



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DICE – IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

Relatório de progresso do projeto P2I/LNEC 2021/2027



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DICE – IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

Relatório de progresso do projeto P2I/LNEC 2021/2027

Lisboa • abril 2026

I&D BARRAGENS DE BETÃO

RELATÓRIO 162/2026 – DBB/NGA

Título

DICE – IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

Relatório de progresso do projeto P2I/LNEC 2021/2027

Autoria

DEPARTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO

Dora Roque

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Geodesia Aplicada

Maria João Henriques

Investigadora Principal, Chefe do Núcleo de Geodesia Aplicada

José Nuno Lima

Investigador Principal, Núcleo de Geodesia Aplicada

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 162/2026

Proc. 0404/1102/24149

DICE – IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

Relatório de progresso do projeto P2I/LNEC 2021/2027

Resumo

Este relatório apresenta a descrição da atividade desenvolvida no âmbito do projeto DICE, entre 2024 e 2025. Os resultados da atividade são analisados e avaliados, em face dos objetivos inicialmente previstos, sendo proposta a revisão do plano de atividades.

Palavras-chave: Projeto DICE / Imagens digitais / Inspeção visual assistida / Monitorização da envolvente de estruturas

DICE – DIGITAL IMAGES FOR SUPPORT OF CIVIL ENGINEERING STUDIES

Progress report of the P2I/LNEC 2021/2027 project

Abstract

This report presents a description of the activity developed in the scope of DICE project, between 2024 and 2025. The results are analyzed and assessed, considering the initial goals of the project. A revised plan for the next years is proposed.

Keywords: DICE project / Digital images / Aided visual inspection / Structure vicinity monitoring

Índice

1	Introdução	1
2	Atividade desenvolvida.....	3
2.1	Aspetos gerais	3
2.2	Descrição da atividade desenvolvida.....	3
2.3	Aplicações a estudos por contrato	6
2.4	Apreciação da atividade desenvolvida e proposta de ajuste do projeto.....	6
3	Divulgação de resultados	8
3.1	Teses e dissertações	8
3.2	Comunicações em encontros internacionais	8
3.3	Relatórios do LNEC	9
4	Indicadores de desempenho, recursos mobilizados e financiamento	10
4.1	Indicadores de desempenho.....	10
4.2	Recursos humanos mobilizados	11
4.3	Candidaturas a financiamento	11
5	Considerações finais	12
	Referências	14
	ANEXOS.....	17
	ANEXO I Ficha de projeto	19
	ANEXO II Ficha de autoavaliação	45
	ANEXO III Ficha de reformulação do projeto	57

Índice de quadros

Quadro 4.1 – Indicadores de desempenho	10
Quadro 4.2 – Afetação de recursos humanos do LNEC	11

1 | Introdução

O projeto DICE – Imagens digitais para apoio a estudos de engenharia civil – iniciou-se em 2024/01/01, tendo uma duração prevista de 48 meses. O projeto está integrado no Plano de Inovação e Investigação (P2I) do LNEC, com enquadramento na matriz programática da Estratégia de Investigação e Inovação 2021-2027 (E2I), inserindo-se nos temas Indústria 4.0 e Construção. O projeto visa contribuir para os desafios: i) desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade; ii) exploração e análise de grandes volumes de dados; iii) preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural; e iv) promoção da qualidade e inovação no ambiente construído.

O projeto insere-se na missão do LNEC, estando enquadrado no tema prioritário de investigação do Departamento de Barragens de Betão (DBB) "Imagens digitais e informação georreferenciada para apoio a estudos de engenharia civil". O projeto está indexado ao 9º objetivo de desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) dedicado à indústria, inovação e infraestruturas; ao desafio "segurança civil para a sociedade" do programa Horizonte Europa e às prioridades "promoção da sociedade do conhecimento" e "digitalização e inovação empresarial" da Estratégia Portugal 2030.

O objetivo geral do projeto é desenvolver métodos que potenciem a utilização de imagens digitais para apoiar tarefas de inspeção de estruturas e da respetiva envolvente, contribuindo para monitorizações mais abrangentes, objetivas e com possibilidade de automatização das tarefas mais morosas. A inspeção visual de estruturas assistida por imagens (IVISA) é uma linha de investigação iniciada em ciclos anteriores da E2I e com continuidade no ciclo atual. No âmbito do projeto DICE pretende-se desenvolver métodos para apoio ao levantamento digital de estruturas e para o mapeamento de patologias e ocorrências. A monitorização da envolvente de estruturas é uma linha de investigação nova no Núcleo de Geodesia Aplicada (NGA), estando prevista a utilização de imagens de satélite para este fim. Pretende-se desenvolver métodos, com recurso a diferentes estratégias de exploração de dados, para a extração da informação de interesse a partir dos produtos baseados em imagem.

A equipa do projeto DICE é formada por cinco elementos do NGA, a IA Dora Roque, os IP Maria João Henriques e José Nuno Lima, o AT Hugo Silva e a TS Nádia Braz. Na versão inicial do projeto estão previstas as contratações de dois bolseiros, um bolseiro de doutoramento LNEC e um bolseiro de projeto aluno de mestrado ou licenciado / mestre inscrito em curso não conferente de grau académico.

O projeto utiliza recursos do LabImagem – Laboratório de Processamento Digital de Imagens do LNEC, ao nível de infraestruturas computacionais, *software* e equipamentos de digitalização. O projeto DICE tem beneficiado de equipamentos adquiridos no âmbito de projetos em curso no LNEC e com financiamento externo, nomeadamente a operação Lisboa2030-FEDER-01317300 – ID4CH – Infraestrutura digital para a conservação e divulgação do património, apoiada pelos programas Lisboa2030, FEDER, Portugal 2030 e pela União Europeia. Os projetos ATRIUM – *Advancing frontier*

research in the arts and humanities, do programa Horizonte 2020, ARTEMIS – *Applying reactive twins to enhance monument information systems* e CAMBER – *Connected and adaptive maintenance for safer urban and secondary roads*, do programa Horizonte Europa, apresentam uma grande afinidade com os temas estudados no projeto DICE, beneficiando dos métodos desenvolvidos no âmbito deste último. Existe, também, uma forte ligação entre o projeto DICE e outros projetos do P2I 2021-2027, nomeadamente os projetos BIM4DamSafety – BIM no controlo de segurança estrutural de barragens de betão (DBB / Núcleo de Observação – NO), CERAMIC – Estudo e conservação e restauro de materiais cerâmicos (Departamento de Materiais / Núcleo de Conservação do Património Natural e Construído – DM/NCP) e PREMATI – *Prescriptive maintenance for transport infrastructures* (Departamento de Transportes / Núcleo de Infraestruturas de Transportes – DT/NIT), beneficiando-se mutuamente.

Este relatório apresenta a atividade desenvolvida nos primeiros dois anos do projeto, ou seja a atividade desenvolvida em 2024 e 2025, e propõe algumas alterações ao plano original, tendo em conta os novos equipamentos adquiridos e a inclusão de futuros membros na equipa do projeto.

O documento está organizado em cinco capítulos e três anexos. Após a presente introdução, o capítulo 2 descreve as atividades desenvolvidas nos primeiros dois anos do projeto, o capítulo 3 refere as publicações efetuadas e o capítulo 4 apresenta os indicadores de desempenho, os recursos humanos mobilizados e as candidaturas a financiamento externo. O capítulo 5 contém as considerações finais resultantes da apreciação do desenvolvimento do projeto. O Anexo I apresenta a ficha original do projeto aprovada em 2024, o Anexo II contém a ficha de autoavaliação e o Anexo III é constituído pela ficha de projeto reformulada para os anos de 2026 – 2027.

2 | Atividade desenvolvida

2.1 Aspetos gerais

O projeto DICE está organizado em duas atividades, correspondentes às duas linhas de investigação consideradas. A atividade 1 denomina-se inspeção visual de estruturas assistida por imagens e está dividida em cinco tarefas focadas na aquisição de fotografias, processamento fotogramétrico, melhoria da qualidade dos produtos de imagem e mapeamento de patologias e outras ocorrências. A atividade 2 é dedicada à monitorização de corredores de vegetação com dados Copernicus e está organizada em quatro tarefas que visam avaliar o potencial de imagens de satélite de média resolução espacial, disponíveis através do programa Copernicus, para a monitorização da envolvente de estruturas.

2.2 Descrição da atividade desenvolvida

Descreve-se de seguida, sumariamente, a atividade realizada em cada tarefa.

- **Atividade 1 – Inspeção visual de estruturas assistida por imagens**

A atividade 1 está organizada em cinco tarefas: i) ensaios de fotogrametria; ii) aquisição de fotografias de barragens e coordenação de pontos fotogramétricos; iii) processamento fotogramétrico; iv) ensaios para mapeamento com processamento digital de imagens; e v) mapeamento de patologias e de ocorrências em barragens.

