

Universidade da Beira Interior - Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura

Curso:**Mapeamento de Recursos Circulares: Identificação de Resíduos Absorventes de CO₂ para a Inovação na Construção****Parte Teórica**

O curso *“Circular Resource Mapping: Identifying CO₂-Absorbing Waste for Construction Innovation”* faz parte da New European Bauhaus Academy (NEBA). É financiado pela Circular Bio-Based Europe Joint Undertaking (CBE JU) ao abrigo do Programa Horizonte Europa (Acordo de Subvenção n.º 101160532).

O curso oferece fundamentos conceptuais e científicos para demonstrar como os resíduos regionais de base biológica podem apoiar a inovação sustentável e circular no setor da construção.

A ideia principal do curso é que os subprodutos provenientes da indústria de construção e metalúrgica, da agricultura, da silvicultura e da indústria têxtil são potenciais sumidouros de carbono ou contribuem para a absorção de carbono, e não simples resíduos. Quando estes resíduos são cuidadosamente classificados, mapeados e utilizados no desenvolvimento de materiais, podem contribuir para reduzir as emissões de carbono no setor da construção, por meio da captura, mineralização e armazenamento do dióxido de carbono em forma sólida[1]. O curso propõe uma abordagem sistémica para visualizar estes recursos, utilizando ferramentas digitais de mapeamento como o QGIS e o Google Earth. Estas plataformas permitem criar conjuntos de dados multilayer que interligam materiais, setores industriais e potencial ambiental.

Os resíduos absorvem ou fixam dióxido de carbono por meio de reações naturais de carbonatação e de mineralização. Ao longo do tempo, o dióxido de carbono reage com silicatos que contêm cálcio e magnésio, formando minerais carbonatados estáveis. Este processo, parte essencial do ciclo natural do carbono, sequestra o dióxido de carbono sob a forma de rocha sólida ao longo de escalas de tempo geológicas. Os avanços tecnológicos recentes aceleraram este mecanismo em laboratórios e em contextos industriais, reduzindo o tempo de reação para horas ou dias. Os materiais resultantes, com balanço de carbono negativo, são duráveis, resistentes e ambientalmente benéficos.

Resíduos com elevado teor de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO), incluindo escórias, cinzas e poeiras, são especialmente eficazes na captura do dióxido de carbono, pois reagem facilmente com o ácido carbónico para formar carbonatos. Resíduos orgânicos, como lã, palha, celulose e outros biopolímeros, também contribuem para este processo, aumentando a porosidade, melhorando a difusão de gases e reforçando as propriedades térmicas e mecânicas dos materiais compósitos. A combinação das fases mineral e orgânica influencia simultaneamente a eficiência da captura de carbono e o desempenho global do material[2].

Diversos fatores condicionam a absorção e mineralização do dióxido de carbono. A composição química do resíduo determina a quantidade de óxidos reativos disponíveis para a formação de carbonatos. A área superficial e a morfologia das partículas afetam a extensão das interações sólido-gás. O teor de humidade favorece a formação de ácido carbónico, promovendo a troca iónica e a precipitação. As condições de temperatura e pressão alteram a solubilidade e difusão do dióxido de carbono, enquanto o tempo de reação e o grau de compactação influenciam a

profundidade da carbonatação. A otimização destes parâmetros melhora tanto a capacidade de captura de CO₂ quanto à resistência mecânica do material.

O mapeamento das características físicas e químicas dos resíduos apoia o planeamento regional para a utilização circular dos recursos. A integração de dados geoespaciais sobre o uso do solo, a atividade industrial e os fluxos de materiais permite identificar regiões com elevado potencial de inovação. Por exemplo, os aglomerados industriais florestais e têxteis podem favorecer sinergias em que resíduos orgânicos de um setor complementam resíduos minerais de outro, promovendo a simbiose industrial. Assim, o mapeamento atua simultaneamente como técnica de visualização e como ferramenta estratégica de apoio à decisão para o avanço da sustentabilidade regional.

