

Conceptualização de um ambiente comum de dados (CDE) orientado para pequenas e médias empresas

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.30>

**João Aleixo¹, João Pedro Couto²,
João Daniel Pereira³, João Marcelo Silva⁴,
Miguel Azenha⁵**

¹ CTAC, Universidade do Minho, Guimarães, 0009-0006-8560-9588

² CTAC, Universidade do Minho, Guimarães, 0000-0001-9607-0596

³ Innovationpoint S.A, DST Group, Braga, Portugal

⁴ BIM+, DST Group, Braga, Portugal

⁵ ISISE, Universidade do Minho, Guimarães, 0000-0003-1374-9427

Resumo

Em Portugal, as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) enfrentam vários obstáculos na adesão à transformação digital inerente à evolução dos vários setores de atividade. No setor da Arquitetura, Construção, Operação e Construção verifica-se que as PMEs apresentam défices na implementação de soluções digitais avançadas, em particular ao nível das plataformas de gestão de informação de projeto. Os entraves financeiros, e também a escassez de conhecimento técnico especializado, dificultam a adoção de soluções avançadas de gestão da informação.

São várias as iniciativas que contribuem para mitigar estes entraves, desde publicações científicas, planos mobilizadores para o desenvolvimento, ações de financiamento e formação técnica. No entanto, a necessidade de ferramentas passíveis de serem aplicadas ao quotidiano operacional das organizações continua a ser um espaço com potencial de investigação no setor da construção. Neste sentido, este artigo apresenta um estudo que se concentra na conceptualização, e consequente desenvolvimento, de um Ambiente Comum de Dados, especialmente concebido para PMEs, alinhado com as especificações da ISO 19650, que visam assegurar a aplicabilidade da plataforma em contexto operacional. Será exposto o processo de integração dos requisitos definidos pelo padrão ISO no desenvolvimento da solução de CDE

em causa, de forma a tornar evidentes os benefícios de uma plataforma desenvolvida especialmente para a gestão da informação na construção. Além disto, e através da colaboração com diferentes intervenientes do setor da construção, são apresentadas evidências sobre os benefícios tangíveis da utilização de um CDE, demonstrando como esta iniciativa pode ser um catalisador para a digitalização mais inclusiva da indústria da construção em Portugal. Este artigo procura contribuir para a democratização da transformação digital na construção civil e propõe uma alternativa viável para que as PME's deste setor possam implementar ferramentas especializadas. A plataforma desenvolvida será disponibilizada, em versão aberta, assim que o seu nível de maturidade e desenvolvimento o permitam.

1. Introdução

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) em Portugal, significativo na composição do Produto Interno Bruto e essencial para a criação de postos de trabalho [1], tem atravessado mudanças de paradigma impulsionadas pela transformação digital. As Pequenas e Médias Empresas, que representam a grande parte do tecido empresarial deste setor, enfrentam vários desafios na adesão a esta mudança de paradigma de trabalho. Uma das inovações mais relevantes para o setor é o Ambiente Comum de Dados (CDE), cujo objetivo é otimizar a gestão de informação nos projetos de construção [2].

São várias as alternativas de CDE existentes no mercado, como o Autodesk BIM 360, o Trimble Connect, o Oracle Aconex, entre outros, no entanto as PME's enfrentam dificuldades na sua implementação [3]. Os elevados custos de subscrição, que constituem encargos financeiros difíceis de comportar, associados à escassez de conhecimento técnico, específico para cada solução de CDE, apresentam-se como os principais motivos para a não implementação deste tipo de soluções [4]. Por outro lado, o facto do fluxo de trabalho ser muitas vezes restringido às plataformas e ferramentas da mesma empresa de *software*, é um fator desmotivador para o investimento em soluções avançadas de Gestão de Informação.

Por consequência disto, muitas PME's optam pela utilização de ferramentas convencionais de gestão documental, como a Dropbox ou a Google Drive que, apesar das suas capacidades, não foram desenvolvidas para albergar os requisitos de colaboração e gestão da informação defendidos pela ISO 19650 [5], como a gestão de metadados e perfis de acesso à de informação ou a aplicação de regras de nomenclatura de ficheiros. A conjugação destes fatores expõe uma lacuna deste mercado, a escassez de soluções de CDE mais acessíveis e interoperáveis, que tenham por base a utilização de padrões abertos, importantes para a padronização da colaboração entre os intervenientes do setor [6].