A primeira tarefa, em que está prevista a realização de testes de diferentes configurações de aquisição de fotografias para processamento fotogramétrico em edifícios do LNEC, foi executada em estreita ligação com o projeto ATRIUM, tendo sido efetuado o levantamento fotogramétrico do exterior do edifício Manuel Rocha. Nestes ensaios foram testadas diferentes configurações para captação de fotografias, com diferentes câmaras, objetivas e plataformas. A tarefa foi concluída no primeiro ano do projeto.

A segunda tarefa é dedicada à captação de fotografias em barragens, com recurso a câmaras terrestres ou transportadas por drones. Esta tarefa beneficiou da aquisição de um *laser scanner* terrestre pelo projeto ID4CH, que possibilitou a inclusão desta nova tecnologia no projeto. Em colaboração com o projeto BIM4DamSafety foram efetuados testes de levantamentos fotogramétrico, *laser scanner* terrestre e *laser scanner* móvel de diferentes órgãos de barragens de betão e respetiva envolvente, nomeadamente paramentos, coroamentos, contrafortes, galerias, centrais e encostas para as barragens de Castelo de Bode, Fratel e Idanha, estando submetida uma comunicação a conferência nacional relativa a parte deste estudo (Serra, Silva *et al.*; 2026). Em colaboração com o projeto ATRIUM têm sido realizados levantamentos para outros tipos de estruturas, nomeadamente edifícios de valor patrimonial (Santos Silva *et al.*; 2025, Serra, Correia *et al.*; 2026). Ainda no âmbito desta tarefa foram desenvolvidas ferramentas, com base em formulários para dispositivos móveis, para apoiar a execução dos levantamentos. A aplicação GeoFOTO é utilizada para captar fotografias geolocalizadas e com a

possibilidade de associar comentários às imagens. A aplicação é útil para apoio a visitas de reconhecimento das condições para efetuar os levantamentos, tendo sido utilizada no âmbito do projeto ARTEMIS para a muralha de Mértola (LNEC; 2025). A aplicação móvel Velocidade4Pro foi desenvolvida para apoiar os levantamentos do drone de pequenas dimensões DJI Mini 4 Pro, adquirido no âmbito do projeto ID4CH. Ao contrário do drone já existente no LabImagem (DJI Matrice 300 RTK), o drone de pequenas dimensões (DJI Mini 4 Pro) não permite a definição da sobreposição necessária entre fotografias para realizar os processamentos fotogramétricos. Esta aplicação foi utilizada nos trabalhos desenvolvidos no âmbito dos projetos CAMBER e PREMATI, para monitorização de pavimentos. A aplicação móvel Photogrammetry4Az foi desenvolvida para apoio a levantamentos fotogramétricos terrestres e permite calcular, também em campo, a resolução espacial da imagem, a área captada por cada fotografia e a distância entre fotografias para garantir uma sobreposição adequada para o processamento fotogramétrico. Esta aplicação foi desenvolvida em colaboração com o projeto CERAMIC. Esta tarefa foi concluída nos primeiros dois anos do projeto DICE.

A terceira tarefa é a realização de processamentos fotogramétricos com os dados recolhidos na tarefa anterior e a melhoria da qualidade dos produtos obtidos. No âmbito desta tarefa têm sido exploradas as funcionalidades do *software* para processamento fotogramétrico (Agisoft Metashape), nomeadamente a incerteza posicional obtida nos produtos gerados e a sua uniformização radiométrica. No campo da radiometria foram desenvolvidas duas aplicações computacionais. Uma delas visa a uniformização automática do brilho e do contraste de um bloco de fotografias de uma mesma superfície, parcialmente sobrepostas, em relação a uma fotografia selecionada como referência. A segunda aplicação atua sobre o ortofotomosaico obtido no processamento fotogramétrico, mitigando variações de luminosidade na imagem, resultantes de condições de iluminação inadequadas durante o levantamento. Esta tarefa foi concluída nos primeiros dois anos do projeto.

A quarta e a quinta tarefas são dedicadas à exploração dos produtos obtidos por fotogrametria, incluindo o mapeamento de patologias e de outras ocorrências. Após a aquisição do *laser scanner*, a exploração dos produtos gerados a partir dos dados recolhidos por este equipamento foi, também, incluída nestas tarefas. Os desenvolvimentos nas tarefas 4 e 5 têm ocorrido em aplicações em pavimentos, no âmbito da colaboração com os projetos CAMBER e PREMATI. Em 2025 foi concluída uma dissertação de mestrado, apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (NOVA FCT), na qual produtos gerados por fotogrametria e *laser scanner* terrestre, para um troço de estrada no concelho de Cascais, foram explorados de modo a obter informação qualitativa sobre danos no pavimento (Ferreira, 2025). Atualmente está em curso uma segunda dissertação de mestrado, também da NOVA FCT, na qual métodos de processamento digital de imagens aplicados aos produtos resultantes da fotogrametria e do *laser scanner* estão a ser avaliados para mapear e quantificar danos em pavimentos (Teixeira, s.d.). Os mestrados têm sido desenvolvidos com acolhimento no LNEC. Houve, também, desenvolvimentos no mapeamento de patologias em fachadas azulejadas, com recurso a fotografias normais e hiperespectrais (Roque *et al.*; 2024, Pereira *et al.*; 2024; Pereira *et al.*; 2025), em colaboração com o projeto CERAMIC. A aplicação destes desenvolvimentos a barragens de betão e de aterro já foi iniciada, nomeadamente ao nível do mapeamento de patologias, análise de alterações de superfície e melhoria dos modelos de elementos

finitos através de nuvens de pontos (Roque e Henriques; 2025, Henriques e Silva, 2025; Henriques *et al.*; 2025), mas ainda carece de desenvolvimentos. Estas duas tarefas serão o foco da atividade 1 nos dois anos restantes do projeto.

Os membros da equipa alocados à atividade são a IP Maria João Henriques, a IA Dora Roque, o AT Hugo Silva e a TS Nádia Braz. No plano original do projeto estava prevista a contratação de um bolseiro de doutoramento LNEC para esta atividade. Contudo, foi considerada mais vantajosa a contratação inicial de um bolseiro mestre inscrito em curso não conferente de grau académico, durante um ano, antes da concessão da bolsa de doutoramento.

O orçamento destinado à atividade 1 considera deslocações no país para a execução de levantamentos fotogramétricos, a participação em eventos científicos nacionais e internacionais e a aquisição de uma câmara fotográfica de alta resolução para o drone DJI Matrice 300 RTK. Como referido anteriormente, através da colaboração com o projeto ID4CH, foram adquiridos um *laser scanner* terrestre e um drone de pequenas dimensões, que têm sido utilizados no projeto DICE. No âmbito do ID4CH está prevista, também, a aquisição de um computador para o trabalho de gabinete associado ao *laser scanner* e uma câmara fotográfica de alta resolução para o drone, que já estava prevista para o projeto DICE. Prevê-se que estas aquisições ocorram em 2026.

- **Atividade 2 – Monitorização de corredores de vegetação com dados Copernicus**

A atividade 2 está organizada em quatro tarefas: i) caracterização da vegetação; ii) calibração das variáveis; iii) validação dos resultados; e iv) análise de risco.

Nos primeiros dois anos do projeto DICE foram efetuadas tentativas para obter financiamento externo para a linha de investigação da atividade 2. Em 2025, foi submetida uma candidatura a projeto exploratório da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) intitulada SafeInfraSat – Avaliação de segurança e risco das infraestruturas ferroviárias utilizando imagens de satélite de acesso aberto, não tendo sido selecionada para financiamento. A candidatura foi coordenada pela IA Dora Roque (DBB/NGA), tendo feito parte da equipa o IP José Nuno Lima (DBB/NGA) e os IA André Paixão e Simona Fontul (DT/NIT). Mais recentemente esta linha de investigação foi incluída na candidatura AERIS – *Advanced engineering and nature-based solutions for non-interfering, resilient infrastructure systems*, submetida ao programa Horizonte Europa e que ainda está em avaliação.

Este tema foi proposto para estágio de verão à Universidade de Coimbra e para dissertação de mestrado à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, não tendo sido selecionado.

Os membros da equipa alocados à atividade 2 são a IA Dora Roque e o IP José Nuno Lima. Está prevista a contratação de um bolseiro de projeto, dependente da obtenção de financiamento externo.

O orçamento destinado à atividade 2 inclui deslocações no país para recolha de dados *in situ*, a participação em eventos científicos nacionais e internacionais e, ainda, fotografias aéreas e imagens de satélite de muito alta resolução para validação dos resultados obtidos com os dados do programa Copernicus.

- **Outras atividades**

O projeto DICE enquadrou o estágio sobre monitorização de estruturas com drone de Emanuel Tavares, das Infraestruturas de Cabo Verde, decorrido entre 22 e 26 de setembro de 2025.

2.3 Aplicações a estudos por contrato

Alguns dos desenvolvimentos do projeto DICE já foram aplicados a estudos por contrato.