O curso destaca que o mapeamento de recursos circulares abrange dimensões técnicas e culturais. No âmbito técnico, envolve a análise de dados, de indicadores ambientais e de recursos por meio de ferramentas digitais. No plano cultural, promove uma mudança de perspetiva nas comunidades, redefinindo o conceito de “resíduo” como um recurso regional que estimula a inovação e reforça a identidade local. Esta abordagem está alinhada com a missão do Bauhaus — combinar precisão científica, valor estético e inclusão na criação de ambientes regenerativos e significativos.

O enquadramento teórico do curso demonstra que a identificação e o mapeamento de resíduos com capacidade de absorção de dióxido de carbono são fundamentais para alcançar a neutralidade carbónica regional. A visualização dos fluxos de materiais permite que decisores políticos, investigadores e líderes industriais desenvolvam sistemas que promovam a reutilização e regeneração. Este método reforça a sustentabilidade sistémica, reduzindo as emissões e criando novas oportunidades locais a partir dos recursos existentes[3].

“Mapear é mais do que representar o espaço. É um ato científico e criativo que torna visível o potencial material, transformando resíduos invisíveis em caminhos rumo a um futuro neutro em carbono.”

Curso:**Mapeamento de Recursos Circulares: Identificação de Resíduos Absorventes de CO₂ para a Inovação na Construção**

Esta componente prática centra-se nos fundamentos teóricos do Mapeamento de Recursos Circulares, por meio de atividades digitais estruturadas. Estes exercícios simulam os processos de identificação, categorização e mapeamento de fluxos regionais de resíduos, especialmente os que têm potencial para a captura, mineralização e valorização do dióxido de carbono (CO₂). A metodologia combina a análise de dados ambientais, técnicas de mapeamento digital e resolução colaborativa de problemas. Os participantes exploram como os dados espaciais podem apoiar a inovação circular em nível regional[4].

Os participantes utilizam ferramentas geoespaciais de código aberto, como QGIS e Google Earth, para criar mapas territoriais interativos que exibem várias camadas de dados. Essas camadas incluem fontes de resíduos de base biológica, a localização de instalações industriais e as possíveis zonas de colaboração circular. Essa abordagem permite aos participantes compreender de forma abrangente as conexões entre materiais, características geográficas e atividades industriais no contexto de uma economia circular regional.

Estes exercícios desenvolvem o raciocínio espacial e analítico, incentivando os participantes a explorar a origem, o movimento e o potencial de reutilização dos materiais, visando reduzir os impactos ambientais. O módulo vai além da instrução técnica, combinando ciência de dados com planeamento ecológico inovador. Os participantes transformam conjuntos de dados brutos em informações práticas. Os mapas resultantes representam o território e destacam estratégias de descarbonização, a utilização circular de materiais e a inovação comunitária.

O principal objetivo é demonstrar como as tecnologias geoespaciais tornam visíveis e rastreáveis os fluxos materiais antes ocultos.

O mapeamento permite que os participantes visualizem as conexões entre produtores de resíduos e potenciais utilizadores, ajudando a identificar sinergias locais que, de outra forma, poderiam passar despercebidas. Estas atividades demonstram como a análise espacial apoia decisões de sustentabilidade baseadas em evidências.

O currículo enfatiza a interpretação colaborativa de dados, a comunicação visual por meio do mapeamento e a partilha eficaz de informações ambientais.

Este trabalho prático apoia a missão da iniciativa NEBA, que procura combinar rigor científico, valor estético e inclusão social num quadro educativo unificado. Ao desenvolver competências de mapeamento, os participantes aprendem a transformar dados abstratos em estratégias concretas que promovem a transição para um futuro neutro em carbono.

1. Introdução

Objetivo

Este curso oferece aos participantes uma experiência prática na recolha, no processamento e na visualização de dados sobre resíduos regionais com potencial para a absorção de dióxido de carbono (CO₂). O programa tem como objetivo integrar o conhecimento científico ao planeamento territorial, permitindo que os participantes explorem estratégias de design circular por meio de ferramentas digitais, como o QGIS e o Google Earth. Os exercícios práticos possibilitam a análise das relações entre a geração de resíduos, os

processos industriais e os impactos ambientais. Estas atividades desenvolvem competências essenciais para a conceção de estratégias construtivas que minimizam as emissões de carbono.