A literatura existente expõe a importância da implementação de Gestão de Informação no âmbito de projetos da construção civil e evidencia os potenciais benefícios da sua implementação, não só ao nível operacional e financeiro de cada organização, com reduções de custos significativas [7], mas também ao nível do mercado enquanto ecossistema. Para além da extensiva literatura científica, existem iniciativas abertas, como a OpenCDE API da buildingSMART, que agem como catalisadores para a implementação democrática de soluções avançadas de gestão de informação, alinhadas com os padrões de qualidade e interoperabilidade mais atuais do mercado. Além disto, os padrões abertos de dados também desenvolvidos pela buildingSMART, como o BIM Collaboration Formart (BCF) e o Information Delivery Specification (IDS), são ferramentas que potencializam a interoperabilidade e colaboração entre os intervenientes de um projeto de construção [8]. Estas iniciativas constituem um ponto de partida robusto para o desenvolvimento de soluções abertas que sejam passíveis de serem implementadas no quotidiano operacional dos vários intervenientes do setor. Neste sentido, o pacto de inovação R2U Technologies | Modular Systems, através

do Grupo de Trabalho 5, promove o desenvolvimento de plataformas de colaboração e gestão de informação de projeto, no sentido de potencializar a criação de ferramentas de valor para a indústria. Por via deste pacto de inovação, o desenvolvimento de soluções práticas e alinhadas com as necessidades do mercado é cada vez mais uma realidade, o que permite dotar os vários intervenientes do setor AECO de ferramentas avançadas de gestão de informação.

Os aspetos apresentados até aqui constituem as fundações necessárias para a conceptualização, e posterior desenvolvimento, de um Ambiente Comum de Dados especialmente desenvolvido para acomodar as necessidades das PME's inseridas no setor da construção em Portugal e ajudar a potencializar a transformação digital desta indústria. O CDE a desenvolver deve apresentar-se com uma solução robusta para a gestão de informação, passível de ser implementado na grande generalidade dos projetos da construção civil. Para este efeito, a adesão aos requisitos elementares traçados pela serie ISO 19650 [9] é um aspeto fundamental para assegurar a aplicabilidade da plataforma e garantir a interoperabilidade entre todos os utilizadores. Além disto, a pareceria direta com intervenientes operacionais do setor AECO em Portugal permite orientar o desenvolvimento do CDE em função dos desafios enfrentados no desenrolar dos processos decorrentes da sua atividade profissional. Esta conjugação de princípios permite que o desenvolvimento do CDE esteja alinhado com a realidade do setor e confere à plataforma maior transversalidade no âmbito de aplicação em diferentes contextos do setor AECO.

Neste artigo serão apresentados os processos levados a cabo no âmbito do desenvolvimento do Ambiente Comum de Dados. Para isto o conteúdo foi organizado de forma a expor, em primeira instância, a abordagem à temática em questão, através da exposição da metodologia de investigação e das soluções adotadas para dar resposta ao requisitos do trabalho. Posteriormente a isto, será aprofundada a visão sobre a implementação das soluções tecnológicas implementadas, dando a conhecer o processo de desenvolvimento adotado. De seguida, será feita a apresentação do CDE, através da demonstração das seus principais ambientes de trabalho. Por fim, serão tecidas as conclusões obtidas com a realização deste trabalho de forma a compilar os ensinamentos principais e próximos passos no processo de desenvolvimento de soluções avançadas de gestão de informação para o setor AECO.