A aplicação móvel GeoFOTO tem sido utilizada para apoio a visitas de reconhecimento para levantamentos com drone e *laser scanner*. Para além do levantamento da muralha de Mértola (secção 2.2), realizado no âmbito do projeto ARTEMIS em estreita colaboração com um estudo por contrato do Departamento de Edifícios / Núcleo de Revestimentos e Isolamentos (DE/NRI), a aplicação foi também utilizada para recolha de informação geolocalizada na barragem da Raiva e respetiva encosta durante a campanha de observação geodésica efetuada em 2025 (0404/1201/0568403) e para apoio ao planeamento dos trabalhos a executar no âmbito do estudo de monitorização geotécnica da encosta de A-dos-Melros (0404/1201/2435501).

As aplicações computacionais desenvolvidas para uniformizar a luminosidade de fotografias e ortofotomosaicos, de modo a melhorar a qualidade dos produtos obtidos por fotogrametria, foram utilizadas no estudo por contrato de conservação dos azulejos do Palácio Nacional de Sintra e canal de Queluz (0404/1201/2449004).

2.4 Apreciação da atividade desenvolvida e proposta de ajuste do projeto

Os desenvolvimentos do projeto DICE, nos seus primeiros dois anos, estiveram focados, maioritariamente, na atividade 1. Essa concentração deve-se à convergência de interesses entre o projeto DICE e outros projetos quer com financiamento externo em curso no LNEC quer com outros projetos do P2I 2021-2027. Os trabalhos desta atividade decorrem a bom ritmo, tendo sido finalizadas as primeiras três tarefas dentro do prazo previsto. A execução das tarefas 4 e 5 está prevista para os últimos dois anos do projeto, tendo já sido iniciada. A atividade 1 foi muito beneficiada pela recente aquisição de um *laser scanner* terrestre e de um drone de pequenas dimensões. A futura aquisição de uma câmara de alta resolução para o drone também será uma mais-valia. Revela-se necessária uma reformulação da atividade para incluir os novos equipamentos disponíveis. Desta forma, propõe-se a inclusão de uma sexta tarefa na atividade 1, dedicada à exploração de nuvens de pontos captadas por *laser scanner* e a sua combinação com nuvens de pontos da fotogrametria. Verificou-se que as dificuldades relacionadas com a utilização de imagens para inspeções visuais são transversais a vários tipos de estruturas, propondo-se a expansão da atividade de modo a incluir outras estruturas para além de barragens de betão e edifícios.

A atividade 2 ainda não foi iniciada devido à falta de financiamento externo. Caso a candidatura do projeto AERIS não venha a ser selecionada para financiamento, as atividades terão início apenas com

os recursos existentes no LNEC. Impõe-se uma reformulação do cronograma das tarefas, cuja duração deverá ser reduzida para dois anos.

O NGA irá reforçar a sua equipa através do recrutamento de um investigador auxiliar, no âmbito do programa FCT-Tenure, e de um bolseiro de investigação mestre inscrito em curso não conferente de grau académico, no âmbito do projeto DICE. Prevê-se que os novos elementos sejam integrados nos projetos em curso no NGA, incluindo o projeto DICE. A afetação dos elementos às atividades do projeto irá depender do perfil das pessoas recrutadas.

3 | Divulgação de resultados

3.1 Teses e dissertações

Ferreira, M., 2025 - **Avanços na avaliação de pavimentos aeroportuários. Classificação estrutural e avaliação das potencialidades da monitorização remota**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Teixeira, G. - **Avaliação de pavimentos com monitorização remota**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (em curso).

3.2 Comunicações em encontros internacionais

Roque, D., Coutinho, M.L., Henriques, M.J., Santos Silva, A., Pereira, S., - **Identificação e registo do estado de conservação de azulejos através de imagens multiespetrais**. Investigaciones en Conservación del Patrimonio (ICP), Valencia, 17 - 18 de outubro de 2024 (em revisão).

Pereira, S.; Roque, D.; Matias, L.; Menezes, M.; Mota, R.; Cruz, C.; Correia, M. J.; Serra, C.; Couto, P.; Coutinho, M.; Esteves, L.; Pais, A.; Carvalho, R.; Costa, D.; Henriques, M. J.; Veiga, R.; Santos Silva, A., 2024 - **Old azulejos through new lenses: integration of digital and non-digital methodologies for the assessment and monitoring of azulejo panels decay**, GlazeArt 2024: International Conference Glazed Ceramics in Cultural Heritage, LNEC, Lisboa, Portugal.

Roque, D., Henriques, M.J., 2025 - **Pathology mapping in concrete dams through digital photogrammetry and image processing**. Fifth International Dam World Conference, LNEC, Lisboa, Portugal.

Henriques, M.J., Silva, H., 2025 – **Drone survey of an embankment dam to detect surface changes**. Fifth International Dam World Conference, LNEC, Lisboa, Portugal.

Henriques, M.J., Dias, I., Roque, D., Gomes, A., 2025 – **A 3D point cloud model of Santa Luzia dam and its contribution for improving the finite element mesh**. Fifth International Dam World Conference, LNEC, Lisboa, Portugal.

Pereira, S., Mota, R., Roque, D., Coutinho, M.L., Menezes, M., Matias, L., Henriques, M.J., Santos Silva, A., 2025 - **Monitoring and assessment of azulejo panels decay: the 20th century façade azulejos from Manuel Rocha building**. Concrete Solutions 2025, MATEC Web of Conferences, 409, 07006. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202540907006>.

Santos Silva, A., Henriques, M.J., Roque, D., Veiga, M.R., Santos, A.R., Correia, M.J., 2025 - **Monitoring the state of conservation of Paimogo Fort – digital survey**. Concrete Solutions 2025, MATEC Web of Conferences, 409, 09003. <https://doi.org/10.1051/matecdconf/202540909003>.

Serra, C., Silva, J., Fernanades, H., Henriques, M.J., Roque, D., Silva, H., 2026 - **Digitalização de barragens de betão através de câmaras 360° e *laser scanning***. 6º Congresso Português de 'Building Information Modelling'. Porto, 17 – 19 de junho de 2026.

Serra, C., Correia, M.J., Henriques, M.J., Roque, D., Silva, H., Antunes, A., Santos Silva, A., 2026 - **Demonstração de *workflow open source* para modelação HBIM – Exemplo de aplicação a uma fortificação costeira**. 6º Congresso Português de 'Building Information Modelling'. Porto, 17 – 19 de junho de 2026.

3.3 Relatórios do LNEC

LNEC, 2025 - **Muralha de Mértola. Relato da atividade desenvolvida e observações realizadas durante a visita técnica de setembro de 2025**. LNEC - Proc. 0803/1201/24456. Relatório 370/2025 – DED/NRI.

4 | Indicadores de desempenho, recursos mobilizados e financiamento

4.1 Indicadores de desempenho

No Quadro 4.1 apresentam-se os indicadores de desempenho do projeto, os seus valores totais previstos na ficha inicial e os já realizados em 2024-2025.

Quadro 4.1 – Indicadores de desempenho

	Indicadores	Total previsto no projeto (4 anos)	Realizado até 2025 (2 anos)
Publicações	Relatórios científicos	3	1
	Livros		
	Capítulos de livros		
	Artigos em revistas internacionais	4	
	Artigos em revista nacionais	1	
Comunicações	Comunicações em congressos internacionais	4	7
	Comunicações em congressos nacionais	3	
Organização de seminários e conferências	Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados		
	Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados		
Formação avançada	Teses de doutoramento	1	
	Dissertações de mestrado	1	1
	Outros documentos de formação avançada		
Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão	Especificações LNEC		
	Informações Técnicas LNEC		
	Guias		
	Normas de aplicação		
	Outros documentos		
Outros	Modelos		
	Aplicações computacionais	3	5
	Instalações piloto		
	Protótipos laboratoriais		

4.2 Recursos humanos mobilizados

No Quadro 4.2 apresentam-se os recursos humanos do LNEC afetos ao projeto DICE, os meses de trabalho previstos na totalidade do projeto e os meses efetivamente dedicados ao projeto em 2024-2025.

Quadro 4.2 – Afetação de recursos humanos do LNEC

Equipa do LNEC	Meses de trabalho	
	Total previsto no projeto (4 anos)	Realizado em 2024 e 2025 (2 anos)
Dora Roque	5,2	2,1
Maria João Henriques	4,0	1,7
José Nuno Lima	3,0	1,2
Hugo Silva	1,0	-
Nádia Braz	1,0	-

4.3 Candidaturas a financiamento

Como referido na secção 2.2, a linha de investigação considerada na atividade 2 do projeto DICE tem sido incluída em candidaturas a financiamento externo. Em 2025 foi submetida uma candidatura a projeto exploratório da FCT (PEX), denominada SafeInfraSat – Avaliação de segurança e risco das infraestruturas ferroviárias utilizando imagens de satélite de acesso aberto, que visava obter os recursos humanos, computacionais e de *software* necessários a esta atividade. A candidatura não foi selecionada para financiamento.