Justificação

O mapeamento de recursos circulares integra o conhecimento ambiental, a representação espacial e a análise de dados para reforçar a inteligência territorial. A inteligência territorial refere-se à capacidade de uma região de compreender, otimizar e gerir os seus fluxos de recursos. A identificação e o mapeamento de resíduos biológicos e minerais capazes de absorver ou reagir com o dióxido de carbono permitem aos participantes transformar fluxos locais de resíduos em oportunidades de inovação sustentável.

Esta abordagem promove o desenvolvimento de materiais de baixo teor de carbono e incentiva a colaboração entre municípios, indústrias e centros de investigação. Em conjunto, estes esforços estabelecem um quadro que integra perspetivas científicas, geográficas, de design e de políticas públicas.

Os participantes utilizarão dados de fonte aberta e ferramentas geoespaciais para construir conjuntos de dados que detalham a disponibilidade de recursos regionais.

- Analisarão as relações espaciais entre os locais de produção de recursos e os pontos de reutilização.
- Comunicarão os desafios da sustentabilidade por meio de evidências visuais claras.

Estas atividades demonstram que a literacia digital e a visualização de dados são ferramentas eficazes para promover a consciência ambiental, a inovação política local e a tomada de decisões estratégicas na construção sustentável. O curso permite aos participantes vincular o conhecimento teórico à aplicação prática, proporcionando as competências necessárias para identificar e aproveitar o potencial latente dos fluxos regionais de resíduos.

2. Procedimentos Práticos

Esta secção explica o fluxo de trabalho digital do curso online “Circular Resource Mapping: Identifying CO₂-Absorbing Waste for Construction Innovation”. O objetivo é orientar os participantes na recolha, organização e visualização de dados regionais sobre resíduos com potencial para a captura ou a valorização de CO₂, utilizando apenas o Excel ou o Google Sheets para a inserção de dados e o Google Maps para a visualização.

Os participantes realizam estas etapas individualmente e ao próprio ritmo, construindo um conjunto de dados sobre resíduos florestais e têxteis. Após a introdução dos dados, devem representar os registos num mapa digital, utilizando o ficheiro Excel anexo e os mapas regionais de Covilhã como estudo de caso e referência visual.

2.1 Recolha e Preparação de Dados

Recolha dados básicos sobre resíduos florestais e têxteis no município ou na região escolhidos. Insira as informações numa folha de cálculo simples (Excel ou Google Sheets), mantendo uma estrutura clara e consistente.

Passo 1 - Seleção da Região de Estudo

Selecione um município ou uma área local (por exemplo, Covilhã) como região de estudo. Escolha a região com base no seu conhecimento prévio, na proximidade geográfica ou no acesso a informações locais. Dê preferência a zonas com indústrias ou pequenos produtores ligados aos setores florestal e têxtil.

Passo 2 - Identificação das Fontes de Resíduos

Identifique as fontes potenciais de resíduos florestais e têxteis na região. Estas podem incluir:

- Resíduos florestais: serradura, casca, lignina e cinzas de madeira.
- Resíduos têxteis: lã, fibras naturais ou desperdícios provenientes de fábricas têxteis.

Pesquise informações públicas (sites de empresas, dados municipais ou relatórios locais) e registe-as na folha de cálculo.

Passo 3 - Definição dos Campos de Dados (de acordo com as figuras abaixo)

De acordo com a Tabela 1, organize os dados recolhidos no formato do modelo do Excel anexo.

Atribua cada coluna a um parâmetro-chave (por exemplo, tipo de resíduo, origem, localização ou possibilidade de reutilização).

Tabela 1. Oportunidades Circulares e Etapas de Implementação

Nome do Campo	Descrição	Exemplo
Município / Região	Come da área onde o resíduo é produzido.	Covilhã, Fundão
Tipo de Resíduo	Florestal ou têxtil.	Têxtil
Subtipo de Material	Nome específico do material.	Lã, Cinza de Madeira
Disponibilidade	Baixa / Média / Alta.	Média
Origem / Fonte	Nome da empresa ou do setor que o produz.	Fábrica Têxtil, Serraria
Quantidade (opcional)	Quantidade anual aproximada (se disponível).	500 toneladas/ano
Potencial para Captura / Valorização de CO ₂	Breve nota sobre a sua relevância.	“Contém CaO/MgO; melhora a porosidade para a carbonatação.”