2. Metodologia

O desenvolvimento deste Ambiente Comum de Dados para o setor AECO inicia-se com uma extensa consulta da literatura existente. Esta etapa foi fundamental para compreender as melhores práticas, tendências atuais e necessidades do setor. O foco da investigação foi colocado em estudos que incidem sobre a gestão eficiente de informações em projetos de construção, sob a orientação dos padrões estabelecidos pela ISO 19650, complementados pelos respetivos Anexos Nacionais. Esta consulta permitiu definir os seguintes requisitos funcionais, fundamentais para o desenvolvimento de uma solução de CDE robusta e eficaz:

- Gestão de Utilizadores:
 - Definição de Perfis de utilização;
 - Controlo de acessos e consulta de informação;
- Fluxo de Trabalho:
 - Gestão de diferentes ambientes de projeto;
 - Especificação de dicionários semânticos de projeto;
 - Ferramentas de Colaboração e Coordenação BIM;
 - Estados de Conformidade – Trabalho em Curso, Partilhado, Publicado;
- Gestão de Informação:
 - Gestão e armazenamento documental;
 - Implementação de metadados;
 - Arquivo e Auditoria;
 - Regras de nomenclatura de ficheiros;
 - Controlo de Versão e Revisão.

De forma a conceber uma plataforma capaz de dar resposta os requisitos apresentados, foi necessário definir as soluções tecnológicas a implementar para o desenvolvimento do CDE. Esta seleção teve como critérios a capacidade de satisfação dos requisitos definidos para o CDE e também a curva de aprendizagem e acessibilidade, necessárias para a sua correta implementação.

Visto que o CDE será de utilização conjunta, por parte de diferentes intervenientes num projeto, optou-se pelo desenvolvimento de uma plataforma Web, acessível através de qualquer navegador de internet. Este tipo de solução exige a integração de alguns componentes que, em conjunto com outros serviços, asseguram o eficaz funcionamento do CDE.

Em primeiro lugar, foi concebido *backend* do sistema, constituído pelas ferramentas e métodos responsáveis pela gestão e armazenamento de todos os dados da plataforma. Para isto foi concebida uma estrutura de base de dados, em SQL Server, um serviço da Microsoft que permite a gestão de diferentes tipos de dados e com aplicação alargada a diferentes contextos operacionais. Posteriormente, foi projetado o *frontend* da aplicação, que constitui a interface gráfica de comunicação entre os utilizadores e a informação armazenada na base de dados. Aqui, a escolha tecnológica assentou no desenvolvimento em React.JS, uma biblioteca JavaScript, de código aberto, concebida especialmente para o desenvolvimento de interfaces para utilizadores.

De forma a garantir a integração eficaz destes, e de outros serviços, foi desenvolvida uma Interface de Programação de Aplicações (API), que agrega o conjunto de métodos de comunicação entre diferentes sistemas. Este protocolo de comunicação foi desenvolvido em C#, com recurso ao Entity Framework Core .NET, também da Microsoft, que além de permitir expor e configurar os métodos de comunicação, possibilita o aumento do nível de abstração das operações com a base de dados do sistema.

Além destes foram implementados serviços como o Keycloak, um sistema de código aberto para a autenticação e autorização de utilizadores, que permite a gestão dos perfis de utilização do CDE, e também componentes da biblioteca aberta IFCJS, que permitem integrar ferramentas de colaboração BIM em navegadores de internet.

3. Implementação e desenvolvimento

Ao longo deste capítulo serão apresentados os principais processos de implementação das soluções tecnológicas em prol da satisfação dos requisitos operacionais necessários para o correto funcionamento do CDE.

Em primeira instância foi necessário estruturar uma base de dados capaz de suportar toda a informação necessária para a gestão de um projeto de construção. Para isto, foi necessário desenvolver o contexto de dados, com recurso a várias entidades que consistem na representação de todos os objetos existentes na base de dados da plataforma, como projetos, ficheiros, utilizadores, metadados, entre outros, e os seus atributos. Deste modo é possível, não só organizar toda a informação do sistema, como também estabelecer relações entre diferentes objetos, algo particularmente útil no âmbito da gestão do fluxo de trabalho em diferentes ambientes de projeto.

Neste sentido, foi necessário assegurar a criação de uma entidade “Projetos”, na base de dados da plataforma, na qual todos os projetos criados seriam armazenados. Atributos como o nome, referência, localização, descrição, e o utilizador responsável pela criação e gestão do projeto, são salvaguardados graças a esta entidade.