Em janeiro de 2026 foi submetida ao programa Horizonte Europa a candidatura AERIS – *Advanced engineering and nature-based solutions for non-interfering, resilient infrastructure systems*, que se encontra em apreciação. Esta proposta tem uma forte ligação ao projeto DICE, considerando tópicos das duas atividades do projeto. A proposta prevê a aquisição de uma câmara térmica para drone, que, caso a candidatura seja selecionada para financiamento, virá enriquecer a capacidade do projeto DICE para a realização de inspeções visuais assistidas por imagens. A proposta inclui, também, a linha de investigação da monitorização de vegetação na envolvente de estruturas. Em caso de seleção para financiamento, a atividade 2 do projeto DICE vai beneficiar da aquisição de recursos computacionais, *software* e dados para validação.

5 | Considerações finais

Verificou-se que, durante os primeiros dois anos de execução, os desenvolvimentos do projeto DICE estiveram concentrados apenas numa das duas atividades do projeto. Tal deveu-se à maior afinidade desta atividade com outros projetos em curso no NGA, que exigiram uma dedicação superior da equipa, e à inexistência de financiamento externo para a outra atividade.

Para os próximos dois anos propõe-se a continuação dos estudos no âmbito da atividade dedicada à IVISA, que tem estado a decorrer dentro dos prazos previstos, e a inclusão de uma nova tarefa nesta atividade, focada na exploração de produtos obtidos pelos novos equipamentos disponíveis. A atividade 2, dedicada à monitorização da vegetação na envolvente de estruturas, será adaptada de modo a diminuir a sua duração para os dois anos restantes do projeto. Propõe-se, ainda, a inclusão dos dois futuros membros do NGA na equipa do projeto e o alargamento dos tipos de estruturas considerados como objetos de estudo.

Em termos de divulgação científica e indicadores de desempenho, considera-se que o desenvolvimento tem sido positivo, com um número de comunicações em congressos e de aplicações computacionais desenvolvidas superior ao previsto para os quatro anos de duração total do projeto.

Lisboa, LNEC, abril de 2026

VISTO

O Diretor do Departamento de Barragens de
Betão

Assinado por: **António Lopes Batista**
Num. de Identificação: 03847091
Data: 2026.04.29 08:43:36+01'00'

António Lopes Batista

AUTORIA

Assinado por: **Dora Luísa Ferreira Da Luz Roque**
Num. de Identificação: 12959324
Data: 2026.04.23 09:30:16+01'00'

Dora Roque
Investigadora Auxiliar

Assinado por: **Maria João Oliveira De Barros
Henriques**
Num. de Identificação: 05320720
Data: 2026.04.23 12:22:44+01'00'

Maria João Henriques
Investigadora Principal
Chefe do Núcleo de Geodesia Aplicada

Assinado por: **José Nuno dos Reis Pedroso de Lima**
Num. de Identificação: 04449115
Data: 2026.04.23 12:51:38+01'00'

José Nuno Lima
Investigador Principal

Referências

- FERREIRA, M., 2025 – **Avanços na avaliação de pavimentos aeroportuários. Classificação estrutural e avaliação das potencialidades da monitorização remota**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- HENRIQUES, M.J., SILVA, H., 2025 – **Drone survey of an embankment dam to detect surface changes**. Fifth International Dam World Conference, LNEC, Lisboa, Portugal.
- HENRIQUES, M.J., DIAS, I., ROQUE, D., GOMES, A., 2025 – **A 3D point cloud model of Santa Luzia dam and its contribution for improving the finite element mesh**. Fifth International Dam World Conference, LNEC, Lisboa, Portugal.
- LNEC, 2025 – **Muralha de Mértola. Relato da atividade desenvolvida e observações realizadas durante a visita técnica de setembro de 2025**. LNEC - Proc. 0803/1201/24456. Relatório 370/2025 – DED/NRI.
- PEREIRA, S.; ROQUE, D.; MATIAS, L.; MENEZES, M.; MOTA, R.; CRUZ, C.; CORREIA, M. J.; SERRA, C.; COUTO, P.; COUTINHO, M.; ESTEVES, L.; PAIS, A.; CARVALHO, R.; COSTA, D.; HENRIQUES, M. J.; VEIGA, R.; SANTOS SILVA, A., 2024 – **Old azulejos through new lenses: integration of digital and non-digital methodologies for the assessment and monitoring of azulejo panels decay**, GlazeArt 2024: International Conference Glazed Ceramics in Cultural Heritage, LNEC, Lisboa, Portugal.
- PEREIRA, S., MOTA, R., ROQUE, D., COUTINHO, M.L., MENEZES, M., MATIAS, L., HENRIQUES, M.J., SANTOS SILVA, A., 2025 – **Monitoring and assessment of azulejo panels decay: the 20th century façade azulejos from Manuel Rocha building**. Concrete Solutions 2025, MATEC Web of Conferences, 409, 07006. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202540907006>.
- ROQUE, D., COUTINHO, M.L., HENRIQUES, M.J., SANTOS SILVA, A., PEREIRA, S., s.d. - **Identificação e registo do estado de conservação de azulejos através de imagens multiespetrais**. Investigaciones en Conservación del Patrimonio (ICP), Valencia, 17 - 18 de outubro de 2024 (em revisão).
- ROQUE, D., HENRIQUES, M.J., 2025 – **Pathology mapping in concrete dams through digital photogrammetry and image processing**. Fifth International Dam World Conference, LNEC, Lisboa, Portugal.
- SANTOS SILVA, A., HENRIQUES, M.J., ROQUE, D., VEIGA, M.R., SANTOS, A.R., CORREIA, M.J., 2025 – **Monitoring the state of conservation of Paimogo Fort – digital survey**. Concrete Solutions 2025, MATEC Web of Conferences, 409, 09003. <https://doi.org/10.1051/matecdconf/202540909003>.

SERRA, C., SILVA, J., FERNANDES, H., HENRIQUES, M.J., ROQUE, D., SILVA, H., 2026 – **Digitalização de barragens de betão através de câmaras 360° e *laser scanning***. 6º Congresso Português de 'Building Information Modelling'. Porto, 17 – 19 de junho de 2026.

SERRA, C., CORREIA, M.J., HENRIQUES, M.J., ROQUE, D., SILVA, H., ANTUNES, A., SANTOS SILVA, A., 2026 – **Demonstração de *workflow open source* para modelação HBIM – Exemplo de aplicação a uma fortificação costeira**. 6º Congresso Português de 'Building Information Modelling'. Porto, 17 – 19 de junho de 2026.

TEIXEIRA, G., s.d. – **Avaliação de pavimentos com monitorização remota**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (em curso).

ANEXOS

ANEXO I

Ficha de projeto



Estratégia de Investigação
e Inovação do LNEC **21-27**

FICHA DE PROJETO

DIGITAL IMAGES FOR SUPPORT OF CIVIL ENGINEERING STUDIES - IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL (DICE)

Versão da ficha 3 | 25/03/2024



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 DADOS GERAIS
- 1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES
- 1.3 RESUMO

2. FUNDAMENTAÇÃO

- 2.1 ESTADO DA ARTE
- 2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER
- 2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS
- 2.4 MOTIVAÇÃO

3. TEMAS E OBJETIVOS

- 3.1 TEMAS E DESAFIOS
- 3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO
- 3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

4. METODOLOGIA

- 4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL
- 4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

5. EQUIPA

6. PLANO DE TRABALHOS

7. CRONOGRAMA

8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

- 8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO
- 8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO
- 8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE
- 8.4 PRODUTOS PREVISTOS

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

- 10.1 RECURSOS HUMANOS
- 10.2 DESPESAS CORRENTES
- 10.3. EQUIPAMENTO
- 10.4 ORÇAMENTO

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 DADOS GERAIS

<i>Título do projeto</i>	DIGITAL IMAGES FOR SUPPORT OF CIVIL ENGINEERING STUDIES - IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL
<i>Acrónimo do projeto</i>	DICE
<i>Unidade Departamental</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Setor</i>	Núcleo de Geodesia Aplicada
<i>Investigador responsável</i>	Dora Roque
<i>Data de início</i>	01/01/2024
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Versão da ficha</i>	1
<i>Data da ficha</i>	25/03/2024

1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES

<i>Unidade operativa coordenadora</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Parceiros internos</i>	Departamento de Barragens de Betão / Núcleo de Geodesia Aplicada
<i>Parceiros externos</i>	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
<i>Entidades financiadoras</i>	
<i>Entidades externas interessadas</i>	Metro do Porto EDP

Breve descrição do interesse das entidades externas

Numa colaboração anterior com o LNEC, o Metro do Porto manifestou interesse na realização de um levantamento da vegetação existente na vizinhança dos troços da infraestrutura localizados à superfície através de imagens de satélite. O preço das imagens de satélite de alta resolução, tipicamente utilizadas nestas análises, inviabilizou a realização do estudo, pelo que se procura neste projeto avaliar métodos com uma melhor relação custo-benefício para responder a esta questão. Recentemente, a EDP mostrou interesse no desenvolvimento de representações digitais de barragens e no registo de ocorrências, o que resultou num estudo por contrato nesta área. O projeto proposto permitirá responder a estas solicitações com mais rigor e eficiência.