Este conjunto de dados serve de base para a criação de uma representação visual no Google Maps na próxima secção.

Os participantes podem, posteriormente, inserir manualmente as coordenadas ou utilizar a função de pesquisa do Google Maps para localizar cada local.

As figuras 1 e 2, abaixo, ilustram o ficheiro do Excel e os mapas de exemplo utilizados nesta atividade.

[illegible]

Figura 1. Exemplo de estrutura de dados no Excel para o mapeamento de resíduos.

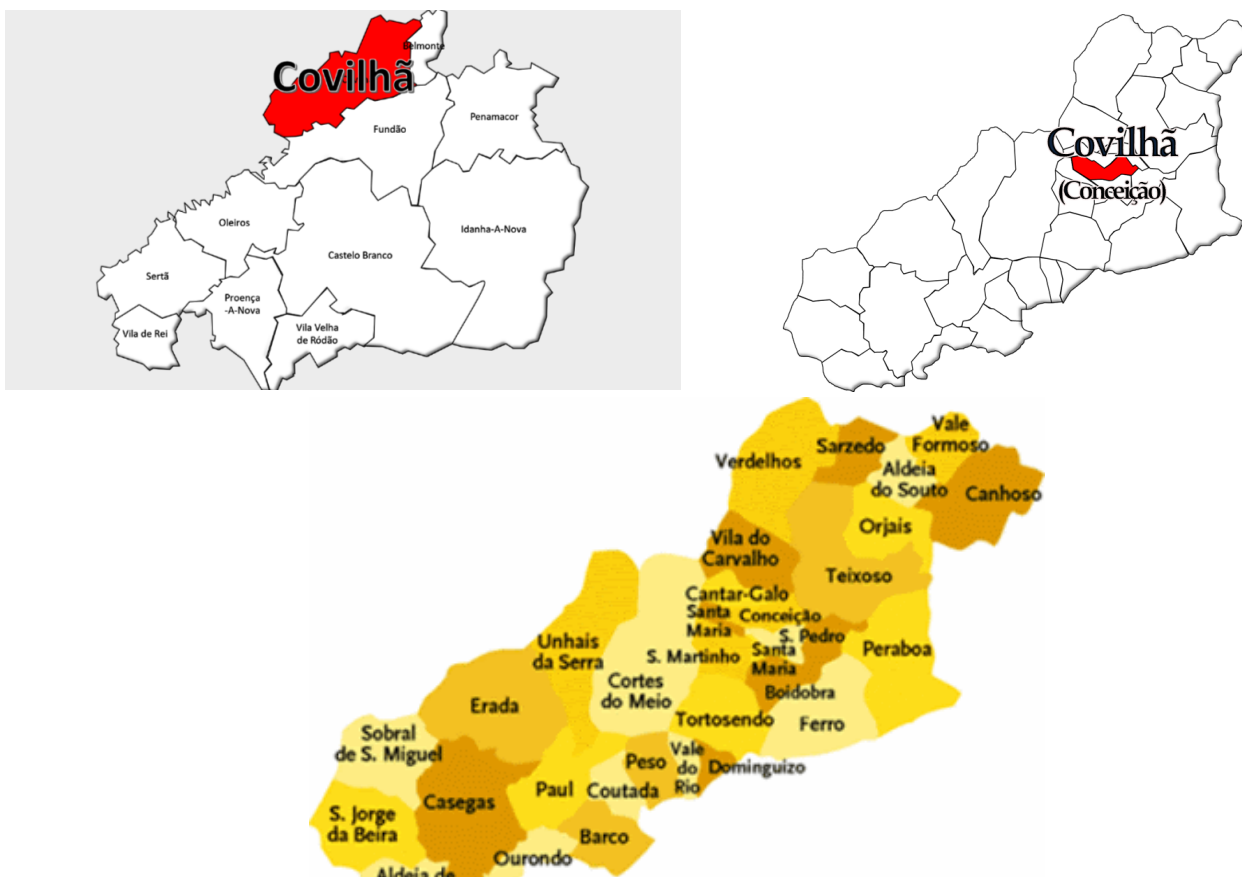


Figura 2. Mapa da cidade da Covilhã e dos seus concelhos limítrofes

2.2 Visualização de Dados no Google Maps (My Maps)

Nesta secção, os participantes aprendem a transferir as informações recolhidas no ficheiro do Excel ou do Google Sheets para um mapa digital interativo utilizando o Google My Maps[5]. O principal objetivo desta etapa é proporcionar uma compreensão visual da distribuição espacial dos resíduos florestais e têxteis e identificar possíveis ligações entre as fontes e as indústrias próximas.

Passo 4 - Importação de Dados para o Google My Maps

1. Aceda ao Google My Maps e inicie sessão com a sua conta do Google. [Google My Maps](#)
2. Selecione “Criar um novo mapa”.
3. Utilize a opção Importar para carregar o ficheiro do Excel ou do Google Sheets (o mesmo ficheiro criado no Passo 3).
4. Nas definições de importação, escolha as colunas correspondentes a “Município / Região” e “Tipo de Resíduo” para os rótulos e posicionamento.
5. O Google My Maps gerará automaticamente pontos no mapa a partir de cada linha do ficheiro, indicando a localização geográfica dos resíduos florestais e têxteis. (Figura 3)

Passo 5 - Estilo e Visualização do Mapa

Depois de importar os dados, os participantes podem personalizar o aspeto do mapa para o tornar mais legível e visualmente claro:

- Utilize cores distintas para distinguir os resíduos florestais dos têxteis.
- Adicione ícones ou marcadores personalizados para representar cada tipo de material (por exemplo, lã, cinza de madeira, casca).
- Inclua uma breve descrição em cada ponto no campo “Descrição”, por exemplo: “Resíduo de lã proveniente de fábrica têxtil, com potencial para a absorção de CO₂.”
- Se desejar, os participantes podem criar duas camadas, uma para resíduos florestais e outra para resíduos têxteis, para melhorar a organização e a clareza.

