

PASSAPORTE DIGITAL DE PRODUTO NA AGENDA ECP: PLATAFORMA DE INTEROPERABILIDADE

Bernardo Pacheco ⁽¹⁾, Nelson Martins ⁽²⁾, Pedro Roseiro ⁽³⁾, João Guiomar ⁽⁴⁾

(1) INOV, Lisboa, ID ORCID 0000-0003-2686-5902

(2) APICER, Coimbra, ID ORCID 0009-0002-6097-9233

(3) INOV, Lisboa, ID ORCID 0000-0002-6570-2834

(4) INOV, Lisboa, ID ORCID 0009-0005-6286-7931

Resumo

O desenvolvimento do Passaporte Digital de Produto (PDP), no âmbito da Agenda Mobilizadora “Ecocerâmica e Cristalaria de Portugal” (Agenda ECP) do PRR, resulta da colaboração entre a APICER e o INOV, focada na transição digital e verde do setor cerâmico nacional.

O PDP é uma ferramenta que permite recolher e transmitir informação ao longo do ciclo de vida do produto e da cadeia de valor, incluindo dados de impacto ambiental, requisitos de ecodesign e circularidade.

A arquitetura técnica, desenvolvida pelo INOV, baseia-se numa plataforma de interoperabilidade com modelo de dados extensível e normalizado, suportado por modelos semânticos que asseguram integração com diferentes sistemas. Inclui mapeamento para ambientes IFC/bSDD, permitindo ligação aos Product Data Templates (PDT) no BIM, bem como APIs, protocolos abertos de comunicação máquina a máquina e mecanismos robustos de autenticação e autorização.

O sistema está alinhado com as normas em desenvolvimento pela CEN/CENELEC/JTC 24, com participação da APICER e do INOV via CT 228 do IPQ, e cumpre o quadro regulatório europeu, nomeadamente os Regulamentos (UE) 2024/1781 e 2024/3110.

Os resultados incluem protótipos funcionais validados, permitindo testar fluxos de dados entre fabricantes e plataformas, contribuindo para maior competitividade, sustentabilidade e transparência da informação do produto.

1 Introdução

O Passaporte Digital de Produto (PDP) afirma-se como instrumento central na transição para uma economia circular europeia, alinhado com o Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*) e a descarbonização. A transformação digital impulsionada pela Indústria 4.0 permite recolher, processar e partilhar dados ao longo de cadeias de valor complexas, suportando novos níveis de transparência e conformidade para produtos no mercado europeu [1].

No setor cerâmico português, o PDP representa uma oportunidade estratégica de cumprimento regulatório e diferenciação competitiva. A Agenda ECP enquadra-se neste contexto,

promovendo infraestruturas técnicas que suportam a sua adoção, com foco na interoperabilidade com BIM e plataformas de economia circular.

Este artigo apresenta a arquitetura técnica da plataforma de interoperabilidade para gestão de dados do PDP, destacando mecanismos de comunicação, harmonização semântica e segurança, essenciais à participação dos vários atores num ecossistema digital colaborativo. A solução cumpre o Regulamento (UE) 2024/1781 (ESPR) [2], o Regulamento (UE) 2024/3110 (RPC) [3] e a normalização em desenvolvimento pela CEN/CENELEC/JTC 24 [4].

A arquitetura proposta suporta uma implementação descentralizada, assegurando soberania dos dados, interoperabilidade, segurança e confiança, e permitindo integrar informação ambiental, de sustentabilidade e circularidade ao longo do ciclo de vida do produto.

2 Enquadramento Regulamentar

2.1 Contexto Legal e Normativo

A implementação do Passaporte Digital de Produto surge como um imperativo regulamentar no contexto europeu de transição para a economia circular. O Regulamento ESPR, que entrou em vigor em julho de 2024, estabelece os requisitos fundamentais para a existência e funcionamento do sistema de passaportes digitais. Este regulamento, integrado no Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*) e no Plano de Ação para a Economia Circular (PAEC), visa transformar fundamentalmente a forma como os produtos são concebidos, produzidos e comunicados no mercado europeu [5] [6].

Complementarmente, o Regulamento RPC reforça estes requisitos ao estabelecer disposições específicas sobre a rastreabilidade e a transparência da cadeia de valor. Para o setor cerâmico português, estes regulamentos implicam a necessidade de implementação de sistemas que permitam documentar a composição dos materiais, a origem das matérias-primas, o desempenho ambiental e as possibilidades de reutilização, reparação e reciclagem de cada produto [7].