1.3 RESUMO

O projeto DICE tem como objetivo explorar imagens digitais adquiridas a partir de diferentes plataformas (drone, satélite, câmara terrestre), para apoio a estudos de engenharia civil. Uma imagem constitui um registo do estado da estrutura e da sua envolvente numa determinada época, permitindo uma análise objetiva e com a possibilidade de obter informação adicional àquela que o olho humano consegue captar. O projeto pretende operar em duas vertentes: a inspeção visual de estruturas assistida por fotografias digitais e o estudo da envolvente das estruturas através de imagens de satélite.

A inspeção visual assistida tem vindo a ganhar relevo na atividade do LabImagem, com o surgimento de estudos por contrato ou pedidos de colaboração por parte de entidades externas nesta área. O levantamento fotogramétrico com recurso a drone ou a câmaras terrestres e a construção de produtos fotogramétricos ainda constituem um desafio, principalmente em situações em que a configuração do terreno não permite a captura de imagens segundo as regras clássicas da fotogrametria, o que se poderá verificar na vizinhança de estruturas como barragens de betão. Além disso, algumas patologias frequentemente encontradas em estruturas têm características geométricas e radiométricas que dificultam o seu mapeamento pelos *softwares* de reconhecimento de padrões disponíveis no mercado. O projeto pretende contribuir para ultrapassar algumas dificuldades encontradas em estudos anteriores e enquadrar a realização de uma tese de doutoramento, dadas as perspetivas de aumento de solicitações nesta área de atividade.

A caracterização da vizinhança de estruturas através de imagens de satélite também é uma área de interesse crescente, nomeadamente a monitorização de vegetação na vizinhança de estruturas lineares, tais como vias férreas ou rodoviárias. A legislação em vigor impede que estes estudos sejam realizados com drone, o que torna as imagens de satélite uma alternativa, dada a sua capacidade para abranger uma grande área com uma única imagem. Contudo, o custo das imagens de satélite de alta resolução espacial torna a monitorização de uma rede de vários quilómetros de comprimento muito dispendiosa. O projeto pretende explorar a monitorização de vegetação através de imagens do programa Copernicus, de média resolução espacial e gratuitas, que permitiriam realizar este tipo de estudos de forma economicamente viável. A equipa pretende procurar financiamento externo para esta atividade.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 ESTADO DA ARTE

A inspeção visual é um método fundamental para a avaliação do estado de uma estrutura, por permitir identificar diferentes tipos de patologias e de ocorrências que afetam a obra através das suas manifestações à superfície, tais como fendas ou acumulação de carbonato de cálcio. Para além de permitir a identificação das anomalias, as inspeções são também utilizadas para caracterizar as mesmas, nomeadamente para determinar a sua localização e dimensão. Estas operações requerem o acesso físico às zonas danificadas da estrutura, o que nem sempre é possível. Outro aspeto relevante das inspeções visuais é a dependência dos resultados em relação ao operador que as realiza. A experiência e o cansaço do operador podem conduzir a caracterizações subjetivas dos mesmos elementos (Dais et al., 2021).

A utilização de imagens para apoio às inspeções visuais apresenta várias vantagens face ao método tradicional, pois permite o registo de informação de forma remota, incluindo para áreas de difícil acesso ou que apresentem um risco de segurança para o trabalhador. Uma imagem constitui um registo do estado da estrutura numa determinada época, independente do operador, o que permite recorrer a métodos de processamento digital de imagem (PDI) para caracterizar as patologias e ocorrências representadas. Isto permite extrair a informação de forma automática, tornando o processo mais rápido e potenciando a análise da evolução dos danos identificados (Spencer Jr., 2019).

A inspeção visual assistida (IVISA) recebe contributos de várias áreas da Engenharia Geográfica, nomeadamente da fotogrametria e do PDI. A fotogrametria utiliza fotografias para construir representações fotorrealistas da estrutura, que podem ser planas (ortofotomosaicos) ou tridimensionais (nuvens de pontos). As fotografias para este fim podem ser adquiridas através de câmaras fotográficas ou de vídeo, quer sejam transportadas por drones ou em plataformas terrestres. Métodos de PDI são utilizados para identificar as patologias e ocorrências representadas nos produtos fotogramétricos, fornecendo a sua delimitação e caracterização (abertura, comprimento ou área). Os dados provenientes da fotogrametria e do PDI podem ser integrados numa base de dados em ambiente de sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo ao utilizador sobrepôr os dois tipos de dados, complementá-los com outras informações e efetuar medições.

A existência de vegetação na vizinhança de vias férreas é um aspeto crítico para a segurança da circulação de pessoas e bens, o que leva as entidades gestoras destas infraestruturas a investirem na monitorização e na manutenção da vegetação. De acordo com Nyberg (2015), a vegetação é uma ameaça à segurança dos operadores que fazem a monitorização, pode ocultar outras patologias, a presença de raízes pode alterar as propriedades do balastro (elasticidade e drenagem), diminuir a estabilidade de taludes, obstruir a visibilidade entre comboios, potenciar incêndios, tornar a via escorregadia, obstruir a sinalização e interromper a circulação devido à queda de árvores ou ramos durante tempestades.

O método tradicional para a monitorização de vegetação ao longo de vias férreas é a inspeção visual, que padece dos problemas identificados anteriormente para a inspeção de estruturas, tais como ser um método demorado e dependente do operador (Nyberg *et al.*, 2013). A utilização de imagens é uma mais valia também para esta aplicação, ao permitir a utilização de métodos de visão computacional para obter informação sobre a vegetação de forma objetiva. Fraunhofer IPM (2023) desenvolveram uma câmara multiespectral que, instalada na frente de um comboio, avalia a presença de vegetação ao longo do percurso. A *Deutsche Bahn AG* utiliza um conjunto de 20 drones para monitorizar os caminhos de ferro alemães com recolha de fotografias de alta resolução espacial, vídeos e imagens de infravermelhos para avaliar a presença de árvores pouco saudáveis que possam cair para a via. Esta fonte de informação gera um volume elevado de dados e contém muita informação para além da vegetação. Como alternativa, foram desenvolvidos métodos de monitorização através de imagens de satélite, que permitem monitorizar grandes áreas apenas com uma imagem, o que torna o processo mais eficiente. Este método permite avaliar a quantidade de vegetação na vizinhança da via, determinar a distância entre essa vegetação e a via e, ainda, obter a altura das árvores identificadas. Este método, desenvolvido pela start-up LiveEO, utiliza pares estereoscópicos de imagens de muito alta resolução espacial dos satélites Pleiades (Kemmeter, 2020).

Referências

- Dais, D., Bal, I. E., Smyrou, E., & Sarhosis, V. (2021). Automatic crack classification and segmentation on masonry surfaces using convolutional neural networks and transfer learning. *Automation in Construction*, 125, 103606.
- Fraunhofer IPM (2023). Automated green detection - Increased efficiency and sustainability in vegetation control. URL: <https://www.ipm.fraunhofer.de/en/bu/object-shape-detection/applications/railway-measurement/green-detection-vegetation-monitoring.html>, acedido em 2023/06/22.
- Kemmeter, F. (2020). How satellites and artificial intelligence monitor vegetation near tracks. URL: <https://mediarail.wordpress.com/how-satellites-and-artificial-intelligence-monitor-vegetation-near-tracks/>, acedido em 2023/06/22.
- Nyberg, R. G., Gupta, N. K., Yella, S., & Dougherty, M. (2013). Monitoring vegetation on railway embankments: supporting maintenance decisions. In *International Conference on Ecology and Transportation*, June 23-27 Arizona US (pp. 1-18).
- Nyberg, R. G. (2015). Automating condition monitoring of vegetation on railway trackbeds and embankments (Doctoral dissertation, Edinburgh University Press).
- Spencer Jr, B. F., Hoskere, V., & Narazaki, Y. (2019). Advances in computer vision-based civil infrastructure inspection and monitoring. *Engineering*, 5(2), 199-222.