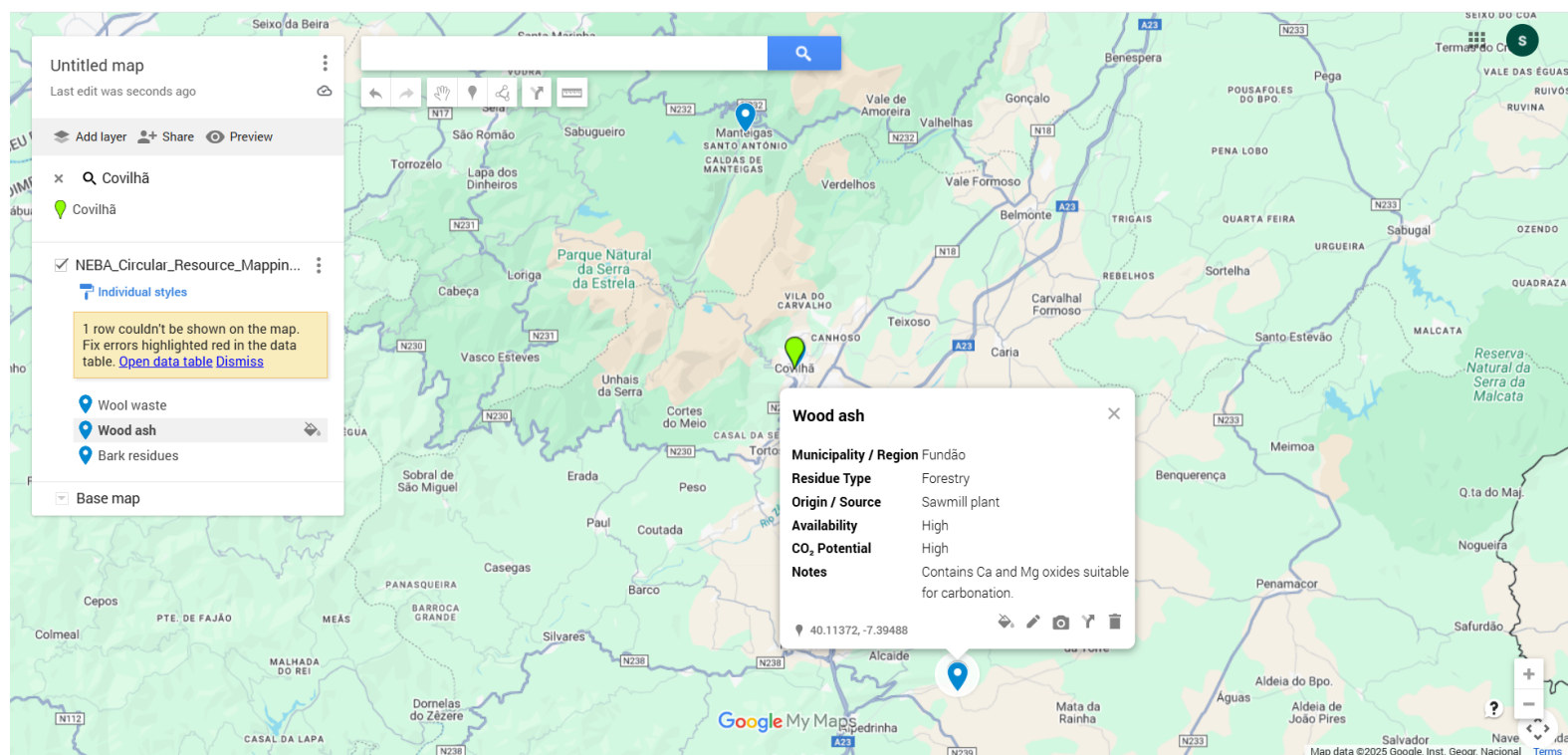


Figura 3. Visualização de dados no Google My Maps

2.3 Interpretação de Dados e Análise Local

Os participantes utilizaram o Google Maps para visualizar os resíduos florestais e têxteis e analisar os dados espaciais para identificar padrões de distribuição regional e oportunidades de uso circular de recursos. A análise destacou o impacto da localização, da proximidade e das propriedades dos materiais na colaboração potencial e na eficiência no uso de recursos. Foram identificados os municípios com as maiores concentrações de resíduos e mapeadas as ligações entre produtores de resíduos, como serrarias e fábricas têxteis, e locais de possível reutilização, incluindo estaleiros de construção, centros de investigação e laboratórios de materiais. A acessibilidade dos resíduos foi avaliada e classificada como baixa, média ou alta, com base na viabilidade de recolha, transporte e valorização.

Cada participante elaborou um resumo analítico que descreve os principais resíduos, sua distribuição geográfica, o potencial de captura ou reutilização de dióxido de carbono e as principais oportunidades de colaboração local. Este processo ajudou a transformar observações baseadas em mapas em informações claras para a tomada de decisões. Os resumos serviram de base para o Plano de Ação Circular apresentado na secção seguinte.

2.4 Plano de Ação Circular

Com base na análise espacial e nos resumos da secção anterior, os participantes passaram da interpretação de dados ao planeamento de ações. Nesta fase, os participantes traduziram as conclusões analíticas em estratégias aplicáveis à inovação circular. Cada projeto começou com a definição de um objetivo circular principal, orientado pelos dados e pelos mapas desenvolvidos anteriormente. Os objetivos incluíram a minimização de resíduos têxteis ou florestais, a incorporação de subprodutos capazes de absorver dióxido de carbono em novas

formulações de materiais e o reforço da colaboração entre a indústria e as instituições de investigação. Os participantes identificaram duas ou três oportunidades viáveis para implementar práticas circulares no contexto local[6]. Para cada oportunidade, analisaram o tipo de resíduo, a sua origem e as possíveis aplicações. Posteriormente, avaliaram métodos para reintegrar esses materiais nos ciclos produtivos e estabelecer ligações entre geradores de resíduos e potenciais utilizadores.

