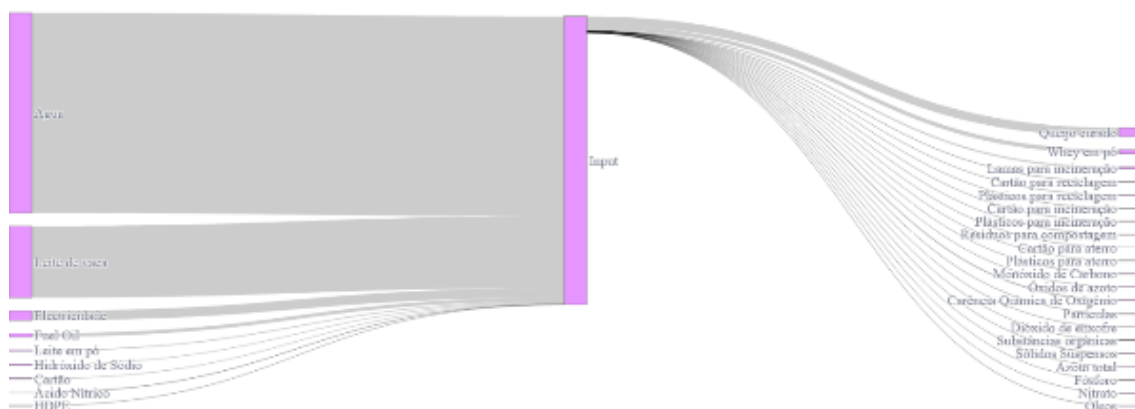


Figura 25 - Diagrama de Sankey da produção portuguesa de Queijo de Vaca Curado.

O desenvolvimento desta ferramenta de apoio à tomada de decisão permite aos stakeholders quantificar, mapear e até prever os fluxos de resíduos gerados no âmbito das atividades empresariais, bem como identificar e estabelecer possíveis simbioses

industriais, contribuindo para o desenvolvimento de uma economia mais circular e eficiente no uso dos recursos.