2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER

O LabImagem tem efetuado vários estudos na área da IVISA, tendo sido encontradas diversas dificuldades. A construção dos produtos fotogramétricos requer que as fotografias sejam adquiridas segundo um conjunto de regras relativas à posição e orientação da câmara, o que nem sempre é possível concretizar (por exemplo, em locais onde o drone não capta sinais GNSS de satélites suficientes e a aquisição de imagens tem de ser terrestre). Nestas situações é necessário construir, de forma manual, produtos intermédios para o processamento fotogramétrico. Pretende-se, neste projeto, desenvolver métodos para otimizar a aquisição de fotografias, em termos de geometria e de luminosidade, e automatizar a construção dos produtos fotogramétricos intermédios. O LabImagem dispõe de um dos melhores *softwares* de reconhecimento de padrões no mercado, mas tem havido dificuldade em mapear patologias tipicamente encontradas em estruturas, por exemplo fendas, dadas as suas características geométricas e radiométricas.

De acordo com o Metro do Porto, as necessidades no campo da monitorização da vegetação consistem no acompanhamento do histórico do crescimento das árvores adjacentes à via, em altura e alargamento da copa, e na classificação mensal do estado da relva nos troços de via relvada. É, também, importante monitorizar a saúde da vegetação e classificar os troços da via em relação ao risco de queda de árvores, tendo em conta as características das árvores e a sua localização em relação à via. A informação de interesse para o Metro do Porto pode ser obtida através de fotografias aéreas ou de imagens de satélite de muito alta resolução espacial, mas as primeiras não têm a resolução temporal necessária e as segundas apresentam custos elevados. Pretende-se, neste projeto, desenvolver métodos que, a partir de imagens de satélite de média resolução espacial e gratuitas, permitam obter informação sobre o estado da vegetação na vizinhança da via.

2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS

2.3.1 Contributo para o progresso dos conhecimentos (científicos, tecnológicos, de processos ou de metodologias)

O tema das inspeções visuais assistidas tem sido considerado em ciclos anteriores de I&D no LNEC e é uma área em que o Núcleo de Geodesia Aplicada já efetua estudos por contrato. Trata-se, portanto, de uma linha de investigação com um nível de prontidão tecnológica elevado (TRL 7). No entanto, tem sido verificado nos estudos realizados, que quando não é possível utilizar o drone e a orografia na vizinhança da estrutura não permite que as fotografias sejam recolhidas de acordo com um conjunto de requisitos predefinidos, a qualidade dos produtos finais é afetada. Adicionalmente, também se tem verificado a necessidade de desenvolver novas estratégias de processamento de imagem para o mapeamento de patologias e ocorrências. Desta forma, o projeto pretende contribuir para ultrapassar as dificuldades identificadas na aplicação de tecnologias que já são operacionais, mas cujo desempenho em contexto de inspeção de estruturas ainda não permite alcançar a qualidade obtida em outras situações de menor complexidade. Pretende-se atingir TRL 8.

No caso da monitorização de vegetação, esta será uma nova linha de investigação a introduzir no LNEC. Algumas entidades europeias, como a *Deutsche Bahn AG*, já efetuam a monitorização sistemática de vegetação na vizinhança das suas infraestruturas a partir de imagens de satélite, mas recorrem a dados de alta resolução, com custos elevados. O contributo deste projeto será a avaliação da informação relevante para este género de inspeção a partir de imagens de satélite de média resolução, gratuitas, que poderão tornar estes estudos mais apelativos em termos económicos para entidades Portuguesas. No projeto serão testadas, em contexto de monitorização de estruturas, diferentes imagens e técnicas de processamento e será efetuada a avaliação da qualidade da informação obtida a partir dos produtos de menor resolução espacial. Considera-se que o TRL atual é, neste caso, 3 e pretende-se atingir o TRL 6.

2.3.2 Contributo para o reforço das competências e dos recursos do LNEC, nomeadamente os experimentais

O projeto irá reforçar as competências do LNEC através do desenvolvimento de novos métodos para melhoria de processos existentes e na exploração de estratégias que possam vir a dar origem a novas linhas de estudos por contrato.

Na IVISA, pretende-se otimizar a aquisição de imagens e automatizar algumas etapas da análise, de modo a obter produtos mais completos e precisos. Desta forma, poderá tornar-se possível o levantamento de patologias e ocorrências mesmo em estruturas onde não existam as condições ótimas para fotografar.

Na monitorização de vegetação, será desenvolvida uma linha de investigação ainda não explorada no LNEC, mas com relevância para a segurança de estruturas e que poderá atrair o interesse de entidades responsáveis pela manutenção de vias de comunicação.

O reforço dos recursos do LNEC será a aquisição de uma nova câmara para o drone, que permitirá obter fotografias com maior qualidade a maior distância da estrutura, garantindo a segurança do equipamento.

2.4 MOTIVAÇÃO

Motivos para o desenvolvimento do projeto (ver E2I)

Solicitações - Pedidos de estudo de entidades externas

Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Justificação sucinta da motivação para a realização do projeto (opcional)

As duas linhas de investigação propostas no projeto são motivadas por solicitações de entidades externas, que demonstraram a necessidade de iniciar novas linhas de investigação (estudo de propriedades da vegetação através de imagens de satélite de média resolução para o Metro do Porto) e de aperfeiçoar linhas já existentes (fotogrametria e processamento digital de imagem para dar melhor resposta a solicitações da EDP).

3. TEMAS E OBJETIVOS

3.1 TEMAS E DESAFIOS

Tema principal (ver E2I)

Indústria 4.0

Produção, exploração e gestão da informação e desenvolvimento de sistemas de informação de apoio à decisão

Desafios principais (ver E2I)

Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade

Exploração de big data e data analytics

Tema secundário (ver E2I)

Construção

Desenvolvimento de produtos e processos inovadores para responder às necessidades sociais de qualidade e sustentabilidade do ambiente construído

Desafios secundários (ver E2I)

Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural

Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído

Enquadramento nos temas e objetivos de I&I da Unidade Departamental

O projeto proposto está enquadrado no tema prioritário de investigação do Departamento de Barragens de Betão (DBB) "Imagens digitais e informação georreferenciada para apoio a estudos de engenharia civil". A utilização de imagens digitais (seja fotografia ou de satélite) para apoio à administração do território ou inspeção de estruturas tem sido um tema de I&I do DBB considerado em ciclos anteriores da E2I do LNEC. A atividade do Núcleo de Geodesia Aplicada é transversal a vários departamentos do Laboratório, pelo que o projeto contempla outros tipos de estruturas para além de barragens e pretende utilizar tecnologias da área da engenharia geográfica para representar e estudar as estruturas e a respetiva envolvente.

3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO

O objetivo geral do projeto é desenvolver métodos que potenciem a utilização de imagens digitais para apoiar tarefas de inspeção de estruturas e da respetiva vizinhança, dadas as vantagens que a utilização deste suporte apresenta face à versão manual, nomeadamente a objetividade do registo e a possibilidade de automatização da extração da informação pretendida. No caso da IVISA, pretende-se contribuir para a inspeção das próprias estruturas e para o mapeamento de patologias e ocorrências. Para a monitorização de vegetação, a inspeção será aplicada à vizinhança da estrutura, que se pretende caracterizar. Para cumprir o objetivo proposto, prevê-se a utilização de imagens terrestres, aéreas e de satélite para o registo do estado da estrutura / área envolvente. Pretende-se desenvolver métodos, com recurso a diferentes estratégias de exploração de dados, para a extração da informação de interesse a partir dos produtos baseados em imagem.

3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

Na área da IVISA pretende-se otimizar os métodos de aquisição de imagem, tanto a nível geométrico, como radiométrico. Na vertente geométrica, devem ser estudadas diferentes configurações de localização / orientação da câmara para a aquisição de fotografias, tendo em conta a orografia na vizinhança da estrutura, e deve ser avaliado o seu impacto no processamento fotogramétrico e na qualidade dos produtos obtidos. A construção de produtos intermédios para o processamento fotogramétrico deverá ser automatizada. Um dos aspetos críticos na aquisição de fotografias para IVISA é a ausência de sombras / manchas de luminosidade. Na impossibilidade de garantir que as fotografias são obtidas sempre em condições atmosféricas ótimas, pretende-se definir janelas de observação, tendo em conta a orientação da estrutura e a orografia na sua vizinhança. Quanto ao mapeamento de patologias e ocorrências, pretende-se utilizar métodos de *machine learning* para detetar e delimitar as anomalias mais frequentes, de modo a ultrapassar as limitações que têm sido encontradas com a utilização de outros métodos de processamento digital de imagens.

Na área da monitorização de vegetação, os objetivos visam a obtenção de informação relativa à vegetação na vizinhança de vias de comunicação a partir de imagens de satélite de média resolução espacial. A informação indicada pelo Metro do Porto como relevante pode ser obtida diretamente a partir de imagens de alta resolução, mas não com imagens de média resolução. Desta forma, pretende-se explorar diferentes tipos de imagens de satélite de média resolução para identificar variáveis associadas à vegetação e que possam ser relacionadas com a informação de interesse para o projeto. Pretende-se, também, fazer uma avaliação do risco que a vegetação circundante representa para a via, por sugestão do Metro do Porto, com recurso a ferramentas de sistemas de informação geográfica e a métodos de análise de séries temporais das variáveis identificadas a partir das imagens de satélite.

4. METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL

Na área da IVISA, o foco do projeto estará na inspeção de barragens de betão, dadas as características desafiantes que estas estruturas apresentam para o tema deste estudo. Os vales onde se situam as barragens são, frequentemente, ladeados por encostas altas e inclinadas, o que pode impedir a receção de sinal GNSS a partir de um número de satélites suficiente para permitir um voo seguro do drone. Este aspeto torna necessária a aquisição de fotografias terrestres dependentes da orografia. As barragens de betão podem ser afetadas por patologias de diferentes geometrias (manchas compactas ou fendas estreitas e compridas) e com radiometria distinta (manchas de diferentes tonalidades), o que as torna indicadas para o estudo. Pretende-se efetuar ensaios nas instalações do LNEC, para testar diferentes configurações de aquisição de fotografias e avaliar as suas consequências para a produção fotogramétrica, e realizar coberturas fotográficas de duas barragens de betão a selecionar. Serão desenvolvidos métodos para exploração dos produtos fotogramétricos através de *machine learning* para mapeamento de patologias e ocorrências.

Na área da monitorização da vegetação, os métodos a desenvolver serão testados em dois troços da rede do Metro do Porto (por exemplo, constituídos pelos segmentos entre três estações consecutivas). Um dos troços de teste deverá estar ladeado por árvores de folha caduca, enquanto o outro deverá corresponder a um troço de via relvada, de forma a contemplar duas das situações que acarretam maior risco para a segurança da circulação na via. Serão utilizadas imagens de satélite gratuitas, de média resolução espacial e de diferentes bandas do espectro eletromagnético. Serão, também, adquiridas imagens de alta resolução para calibrar e validar os produtos obtidos com as imagens de média resolução. Será efetuada uma análise de risco para os troços da via estudados.

4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

Na área da IVISA, os ensaios para o estudo das diferentes configurações para aquisição de fotografias serão efetuados no LNEC, utilizando edifícios do *campus* como objeto a fotografar. Poderão ser feitos testes também com os modelos físicos de diferentes tipos de barragens existentes no Laboratório. Os testes a realizar irão simular a aquisição de fotografias em diferentes condições de luminosidade, para avaliar o impacto deste fator na qualidade dos produtos obtidos. As fotografias registadas serão processadas no *software* Agisoft Metashape, existente no LabImagem. Em trabalhos anteriores, verificou-se que, para situações em que a aquisição de fotografias não seguiu os requisitos fotogramétricos, foi necessário gerar um modelo digital de superfície (MDS) artificial de forma manual. Pretende-se, no projeto, desenvolver um método automático para geração desse MDS em função da geometria de aquisição de fotografias. Para o mapeamento de patologias, serão também efetuados ensaios, direcionados para o mapeamento de patologias e ocorrências em superfícies de edifícios do LNEC, para os quais serão avaliados diferentes métodos de *machine learning*. Os métodos desenvolvidos nos ensaios, tanto para a fotogrametria como para o processamento digital de imagens, serão aplicados aos casos de estudo de barragens de betão, para avaliar o seu desempenho numa situação real.

Na área da monitorização da vegetação, a análise das árvores na vizinhança da via será realizada através de informação sobre a sua biomassa, que, de acordo com a literatura, poderá ser obtida a partir das imagens de média resolução e relacionada com a altura das árvores. Pretende-se utilizar imagens de satélite de diferentes bandas do espectro eletromagnético, nomeadamente imagens óticas dos satélites Sentinel-2A/B (programa Copernicus) e Landsat (*United States Geological Survey* – USGS – e *National Aeronautics and Space Administration* – NASA). Também se prevê explorar imagens de radar de abertura sintética (*synthetic aperture radar* – SAR) de polarizações diferentes, para aplicar a técnica PolInSAR, que permite obter características da vegetação. A calibração dos produtos obtidos através das imagens de média resolução será efetuada através da comparação entre as grandezas obtidas a partir destas e as características da vegetação obtidas a partir de imagens de alta resolução (aéreas e de satélite). Um conjunto independente de imagens de alta resolução será utilizado para validar os resultados. Para o estudo do estado da relva, pretende-se determinar índices de vegetação, obtidos a partir das imagens de satélite de média resolução e avaliar a sua evolução. Para a análise de risco, serão analisadas séries temporais das grandezas obtidas a partir das imagens de média resolução através de métodos de estatística Bayesiana.

5. EQUIPA

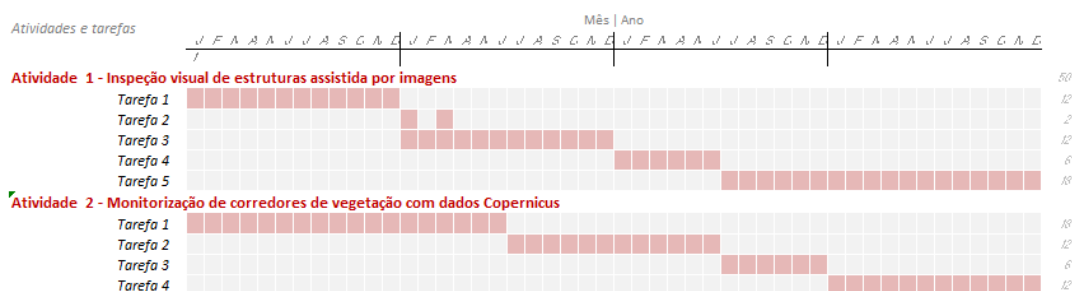
[illegible]

6. PLANO DE TRABALHOS

Atividade	1
<i>Designação</i>	Inspeção visual de estruturas assistida por imagens
<i>Descrição</i>	Mapeamento de patologias e ocorrências em estruturas com recurso a produtos fotogramétricos obtidos através de fotografias adquiridas com drone ou com câmara terrestre.
<i>Resultados</i>	Melhoria dos procedimentos operativos na aquisição de imagens, desenvolvimento de métodos para edição de produtos intermédios do processamento fotogramétrico e desenvolvimento de novos algoritmos para mapeamento de patologias e ocorrências.
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Equipa</i>	Maria João Henriques 8% Dora Roque 3% Hugo Silva 2% Nádia Braz 2% Bolsheiro de doutoramento LNEC 100%
<i>Tarefa 1</i>	Ensaio fotogrametria
<i>Descrição</i>	Realização de ensaios no LNEC para testar diferentes configurações de aquisição de fotografias de estruturas (reais ou modelos), processamento fotogramétrico e avaliação da qualidade. A realizar parcialmente pelo bolsheiro de doutoramento.
<i>Tarefa 2</i>	Aquisição de fotografias de barragens e coordenação de pontos fotogramétricos
<i>Descrição</i>	Aquisição de coberturas fotográficas das estruturas em estudo com recurso a câmaras terrestres ou transportadas por drone; coordenação de pontos fotogramétricos. A realizar parcialmente pelo bolsheiro de doutoramento.
<i>Tarefa 3</i>	Processamento fotogramétrico
<i>Descrição</i>	Construção de ortofotomosaicos e de nuvens de pontos para as barragens estudadas. A realizar pelo bolsheiro de doutoramento.
<i>Tarefa 4</i>	Ensaio para mapeamento com processamento digital de imagens
<i>Descrição</i>	Realização de testes sobre fotografias de edifícios do LNEC para testar algoritmos de <i>machine learning</i> para mapeamento de patologias e ocorrências. A realizar pelo bolsheiro de doutoramento.
<i>Tarefa 5</i>	Mapeamento de patologias e de ocorrências em barragens
<i>Descrição</i>	Construção de mapas de patologias e de ocorrências sobre os produtos fotogramétricos das barragens através das técnicas testadas anteriormente. A realizar pelo bolsheiro de doutoramento.

Atividade	2
Designação	Monitorização de corredores de vegetação com dados Copernicus
Descrição	Desenvolvimento de um método para monitorização do estado da vegetação na vizinhança de vias de comunicação com recurso a imagens de satélite de média resolução espacial.
Resultados	Métodos para a monitorização de vegetação na vizinhança de infraestruturas e análise de risco.
Duração (meses)	48
Equipa	Dora Roque 8% José Nuno Lima 6% Bolseiro de projeto 38%
Tarefa 1	Caracterização da vegetação
Descrição	Desenvolvimento de métodos para obter variáveis caracterizadoras da vegetação através de imagens de satélite de média resolução espacial de diferentes tipos (imagens óticas e imagens SAR de diferentes polarizações). A realizar parcialmente pelo bolseiro de projeto.
Tarefa 2	Calibração das variáveis
Descrição	Utilização de imagens de alta resolução espacial (obtidas por satélite ou por fotografia aérea) para estabelecer relações entre as características da vegetação identificadas nessas imagens e as variáveis obtidas através das imagens de média resolução.
Tarefa 3	Validação dos resultados
Descrição	Utilização de imagens de alta resolução para validar os resultados obtidos através das imagens de média resolução; validação através de dados recolhidos em inspeção visual a realizar nas áreas de interesse do projeto.
Tarefa 4	Análise de risco
Descrição	Utilização de métodos de análise de séries temporais para avaliar a evolução de índices de vegetação e identificar anomalias que possam constituir um risco para a circulação na via de transporte estudada.