2.2 Regulamento (UE) 2024/1781 – Regulamento de Conceção Ecológica para Produtos Sustentáveis (ESPR)

O ESPR, publicado em 28 de junho de 2024 e em vigor desde 18 de julho de 2024, estabelece um marco regulatório para requisitos de ecodesign aplicáveis a todos os produtos colocados no mercado europeu [2]. O Regulamento define obrigações de sustentabilidade, eficiência energética e economia circular, estendendo o escopo da anterior Diretiva de Ecodesign (2009/125/EC), que se limitava a produtos relacionados com consumo de energia.

O PDP é instrumento informacional central para demonstração de conformidade com requisitos ESPR. O Regulamento estabelece que produtos sustentáveis devem ser acompanhados de documentação digital identificável, acessível e legível por máquina. Os requisitos específicos incluem:

- **Identificador único e persistente do produto**, assegurando rastreabilidade;
- **Suporte de dados legível por máquina** baseado em normas abertas (JSON, XML, RDF);
- **Rede aberta e interoperável**, sem dependência de plataformas ou fornecedores;
- **Formatos de dados interoperáveis**, garantindo que diferentes sistemas possam ler e processar dados PDP sem conversão manual;

- **Acesso fácil e gratuito baseado em direitos de acesso diferenciados**, disponibilizando informação a todos os atores relevantes, segundo o princípio da necessidade de saber;
- **Proibição de utilizações secundárias** sem consentimento;
- **Armazenamento descentralizado**, permitindo gestão direta pelos operadores económicos ou através de prestadores certificados;
- **Disponibilidade de cópia de segurança através de prestador PDP independente e certificado**, garantindo continuidade e resiliência do acesso;
- **Pontos de informação estáticos e dinâmicos**: o PDP pode conter informação fixa (composição material) e atualizada durante o ciclo de vida (reciclabilidade);
- **Níveis de acesso público e restrito**: informação pública coexiste com proteção de informação sensível.

2.3 Regulamento (UE) 2024/3110 – Regulamento de Produtos de Construção (RPC)

O novo Regulamento de Produtos de Construção (RPC), aprovado em novembro de 2024 e aplicável a partir de 8 de janeiro de 2026, substitui o anterior Regulamento de Produtos de Construção (2011/305/EU). Este instrumento jurídico estabelece requisitos de desempenho, segurança e sustentabilidade específicos para produtos da indústria de construção [3].

O PDP para produtos de construção integra informação de conformidade e desempenho, consolidando a anterior Declaração de Desempenho (DoP) numa estrutura digital ampliada (Declaração de Desempenho e Conformidade – DoPC). O PDP de construção deve incluir:

- **Declaração de Desempenho e Conformidade (DoPC)**: informação sobre características de desempenho nos aspetos essenciais (segurança, ambiente, saúde), compatível com Especificações Técnicas Harmonizadas (ETH);
- **Instruções de utilização e segurança**: guias técnicos e manuais;
- **Documentação técnica**: especificações de desempenho, teste, certificação;
- **Informações de rotulagem**: requisitos específicos por categoria de produto;
- **Identificadores únicos e portadores de dados**: sistema de marcação e código QR para ligação ao PDP digital.

O cronograma de aplicação do RPC 2024 estabelece que:

- 8 de janeiro de 2026: aplicabilidade geral do novo Regulamento;
- 18 meses após entrada em vigor dos Atos Delegados da Comissão: obrigatoriedade de fornecimento de PDP pelos fabricantes.

Isto significa que produtos cerâmicos de construção (azulejos, pavimentos, revestimentos, sanitários), com especificações técnicas harmonizadas, terão de contar com PDP operacional no prazo indicado, ou seja, 18 meses após publicação dos Atos Delegados.

2.4 Mandato de Normalização Europeia

A Comissão Europeia mandatou o CEN-CENELEC, através do Comité Técnico Conjunto 24 (JTC 24), para desenvolver um conjunto de normas harmonizadas que estabeleçam a arquitetura e os requisitos de dados do sistema de Passaportes Digitais. Em Portugal, a Comissão Técnica IPQ/CT 228, coordenada pela GS1 Portugal, assume o papel de órgão espelho da JTC 24, acompanhando a implementação a nível nacional [4] [8].