A partir deste momento torna-se possível gerir toda a informação, armazenada noutras entidades, em função do projeto a que esta diz respeito. Aspectos como os diversos documentos, utilizadores ou o dicionário semântico do projeto, onde se inserem parâmetros como as disciplinas/especialidades de projeto, códigos de localização espacial ou classificação, entre outros parâmetros que classifiquem a informação, é possível de ser aplicado graças a este desenvolvimento.

Para isto, é necessário garantir que os metadados que ajudam a classificar a informação na plataforma, são corretamente geridos. Para este efeito, foram desenvolvidas as entidades que constituem o dicionário de projeto, como as disciplinas/especialidades, os estados de conformidade e revisão, estruturas de desagregação funcional e espacial, entre outros. Estas entidades asseguram a correta transmissão e utilização da informação específica de projeto e a sua aplicação, enquanto metadados de um ficheiro, no âmbito da gestão de documentos, o que permite ao CDE gerir de forma eficiente os vários contentores de informação. A Figura 1 apresenta um exemplo da esquematização das entidades e as relações estabelecidas no contexto de dados.

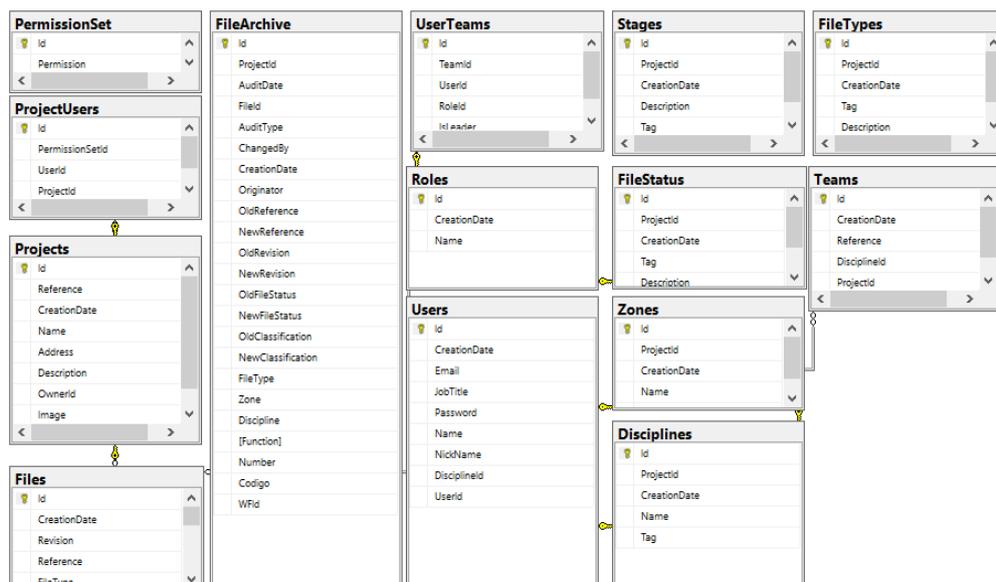


Figura 1
Diagrama das entidades na base de dados.

À semelhança das entidades apresentadas anteriormente, foi também desenvolvida uma entidade “Ficheiros”, quer possibilita a gestão eficiente de todos os documentos a serem subidos no CDE. Uma vez que cada entrada desta tabela contém atributos que a caracterizam, como por exemplo um identificador de projeto, disciplina, estado de conformidade ou um código referente ao originador da informação, é possível definir regras de tratamento da informação com base nestes atributos. Isto adquire especial pertinência no âmbito da implementação de regras para a nomenclatura dos ficheiros submetidos no CDE. Ao iniciar o processo de *upload* de um documento, o utilizador deve especificar um conjunto de atributos que permitam classificar a informação submetida, alguns deste de entrada livre, outros através da seleção de atributos pré-definidos para o projeto em questão. Através deste processo, e aplicando o código apresentado na Figura 2, no método de *upload* de ficheiros é possível assegurar que a regra de nomenclatura de documentos é cumprida para todas as entradas de ficheiros no CDE.

```

1 reference
private string GenerateFileName(string projectRef, string originator, string zone, string type, string discipline, string status, string revision, string function, string? number)
{
    string numberPart = string.IsNullOrEmpty(number) ? "" : "-" + number;
    return $"{projectRef}-{originator}-{function}-{zone}-{type}-{discipline}-{status}-{revision}{numberPart}";
}

```

Figura 2
Método para aplicação da Regra de Nomenclatura de Ficheiros.