Após a identificação das oportunidades, os participantes desenvolveram ações específicas e calendarizadas. As ações de curto prazo incluíram tarefas de baixo custo, como reuniões com indústrias locais e a recolha de dados complementares. As ações de médio prazo centraram-se em iniciativas de investigação e projetos piloto para o desenvolvimento de protótipos de materiais circulares. As ações de longo prazo envolveram intervenções estruturais, como a integração de princípios circulares às estratégias de planeamento municipal ou regional. Este enquadramento temporal permitiu aos participantes conceber vias de implementação realistas, considerando os recursos disponíveis e as capacidades locais.

A fase final enfatizou o envolvimento das partes interessadas, a avaliação dos resultados e a aprendizagem reflexiva. As responsabilidades das indústrias, dos municípios, dos centros de investigação e das organizações comunitárias foram definidas para promover a colaboração e a responsabilidade partilhada. Os participantes avaliaram os resultados esperados, incluindo reduções nas emissões de dióxido de carbono, aumento da eficiência dos recursos e melhoria da cooperação interorganizacional. Foram ainda identificadas oportunidades adicionais para a inovação sustentável e o emprego verde. Os fluxos de materiais e as relações entre as partes interessadas foram representados por meio de diagramas ou mapas para facilitar a comunicação clara. Cada participante apresentou uma breve reflexão que resumiu os principais aprendizados, os desafios enfrentados na implementação e as possíveis ações futuras. Esta fase final consolidou o conhecimento e reforçou a compreensão do processo de planeamento circular.

3. Análise de Resultados

A análise avaliou até que ponto os participantes aplicaram princípios de design circular, estratégias de redução de resíduos, reutilização de recursos e raciocínio espacial ao longo do curso. Cada projeto foi avaliado quanto à coerência entre a interpretação dos dados, os resultados do mapeamento e a abordagem apresentada no Plano de Ação Circular, que constitui um quadro estruturado para promover a circularidade. Os conhecimentos baseados em mapeamento gerados no NEBA 3 complementam os resultados experimentais do NEBA 2, estabelecendo uma continuidade integrada de aprendizagem entre a análise digital e a experimentação material.

Os resultados indicaram que os participantes desenvolveram uma compreensão clara dos fluxos regionais de materiais e das potenciais ligações circulares. Numerosos projetos identificaram sinergias entre os setores florestal e têxtil, destacando oportunidades de reutilização de resíduos e de redução do dióxido de carbono (CO₂). O processo analítico estimulou o pensamento crítico e permitiu que os participantes transformassem observações ambientais em ações práticas[7].

Vários projetos introduziram métodos inovadores, incluindo testes piloto em pequena escala para a mineralização do dióxido de carbono (CO₂), a utilização de resíduos em materiais de construção locais e a integração de princípios circulares em estratégias comunitárias[8]. Embora a profundidade e o alcance dos projetos variassem, todas as propostas demonstraram

um envolvimento significativo com os temas da sustentabilidade, da colaboração e da eficiência de recursos.

A análise confirmou que a combinação do mapeamento geoespacial com o planeamento circular reforça tanto as competências técnicas quanto as estratégicas. Essa abordagem prepara os participantes para enfrentar desafios reais de sustentabilidade. Os participantes concluíram o programa com maior capacidade de interpretar dados ambientais, conceber soluções de sustentabilidade adaptadas ao contexto e implementar mudanças positivas. Esses resultados demonstram o impacto transformador e a eficácia educativa da metodologia NEBA, que integra ferramentas digitais, conhecimento científico e pensamento criativo no design [9,10].

4. Conclusão

O curso de Mapeamento de Recursos Circulares demonstrou o papel dos dados regionais sobre resíduos na promoção da inovação circular. Ao integrar ciência ambiental, análise geoespacial e pensamento de design, os participantes conseguiram articular eficazmente os quadros teóricos à implementação prática.

O curso incluiu a recolha de dados, a visualização, a interpretação e o planeamento de ações, demonstrando que os processos de mapeamento são científicos e criativos simultaneamente. Esta abordagem revelou fluxos de materiais anteriormente desconhecidos, permitindo às comunidades identificar oportunidades para a utilização circular de recursos e para a redução das emissões de dióxido de carbono[10].