Os requisitos essenciais para o sistema PDP definidos pela proposta de ESPR incluem:

- (i) identificadores únicos e persistentes do produto;
- (ii) suportes de dados legíveis por máquina e link entre produto físico e gémeo digital;
- (iii) gestão de acessos, segurança do sistema e confidencialidade;

- (iv) interoperabilidade técnica, semântica e organizacional;
- (v) protocolos de troca de dados;
- (vi) armazenamento, arquivo e persistência dos dados;
- (vii) autenticação, confiabilidade e integridade dos dados;
- (viii) APIs e gestão do ciclo de vida do PDP.

Estes requisitos são explorados nas seções seguintes, através de mecanismos concretos da plataforma.

3 Conceito

De forma a contribuir para uma tomada de decisão baseada em dados, melhorar a transparência ao longo de toda a cadeia de valor e apoiar a produção e o consumo sustentáveis, a recolha e o tratamento de dados, bem como a interoperabilidade entre sistemas, assumem-se como fatores fundamentais no desenho do PDP.

Nesse sentido, no âmbito da Agenda ECP, o PDP foi concebido em paralelo com uma Plataforma de Interoperabilidade, desenhada para suportar serviços transversais associados às cadeias de valor do fabrico de produtos cerâmicos, integrando informação proveniente de diferentes atores com níveis heterogéneos de maturidade digital e promovendo a criação de relações de confiança e cooperação entre as entidades envolvidas.

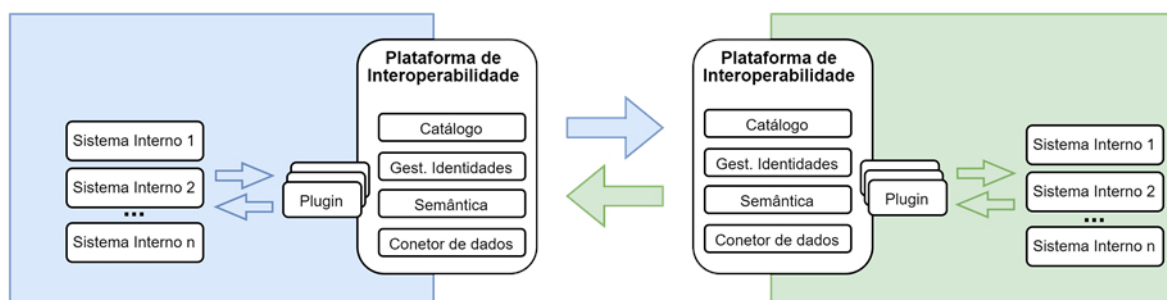


Figura 1 - Interligação da Plataforma de Interoperabilidade com outros sistemas

A Figura 1 ilustra a forma como a plataforma de interoperabilidade atua para permitir a interligação entre sistemas internos, tais como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Product Lifecycle Management* (PLM) e outros serviços de suporte à produção, bem como a interligação entre entidades de diferentes organizações. Integrado nesta plataforma, o serviço de criação do PDP permite importar informação gerada ao longo do processo produtivo, selecioná-la e complementá-la durante a criação do PDP. A plataforma suporta ainda o acesso a dados que asseguram a integridade e irrefutabilidade da informação associada ao PDP após a sua publicação, preservando soberania de dados entre organizações.

A Figura 2 ilustra as várias etapas do ciclo de vida do PDP, desde a recolha de informação, passando pela criação e disseminação.