Além do método de submissão de ficheiros, foi desenvolvido um método que permite aos utilizadores atualizarem a entrada de um determinado documento. Isto permite ao CDE manter a integridade da informação ao longo dos processos iterativos de desenvolvimento do projeto e controlar ativamente a versão de trabalho, ou o ciclo de revisão, em que o conteúdo de informação se encontra. Este método possibilita aos utilizadores a atualização, ou iteração, dos metadados associados a um determinado documento de forma a traduzir a sua passagem pelos diferentes estados de conformidade.

Um aspeto importante relacionado com as interações entre utilizadores e documentos consiste no registo de todas as iterações sofridas ao longo do ciclo de vida do documento. Para isto foi definida uma entidade representativa do estado de Arquivo, na qual são registadas, para efeitos de auditoria, todas alterações da informação de um determinado documento.

O CDE está concebido para operar em contextos locais, ao nível dos servidores internos dos gestores do projeto. Isto garante que a informação se encontra salvaguardada localmente, como é defendido pela ISO 19650, e possibilita o acesso remoto à plataforma através de ligações concebidas para o efeito.

No seguimento disto, a gestão de utilizadores é vital para o correto funcionamento do CDE uma vez que permite especificar, para cada perfil de utilizador, a capacidade de consulta e interação com a informação existente. A ISO 19650-2 aponta este requisito como fundamental para a escolha de uma solução de Ambiente Comum de Dados. De forma a dotar a plataforma desta capacidade, é necessário implementar procedimentos que permitam validar os perfis de utilização do CDE. Para este efeito procedeu-se à criação de diferentes perfis de utilização, e consequente mapeamento de permissões, a serem aplicados a cada tipo utilizador.

Com recurso ao servidor de autenticação implementado e a API desenvolvida, é possível mapear diretamente os utilizadores registados, os diferentes perfis de utilização e os diferentes métodos de comunicação com a base de dados. Isto é conseguido com recurso a códigos JWT, que contêm a informação relativa ao utilizador que efetuou o pedido à base de dados, e a consequente verificação pelo controlador da API. Apresenta-se na Figura 3 o exemplo do método de remoção de um documento, que pode ser executado por utilizadores com um determinado nível de permissão num projeto.

Figura 3
Exemplo de validação de permissões de utilizador.

```
// Check user roles from token claims
var userRolesClaim = _contextAccessor.HttpContext.User.Claims.FirstOrDefault(c => c.Type == "realm_access");
if (userRolesClaim != null)
{
    var realmAccessRoles = JsonConvert.DeserializeObject<RealmAccessRoles>(userRolesClaim.Value);

    if (realmAccessRoles?.roles == null ||
        (!realmAccessRoles.roles.Contains("project-owner")) ||
        (!realmAccessRoles.roles.Contains("project-manager")))
    {
        throw new UnauthorizedAccessException("You do not have permission to update files.");
    }
}
```

A gestão de permissões é feita desta forma para todos os métodos da API, uma vez que permite mapear eficazmente as ações autorizadas, assim como adicionar novos perfis de utilização, consoante as necessidades operacionais de uma organização.

Ao nível da implementação de ferramentas de colaboração BIM, optou-se por implementar ferramentas de interação com modelos, como visualizadores IFC, através de microsserviços independentes da plataforma. Quer isto dizer que estas ferramentas, em funcionamento autónomo, são incorporadas no código fonte da plataforma de

forma a aumentar o desempenho da ferramenta e tornar a utilização deste tipo de soluções mais flexível.

4. Apresentação do protótipo

Uma vez desenvolvido o esquema funcional de CDE, é possível verificar como a conjugação das várias tecnologias da plataforma permitem o funcionamento do CDE enquanto ferramenta de gestão da informação. É apresentada de seguida a página de boas-vindas do CDE, onde é assegurada a navegação entre os diferentes projetos.