Os participantes reforçaram as suas competências analíticas e estratégicas e desenvolveram uma compreensão mais profunda sobre como os recursos materiais locais contribuem para os objetivos ambientais. A integração entre o mapeamento, as atividades colaborativas e as práticas reflexivas promoveu uma perspetiva orientada para a regeneração, a inovação e a sustentabilidade.

O programa demonstrou que o mapeamento de recursos circulares vai além dos processos técnicos, constituindo uma metodologia transformadora que integra as partes interessadas, os dados e o contexto geográfico para avançar rumo a objetivos de neutralidade carbónica.

5. Avaliação Final - Perguntas

- 1) Qual é o principal objetivo do mapeamento de recursos circulares (Circular Resource Mapping) no curso NEBA 3?
- 2) Quais ferramentas digitais são utilizadas para a visualização de dados neste curso?
- 3) Que tipos de resíduos foram mapeados no estudo de caso de Covilhã?
- 4) Como o mapeamento contribui para a inovação circular?
- 5) Na recolha de dados, por que é importante definir parâmetros claros, como o tipo e a origem do resíduo?
- 6) Qual é o propósito do Plano de Ação Circular (Circular Action Plan)?
- 7) De que forma o mapeamento pode apoiar a colaboração local entre indústrias, municípios e centros de investigação?
- 8) Quais são exemplos de ações de curto, médio e longo prazo no planeamento circular?
- 9) Que competências os participantes desenvolvem ao longo deste curso?
- 10) Como o conhecimento e os resultados obtidos no NEBA 3 podem ser aplicados em futuras investigações ou em projetos práticos?

6. Referência

- [1] R. Roychand, J. Li, S. Kilmartin-Lynch, M. Saberian, J. Zhu, O. Youssf, T. Ngo, Carbon sequestration from waste and carbon dioxide mineralisation in concrete - A stronger, sustainable and eco-friendly solution to support circular economy, *Constr Build Mater* 379 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131221>.
- [2] V. Viola, M. Catauro, A. D'Amore, P. Perumal, Assessing the carbonation potential of wood ash for CO₂ sequestration, *Low-Carbon Materials and Green Construction* 2 (2024) 12. <https://doi.org/10.1007/s44242-024-00043-9>.
- [3] M. Hanifa, R. Agarwal, U. Sharma, P.C. Thapliyal, L.P. Singh, A review on CO₂ capture and sequestration in the construction industry: Emerging approaches and commercialised technologies, *Journal of CO₂ Utilization* 67 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102292>.
- [4] J. Lederer, A. Gassner, F. Kleemann, J. Fellner, Potentials for a circular economy of mineral construction materials and demolition waste in urban areas: a case study from Vienna, *Resour Conserv Recycl* 161 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104942>.
- [5] A. Yousefi-Sahzabi, K. Sasaki, I. Djamaluddin, H. Yousefi, Y. Sugai, GIS modeling of CO₂ emission sources and storage possibilities, in: *Energy Procedia*, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.02.188>.
- [6] C. Furlan, C. Mazzarella, A. Arlati, G. Arciniegas, A. Obersteg, A. Wandl, M. Cerreta, Exploring a geodesign approach for circular economy transition of cities and regions: Three European cases, *Cities* 149 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104930>.
- [7] L. Li, Q. Liu, T. Huang, W. Peng, Mineralization and utilization of CO₂ in construction and demolition wastes recycling for building materials: A systematic review of

recycled concrete aggregate and recycled hardened cement powder, Sep Purif Technol 298 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121512>.

- [8] V. Haripan, R. Gettu, M. Santhanam, Assessment of the CO₂ sequestration potential of waste concrete fines, Mater Struct 57 (2024) 244. <https://doi.org/10.1617/s11527-024-02531-7>.
- [9] N. Zhang, B. Xi, J. Li, L. Liu, G. Song, Utilization of CO₂ into recycled construction materials: A systematic literature review, J Mater Cycles Waste Manag 24 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01489-4>.
- [10] H. Cheng, Y. Wang, L. Shan, Y. Chen, K. Yu, J. Liu, Mapping fine-scale carbon sequestration benefits and landscape spatial drivers of urban parks using high-resolution UAV data, J Environ Manage 370 (2024) 122319. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122319>.