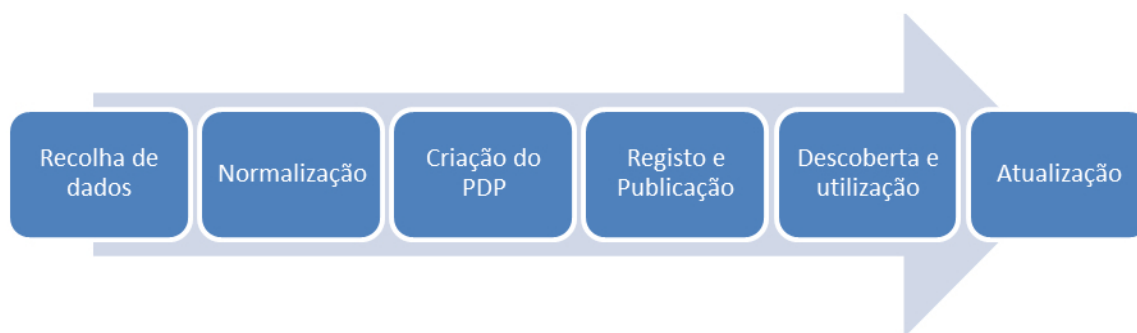


Figura 2 - Etapas do ciclo de vida do PDP

Para criar um Passaporte Digital de Produto (PDP), o utilizador inicia o processo selecionando ou configurando um modelo que define a informação a incluir, conforme o contexto. Pode depois pesquisar, através do identificador do produto, dados já existentes na plataforma de interoperabilidade, complementando-os com preenchimento manual e submissão de documentação adicional.

Durante o processo, é definido o âmbito do PDP, podendo aplicar-se ao nível do modelo, lote ou item individual. Após a recolha e validação, a informação é compilada num pacote estruturado, com dados ligados e semanticamente consistentes. É então registado em blockchain um resumo criptográfico, garantindo a integridade e irrefutabilidade da informação.

Após a criação, o PDP é registado e publicado, ficando acessível através de um código QR. A consulta pode ser feita em diferentes modos, como forma agregada ou estendida, consoante o perfil e permissões do utilizador.

Para outros intervenientes da cadeia de valor e autoridades, o sistema disponibiliza pacotes de dados estruturados, em formato de dados ligados e alinhados com o vocabulário definido, assegurando interoperabilidade e consistência na partilha de informação.

4 Arquitetura

4.1 Objetivos da Plataforma de Interoperabilidade

Foram definidos seis objetivos para a plataforma de interoperabilidade:

1. **Descentralização dos dados** em ambiente federado;
2. **Soberania dos dados**, assegurando controlo pelos detentores;
3. **Segurança e confiança**, com mecanismos de identidade e proteção;
4. **Interoperabilidade**, baseada em harmonização semântica;
5. **Suporte ao Passaporte Digital de Produto** ao longo da cadeia de valor;
6. **Avaliação contínua** em contexto real e industrial.

4.2 Especificação da Plataforma de Interoperabilidade

Para assegurar que os objetivos identificados para a plataforma de interoperabilidade são refletidos nas fases de desenho e implementação, é necessário identificar os problemas que se colocam durante a partilha e utilização dos dados, os quais deverão ser atendidos pelas soluções técnicas e modelo de governação. O ponto de partida foi a identificação de um conjunto de barreiras que têm de ser ultrapassadas para que os parceiros considerem participar num

ecossistema comum para partilha de dados, nomeadamente reconhecendo que as organizações só estarão disponíveis se tiverem a capacidade de:

- seleccionar os dados adequados para os seus fins específicos;
- seleccionar os fornecedores de dados e confiar na sua identidade e descrição;
- verificar a fiabilidade da organização que recebe os seus dados;
- definir e aderir a políticas de utilização de dados;
- programar os eventos que deverão desencadear a troca de dados;
- utilizar eficazmente as suas ferramentas com os dados recebidos;
- confiar na plataforma em que os dados são utilizados.

Tendo em conta estes obstáculos, foram definidas funcionalidades específicas, tais como:

- gestão da identidade dos participantes e dos recursos;
- harmonização semântica;
- criação de um catálogo de dados disponíveis;
- acesso seletivo aos dados e recursos, com transferência a pedido ou por subscrição;
- definição e a aplicação de acordos de utilização;
- mecanismos de verificação e auditoria;
- utilização de “blockchain” para gestão de identidade e registo de operações críticas.

Estas funcionalidades suportam um modelo de governação de dados alinhado com os requisitos dos PDP, nomeadamente no que respeita à identificação única de entidades e produtos, controlo de acessos, definição de políticas e condições de utilização de dados, rastreabilidade das operações e responsabilização dos intervenientes ao longo do ciclo de vida da informação.

4.3 Fluxo de Dados e de Informação

A plataforma de interoperabilidade suporta diferentes padrões para troca de dados. No caso mais genérico, o fornecedor de dados publica-os num catálogo que depois é consultado pelos potenciais consumidores. Permite também o envio direccionado ou por subscrição. Para o primeiro caso, o fluxo considerado para a troca de dados está organizado em duas fases diferentes, uma em que o ator principal é o fornecedor de dados e outra em que o foco está no consumidor de dados.