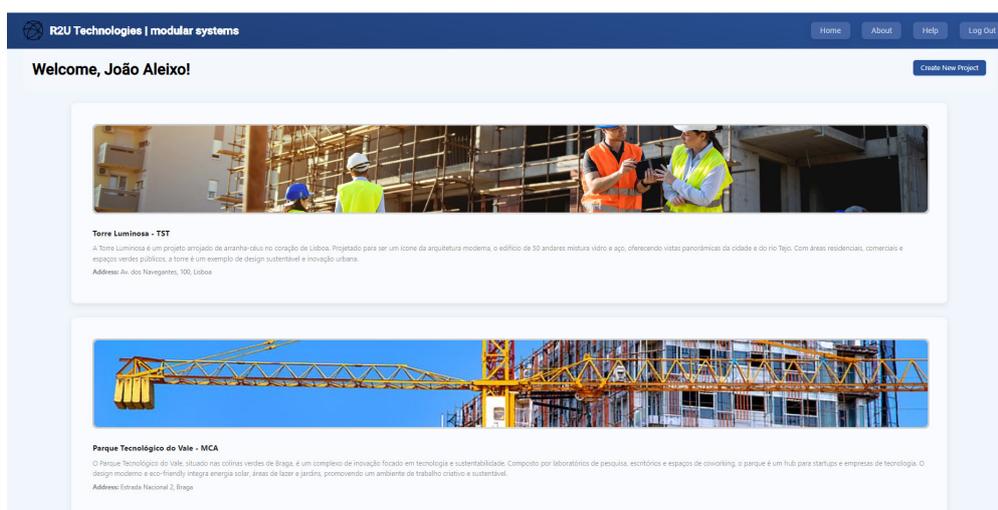


Figura 4
Página de gestão de projetos.

Assim que um projeto é selecionado, o utilizador é direcionado para o ambiente de trabalho deste projeto, composto pelos ambientes de gestão documental e de utilizadores, especificação de projeto e visualização de modelos. A Figura 5 ilustra o repositório documental da plataforma e o formulário de submissão de documentos, apresentado aquando do Upload de um ficheiro.

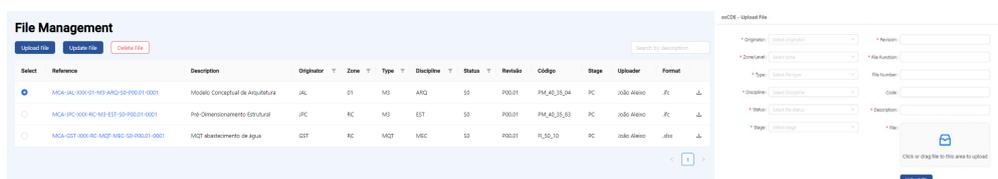
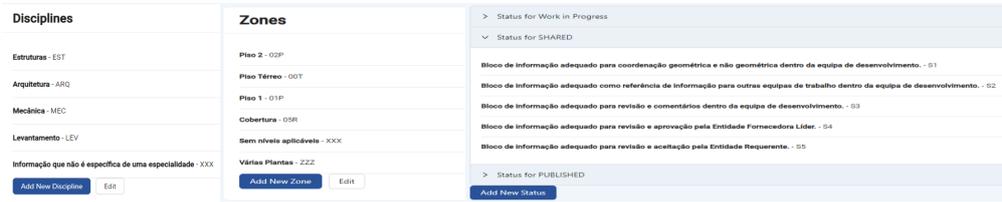


Figura 5
Ambiente de Gestão de Documentos e Formulário de submissão de ficheiros.

Este componente guia o utilizador pelo preenchimento da informação necessária para a correta classificação dos vários metadados associados a um documento. Além disto, é também nesta página que é gerido o controlo do versionamento e atualização dos metadados de um documento por parte dos utilizadores autorizados para tal. Como complemento à gestão documental, e em linha com o exposto anteriormente, o CDE permite aos utilizadores gerirem as informações específicas de projeto.