A primeira fase começa com a configuração de utilizadores nos seus nós e o registo dos nós na federação; em seguida, um utilizador registado pode seleccionar um pacote de dados e configurá-los localmente; estes dados podem ser enriquecidos, por exemplo, com os resultados de avaliações de qualidade e de risco, antes de serem publicados; o processo de publicação que se segue consiste em carregar a descrição dos dados, incluindo as licenças e políticas de utilização, num catálogo federado, enquanto os dados propriamente ditos permanecem no nó local.

A segunda fase começa quando um utilizador de um nó registado encontra uma determinada entrada no catálogo federado que se adequa ao seu objetivo. Para aceder a essa entrada, o utilizador apresenta um pedido ao fornecedor de dados e, após uma negociação bem-sucedida, incluindo a validação das condições indicadas na licença de utilização associada, o fornecedor de dados transmite-os ao potencial utilizador, de acordo com as necessidades no pedido.

A título exemplificativo, um fabricante pode publicar no catálogo federado o PDP de um componente construtivo, incluindo propriedades técnicas, ambientais e de circularidade. Um projetista, ao desenvolver um modelo BIM do edifício, pode pesquisar esse componente diretamente no seu ambiente BIM, consultar o respetivo DPP e integrar automaticamente os

dados no modelo, garantindo coerência entre a informação de produto e a representação digital do edifício ao longo do ciclo de vida.

No envio direcionado ou por subscrição, o fluxo é semelhante, mas a segunda fase inicia-se com uma notificação ao destinatário para que recolha o pacote de dados enviado.

A arquitetura foi estruturada em três camadas distintas de interoperabilidade:

- **Camada de Dados:** assegura o armazenamento seguro em nós distribuídos, com mecanismos de backup e recuperação que garantem disponibilidade contínua ao longo do ciclo de vida do produto, mesmo após descontinuidade do fornecedor. A soberania dos dados é mantida por cada entidade, que define condições de acesso e utilização.
- **Camada Semântica:** permite a troca de informação com significado inequívoco entre sistemas, agentes e aplicações. Baseia-se em vocabulários e ontologias que harmonizam conceitos em ambientes heterogéneos, usando padrões estruturados e metadados para interpretação automática.
- **Camada de Serviços:** disponibiliza funcionalidades transversais baseadas em dados da cadeia de valor, incluindo rastreabilidade de produto, análise de impacto ambiental, verificação de conformidade regulamentar e suporte à economia circular.



Figura 3 - Camadas de interoperabilidade

O modelo de dados apresentado na Secção 5 operacionaliza estas camadas, em particular a camada semântica e a camada de serviços, assegurando a interoperabilidade entre sistemas BIM e os PDP, bem como a reutilização consistente da informação ao longo do ciclo de vida dos produtos e ativos construídos.

5 Modelo de Dados e Metodologia de Desenvolvimento

5.1 Harmonização Semântica e Vocabulários

A harmonização semântica é conseguida através de um vocabulário modular desenvolvido especificamente para a plataforma, cobrindo:

- **Descrição de Conjuntos de Dados:** metadados estruturados sobre conteúdo, estrutura, formato e esquema;
- **Qualidade de Dados:** indicadores de exatidão, consistência e atualidade;
- **Proveniência, Autoria e Versão:** rastreabilidade da origem, responsáveis e histórico;
- **Condições de Utilização:** licenças, acessos, direitos de reutilização e restrições de uso.