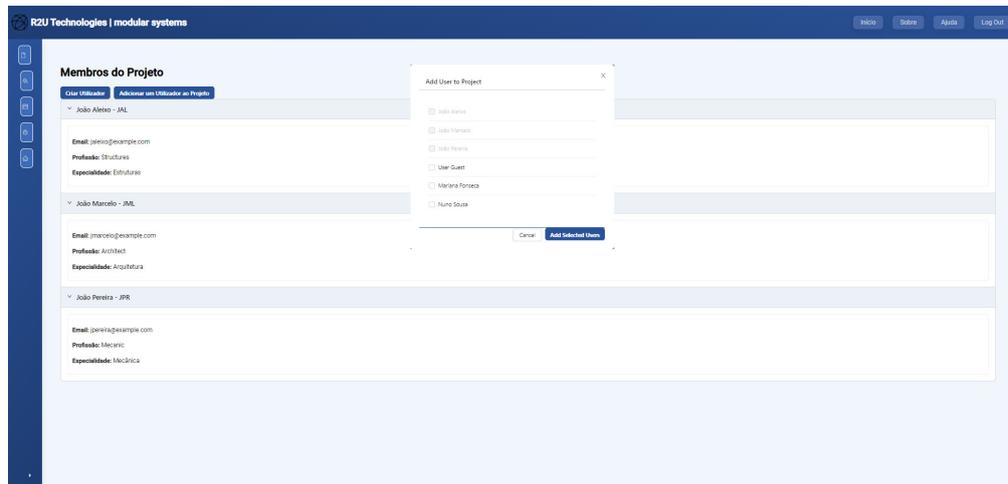
A Figura 6 apresenta os menus que permitem aos utilizadores gerir e definir o dicionário semântico do projeto.

Figura 6
Especificação da
informação de projeto.



Além destes aspetos, foi desenvolvida uma página para a gestão de membros do projeto no CDE, conforme se apresenta na Figura 7. Este é um aspeto que também está contemplado, e permite aos gestores de um projeto adicionar novos intervenientes no âmbito de um determinado projeto, desde que estes estejam registados na plataforma.

Figura 7
Página de gestão de
utilizadores de projeto.



Estas são as principais áreas de trabalho desenvolvidas no âmbito do Ambiente Comum de Dados, com potencial de ser uma ferramenta aberta para a indústria. Além destas áreas, existem outros processos que ajudam a garantir o correto funcionamento do CDE. Estes ambientes constituem a aplicação prática das soluções desenvolvidas para dar resposta aos requisitos definidos para o CDE, e tem em vista a integração dos diferentes processos inerentes aos projetos da construção civil.

Como complemento às funcionalidade de gestão documental e de utilizadores, foi implementado um visualizador de modelos IFC, como se pode verificar na Figura 8. É nesta página que os utilizadores podem consultar os modelos disponíveis no CDE e exercer, numa plataforma central, os diferentes exercícios de coordenação e colaboração entre especialidades.

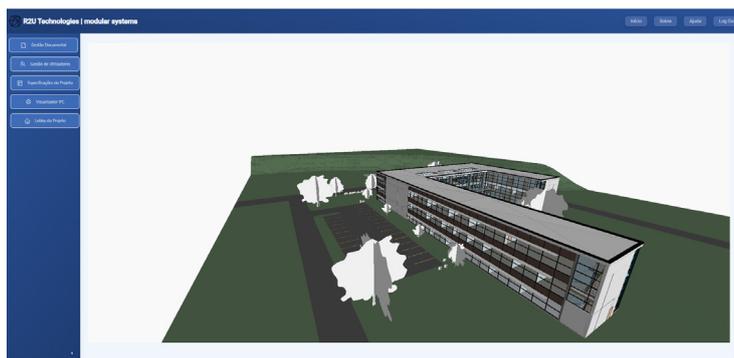


Figura 8
Visualizador de
modelos IFC.

5. Conclusões e desenvolvimentos futuros

Com este artigo, demonstrou-se a conceptualização e os processos de desenvolvimento de um CDE que permite concentrar num ambiente de trabalho central, os vários processos inerentes à gestão de informação de projetos da construção, em conformidade com os requisitos operacionais estabelecidos pela ISO 19650 e orientado para o âmbito operacional das PME's em Portugal. Ao longo do processo de desenvolvimento, o contacto com as diferentes tecnologias que compõem o CDE permitiu expandir horizontes ao nível do desenvolvimento informático, útil para o desenvolvimento de novas soluções que contribuam para a digitalização do setor AECO. Além disto, o contacto com tecnologias emergentes no âmbito do BIM aberto permitiu adquirir novos conhecimentos, essenciais para tornar o CDE numa ferramenta mais eficiente ao nível dos exercícios de colaboração e coordenação. Os desenvolvimentos futuros desta plataforma passam pela constante atualização da ferramenta, à medida que novas práticas e procedimentos forem adquiridos, assim como a introdução de novas funcionalidades e tecnologias que permitam dotar o CDE desenvolvido de capacidades mais evoluídas. A integração de ferramentas mais avançadas de visualização e colaboração através de modelos BIM e das APIs abertas desenvolvidas pela buildingSMART são alguns dos pontos de avanço pelos quais o CDE poderá seguir no seu desenvolvimento. Estas capacidades conferem um carácter mais transversal ao CDE, ao nível da sua operacionalização, e podem servir de catalisador para a sua adoção, por parte de várias PME's, em prol de soluções elementares de gestão documental muitas vezes utilizadas.

Em suma, a conceptualização deste CDE tornou-se num ponto de partida para a descoberta de novas tecnologias e ferramentas emergentes no âmbito da inovação digital para o setor AECO.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo pacto de inovação R2U Technologies | Modular Systems, através do Sistema de Incentivos Agência para a Competitividade e Inovação – IAPMEI, I.P., financiado pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), sobre o acordo de bolsa com a referência C644876810-00000019, atribuído ao

primeiro autor, no âmbito da unidade de investigação Centro para o Território, Ambiente e Construção (CTAC), reconhecida pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Este trabalho foi também parcialmente financiado pela FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC) no âmbito da unidade de I&D Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Engenharia Estrutural (ISISE), sob a referência UIDB / 04029 / 2020 (doi.org/10.54499/UIDB/04029/2020) e no âmbito do Associate Laboratory Advanced Production and Intelligent Systems ARISE, sob a referência LA/P/0112/2020.

Referências

- [1] M. Reis Campos, «É preciso investir mais na construção de infraestruturas novas e na reabilitação e modernização das existentes», Engeobras, 12 de Maio de 2022. L. Santos, [Online]. Disponível em: <https://www.engeobras.pt/Artigos/387004-E-preciso-investir-mais-na-construcao-infraestruturas-novas-na-reabilitacao-modernizacao.html>.
- [2] J. Radl e J. Kaiser, «Benefits of Implementation of Common Data Environment (CDE) into Construction Projects», em IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Institute of Physics Publishing, Fev. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/471/2/022021.
- [3] European Investment Bank e COTEC Portugal, «The digitalisation of small and medium-sized enterprises in Portugal Models for financing digital projects The digitalisation of small and medium-sized enterprises in Portugal Models for financing digital projects Summary Report Prepared for: COTEC Portugal and the European Investment Advisory Hub», 2022.
- [4] P. Li, S. Zheng, H. Si, e K. Xu, «Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China», *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/9482350.
- [5] K. Jaskula, D. Kifokeris, E. Papadonikolaki, e D. Rovas, «Common data environments in construction: state-of-the-art and challenges for practical implementation», *Construction Innovation*, 2024, doi: 10.1108/CI-04-2023. [6] C. Billiald, "openBIM: What is it and why do we need it?", buildingSMART International, 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/openbim-what-is-it-and-why-do-we-need-it/>
- [6] C. Billiald, "openBIM: What is it and why do we need it?", buildingSMART International, 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/openbim-what-is-it-and-why-do-we-need-it/>.
- [7] KPMG & Atkins, «Value of Information Management», London, 2021 [Online]. Disponível em: <https://kpmg.com/uk/en/home/insights/2021/06/the-value-of-information-management-in-the-construction-and-infr.html>.

- [8] buildingSMART USA, "Expanding openBIM Standards and Implementations with openCDE," [Online]. Disponível em: <https://www.buildingsmartusa.org/expanding-openbim-standards-and-implementations-with-opencde/>.
- [9] ISO 19650, "ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling," International Organization for Standardization (ISO), 2013.