O ponto de partida para o desenho do modelo de dados foi a definição de PDP existente na proposta de regulamento ESPR. Após pesquisa e análise ao estado de arte relativamente a vocabulários e ontologias existentes no âmbito da economia circular, identificaram-se duas ontologias que respondiam às necessidades de modularidade, extensibilidade e flexibilidade do projeto. A *Digital Product Passport Ontology* (DPPO) [9], que representa um modelo PDP base, e a *Circular Economy Ontology Network* (CEON) [10], um vocabulário comum que representa informação sobre economias circulares. Ambas as ontologias foram desenhadas como uma rede de ontologias, ou seja, como um conjunto de módulos que podem ser usados, expandidos e modificados de forma flexível [11][12]. A ontologia DPPO serviu como base para o modelo, tendo sido estendida com os módulos *Process ODP* e *Process* do vocabulário CEON para informação sobre rastreabilidade do produto. São estas duas ontologias que definem a base para a ontologia PDP do projeto, uma ontologia *cross-domain* modular, extensível e flexível. O vocabulário é expresso em formatos interoperáveis como JSON-LD (*JSON for Linked Data*), permitindo leitura por humanos e por máquinas (*machine-readable*). A conceção modular facilita a evolução contínua do vocabulário para acomodar novas exigências regulatórias. Neste contexto, o vocabulário pode ser complementado por dicionários conceptuais como o *buildingSMART Data Dictionary* (bSDD), assegurando consistência terminológica no setor da construção, bem como por estruturas de propriedades normalizadas associadas ao conceito de *Product Data Template* (PDT), que permitem a definição estruturada e reutilizável de atributos técnicos de produto ao longo do ciclo de vida.

5.2 Interfaces de Programação (APIs) Normalizadas

A plataforma implementa APIs RESTful normalizadas para integração com sistemas internos das organizações e comunicação entre nós da federação. As APIs suportam:

- **Endpoints Normalizados:** para registo de novos PDPs, consulta de dados e atualizações.
- **Mecanismos de Pesquisa:** busca por múltiplos atributos como fabricante, categoria, certificação e propriedades ambientais.
- **Autenticação Segura:** baseada em OAuth 2.0 e OpenID Connect para controlo de acesso.
- **Gestão de Histórico:** registo completo de alterações e logs de auditoria para rastreabilidade.
- **Compatibilidade com Linked Data:** suporte a dados semânticos e verificação de integridade.

As APIs utilizam formatos de dados como JSON (*JavaScript Object Notation*), XML (*Extensible Markup Language*) e JSON-LD, permitindo integração com *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Product Lifecycle Management* (PLM) e sistemas de *Internet of Things* (IoT) presentes nas fábricas, ou plataformas como o Sistema Integrado de Apoio à Produção e o BIMCer (PDTs – *Product Data Templates*), também em desenvolvimento na Agenda ECP, com potencial mapeamento para ambientes IFC/bSDD.

Este conjunto de APIs assegura ainda mecanismos consistentes de versionamento, rastreabilidade e auditabilidade das operações, reforçando o modelo de governação de dados ao longo de todo o ciclo de vida da informação.

5.3 Passaporte Digital de Produto – Pacotes de Dados

O Passaporte Digital de Produto é composto por pacotes de dados estruturados que reúnem informações ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Cada pacote inclui:

- **Dados Gerais do Produto:** Identificador único global, nome, imagem, local de produção, características técnicas, durabilidade estimada, instruções de uso e segurança. Pode ser organizado ao nível de modelo, lote ou item individual.

- **Composição e Origem de Materiais:** descrição de materiais utilizados, percentagem de reciclado, origem das matérias-primas e identificação de substâncias de elevada preocupação.
 - **Dados Ambientais e de Sustentabilidade:** pegada ecológica e de carbono (incluindo ciclo de vida), eficiência energética, consumo de água, recursos naturais e impacto ambiental.
 - **Certificações e Conformidade:** certificados ambientais, *Ecolabel*, DAP/EPD e outros documentos de conformidade, incluindo DoPC alinhada com o RPC.
 - **Instruções para Fim de Vida:** orientações para desmontagem, reutilização, reparação, remodelação e reciclagem, promovendo economia circular.
- Os pacotes de dados podem ser estáticos (informação fixa) ou dinâmicos, caso permitam atualização ao longo do ciclo de vida do produto.

5.4 Metodologia de preparação e atualização dos dados no PDP

O desenvolvimento incluiu a definição de processos robustos para preparar e atualizar os dados:

- a) **Preparação Inicial:** os dados são recolhidos dos sistemas internos (gestão ambiental, declarações de produto, certificações), validados, enriquecidos com metadados descritivos e mapeados para os modelos semânticos da plataforma.
- b) **Validação de Qualidade:** são aplicadas verificações automáticas de completude, consistência e conformidade com os esquemas definidos, com sinalização de dados incorretos para correção antes da publicação.
- c) **Atualização Pós-Produção:** após o fabrico, o PDP pode ser atualizado com dados de logística, armazenamento, vendas, utilização e fim de vida, com registo incremental, versionamento, retificação e eventual revogação.
- d) **Mapeamento para Interoperabilidade:** os dados são convertidos para formatos normalizados, garantindo interpretação entre sistemas da federação e correspondência entre PDP, PDTs e modelos BIM, assegurando continuidade digital.

Este enquadramento garante a integração entre BIM, PDP e plataforma de interoperabilidade, assegurando rastreabilidade, reutilização e coerência semântica ao longo do ciclo de vida.

6 Conclusão e Trabalhos Futuros

O desenho da plataforma de interoperabilidade responde à necessidade de uma solução segura, fiável e capaz de suportar a troca de informação e a execução de serviços transversais.

O modelo baseia-se num ambiente federado, onde cada organização opera o seu próprio nó, mantendo soberania total sobre utilizadores, dados e condições de partilha. Este modelo permite desenvolver serviços que utilizam dados de múltiplos participantes, como o PDP.

A arquitetura do serviço cobre todo o ciclo do PDP: preparação do pacote de dados, reutilização de passaportes intermédios e atualização após colocação no mercado. Os resultados obtidos são ainda preliminares, maioritariamente validados em ambiente controlado.

Os próximos desenvolvimentos focam-se na escalabilidade, com testes de desempenho em contexto industrial real, avaliando métricas como tempo de processamento, integração com sistemas externos e robustez da interoperabilidade.

A arquitetura modular permitirá expandir a solução a outros setores além da cerâmica, incluindo vidro e produtos de construção. Paralelamente, serão desenvolvidos mecanismos de otimização das cadeias de valor, bem como modelos de governança e sustentabilidade financeira que assegurem a operação contínua e o envolvimento dos principais stakeholders.

7 Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da Agenda Mobilizadora Ecocerâmica e Cristalaria de Portugal (ECP), <https://agendaecp.pt/pt>

Agenda Verde para a Inovação Empresarial, financiada pelo PRR - Plano de Recuperação e Resiliência, no âmbito do Next Generation EU da União Europeia | Projeto nº 76.



8 Referências

- [1] Alcácer, V., Cruz-Machado, V. “Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems.” Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 22 issue 3, pp 899-919, 2019 doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006
- [2] Regulamento (UE) 2024/1781 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de junho de 2024, que estabelece requisitos de conceção ecológica para produtos sustentáveis. Jornal Oficial da União Europeia <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj>
- [3] Regulamento (UE) 2024/3110 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de novembro de 2024, que estabelece Regulamento para Produtos de Construção. Jornal Oficial da União Europeia <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng>
- [4] CEN/CENELEC/JTC 24. Digital Product Passport System for Construction Products – Technical Specifications (Draft). Working Group Documentation, 2024
- [5] O Pacto Ecológico Europeu, Comissão Europeia, 2019
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [6] Plano de Ação para a Economia Circular, Comissão Europeia, 2020
https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en
- [7] Pacheco, B., D6.1.1 - Requisitos, Especificações e Arquitetura. Entregável do Projeto Agenda ECP, 2024
- [8] Martins, N. “Sistema PDP: A Infraestrutura Digital que liga Normalização, Dados e Cibersegurança na Indústria 4.0”, Revista Kéramica, ed. Nº 398, pp 37-40, Set-Out 2025
- [9] Digital Product Passport Ontology (DPPO). URL: <https://liusemweb.github.io/DPPO/>
acedido: 2026-04-29
- [10] Circular Economy Ontology Network (CEON). URL: <https://liusemweb.github.io/CEON/>
acedido: 2026-04-29
- [11] M. Jansen, E. Blomqvist, R. Keskiärrä, H. Li, M. Lindecrantz, K. Wannerberg, A. Pomp, T. Meisen, H. Berg, Modelling Digital Product Passports for the Circular Economy, in: Proceedings of the 2nd International Workshop on Knowledge Graphs for Sustainability (KG4S 2024), 2024.
- [12] E. Blomqvist, H. Li, R. Keskiärrä, M. Lindecrantz, M. Abd Nikooie Pour, Y. Li, P. Lambrix, Cross-domain Modelling – A Network of Core Ontologies for the Circular Economy, in: Proceedings of the 14th Workshop on Ontology Design and Patterns (WOP 2023), 2023.