7. CRONOGRAMA



8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO

Descritores do tipo de resultados (ver E21)

Produtos e soluções

Produtos e soluções, para responder a problemas ou desafios concretos

Processos e sistemas

Processos e sistemas, para a gestão de ativos e o tratamento, organização e gestão de

Informação e conhecimento

Informação e conhecimento, a reter para o desenvolvimento temático em que se referenciam

Descrição dos resultados e sua integração nos diferentes tipos

Os resultados obtidos no projeto visam o desenvolvimento de produtos e soluções para problemas concretos, identificados no âmbito de solicitações de clientes do LNEC. Nas duas linhas de investigação propostas serão obtidos produtos resultantes de inspeções a estruturas e à vizinhança destas, com a identificação de eventuais anomalias.

Também serão desenvolvidos novos processos e sistemas, com a definição de métodos para a construção dos produtos mencionados e de estratégias para o seu armazenamento, visualização e análise através de ferramentas de sistemas de informação geográfica, que possam ser facilmente utilizadas por eventuais clientes que venham a contratar serviços relacionados com as linhas de investigação propostas.

Durante o projeto serão obtidos informação e conhecimento resultantes do aprofundamento da linha de investigação já seguida em ciclos de I&I anteriores (IVISA), o que permitirá melhorar os processos e a qualidade dos produtos obtidos face ao que é efetuado atualmente. O início de uma nova linha de investigação (monitorização de vegetação) trará também informação e conhecimento, nomeadamente a aprendizagem de uma técnica de processamento de imagens SAR que até à data não foi explorada no LNEC para aplicações terrestres (PolInSAR).

8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO

Descritores do valor acrescentado do projeto (ver E21)

Promoção da segurança
Promoção da sustentabilidade
Melhoria da eficiência e do desempenho

Descrição do valor acrescentado do projeto

O projeto irá contribuir para a promoção da segurança, dado que a inspeção das estruturas e das respetivas vizinhanças permitirá detetar e analisar de forma objetiva eventuais anomalias e executar tarefas de manutenção ou reparação, contribuindo para a operação das estruturas de forma segura. Em caso das inspeções serem realizadas periodicamente, será possível identificar as anomalias num estado inicial, promovendo uma ação atempada, menos morosa e, consequentemente, mais sustentável. A abordagem proposta no projeto permitirá, também, melhorar a eficiência e o desempenho devido à diminuição da subjetividade inerente às inspeções visuais e à possibilidade de automatização da análise, o que permite tornar o processo de inspeção mais rápido.

8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE

Descritores das estratégias de devolução dos resultados à sociedade (ver E21)

Interação com interlocutores
Intensificação da relação do LNEC com os interlocutores a privilegiar com vista a
Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento
Sensibilização para a importância do conhecimento científico produzido na melhoria
Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos
Apropriação e utilização dos resultados pelos interlocutores a privilegiar

Descrição das estratégias de devolução de resultados à sociedade

Os resultados obtidos têm em vista a intensificação da interação com os interlocutores, uma vez que as duas linhas de investigação propostas resultam de necessidades identificadas através de solicitações desses interlocutores (EDP e Metro do Porto). Pretende-se que os métodos desenvolvidos no âmbito deste projeto venham a dar origem a futuros estudos por contrato.

Pretende-se, com este projeto, reforçar a importância que os produtos obtidos através dos métodos desenvolvidos apresentam para garantir a segurança das estruturas visadas e consciencializar os interlocutores de quão crucial é a realização periódica deste género de monitorização.

Os produtos obtidos através dos métodos desenvolvidos podem ser fornecidos aos interlocutores, podendo ser integrados em sistemas de informação que estes já possuam e utilizados para complementar outra informação sobre as estruturas, apoiando o processo de tomada de decisão.

8.4 PRODUTOS PREVISTOS

Publicações

Relatórios científicos	3
Livros	
Capítulos de livros	
Artigos em revista internacionais	4
Artigos em revista nacionais	1

Comunicações

Comunicações em encontros científicos internacionais	4
Comunicações em encontros científicos nacionais	3

Organização de seminários e conferências

Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados	
Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados	

Formação avançada

Teses de doutoramento	1
Dissertações de mestrado	1
Outros documentos de formação avançada	

Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão

Especificações LNEC	
Informações Técnicas LNEC	
Guias	
Normas de aplicação	
Outros documentos	

Outros

Modelos	
Aplicações computacionais	3
Instalações piloto	
Protótipos laboratoriais	

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

Objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU

Indústria, inovação e infraestruturas

Horizonte Europa

Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Promoção da sociedade do conhecimento
Digitalização e inovação empresarial

Explicação da indexação ao contexto

O projeto está indexado ao objetivo da ONU "Indústria, inovação e infraestruturas", devido ao seu foco na inspeção de infraestruturas, com o objetivo de as tornar mais seguras através de métodos inovadores baseados na utilização de imagens. Pela mesma razão, o projeto também se enquadra no desafio "Segurança civil para a sociedade" do Horizonte Europa, em que a vigilância de infraestruturas críticas é considerada. No âmbito da estratégia Portugal 2030, o projeto está indexado às prioridades "Promoção da sociedade do conhecimento" e à "Digitalização e inovação empresarial", tendo em conta que os conhecimentos adquiridos durante o projeto serão utilizados para benefício da sociedade, ao garantir a segurança das pessoas que usufruem das infraestruturas, e que esse conhecimento será gerado através de métodos inovadores, com recurso a meios digitais como imagens, representação digital das infraestruturas e das respetivas vizinhanças, análise com métodos de *machine learning* entre outros.

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

10.1 RECURSOS HUMANOS

<i>Grupo</i>		<i>Esforço (p*m)</i>	<i>Valor</i>
IC	Grupo 91	0.00	- €
IP (cH)	Grupo 92	0.00	- €
IP	Grupo 93	7.00	46 189 €
IA	Grupo 94	5.20	32 239 €
AI, TS	Grupo 95	1.00	3 994 €
EI, TI	Grupo 96	0.00	- €
CT, AT	Grupo 97	1.00	1 797 €
AO	Grupo 98	0.00	- €
BPD (LNEC)	Grupo 11	0.00	- €
BD, BI (LNEC)	Grupo 12	48.00	96 000 €
BII (LNEC)	Grupo 13	0.00	- €
BIPD (Projeto), BI (Projeto)	Grupo 21	0.00	- €
BI (Projeto)	Grupo 22	18.00	31 500 €
BII (Projeto)	Grupo 23	0.00	- €
Total		80.20	211 719 €

10.2 DESPESAS CORRENTES

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
SE para aquisição de fotografias com drone / terrestre	5	1 700.00 €	8 500 €
Missões nacionais	3	800.00 €	2 400 €
Missões internacionais	4	2 500.00 €	10 000 €
Article processing charges	4	3 000.00 €	12 000 €
SE para inspeção vegetação	5	300.00 €	1 500 €
			- €
			- €
			- €
			- €
			- €
Total			34 400 €

10.3. EQUIPAMENTO

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
Câmara fotográfica para o drone	1	8 500.00 €	8 500 €
Imagens de satélite de alta resolução	8	1 500.00 €	12 000 €
Computador de alto desempenho	1	2 000.00 €	2 000 €
Fotografias aéreas	40	40.00 €	1 600 €
			- €
			- €
			- €
			- €
			- €
Total			24 100 €

10.4 ORÇAMENTO

<i>Designação</i>	<i>Estimativa de custo</i>	<i>Financiamento externo</i>	<i>Financiamento LNEC</i>
Recursos humanos	211 719.17 €		211 719 €
Despesas correntes	34 400.00 €		34 400 €
Equipamentos	24 100.00 €		24 100 €
Gastos gerais	223 419.17 €		223 419 €
Total	493 638 €	- €	493 638 €

Valor do financiamento externo proveniente de empresas públicas ou privadas (incluída em estudos de I&I ou por contrato)

Valor do financiamento destinado a processos internos inseridos em projetos de investigação

Se não existe financiamento externo nem vai

Pretende-se concorrer a concurso para projetos exploratórios da FCT para financiar bolseiro de projeto, computador, imagens de satélite, fotografias aéreas, missões e APC na linha de investigação da monitorização de vegetação (€36850,00).

Pretende-se que bolseiro de doutoramento concorra a bolsa de doutoramento FCT (€54942,72)

Se não existe financiamento externo, mas var ser obtido no futuro, indique as fontes de financiamento e o montante pretendido

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

Indicador 1	<i>projeto</i>	0%
Indicador 2	<i>(públicas ou privadas) relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 3	<i>Valor do financiamento do LNEC relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	100%
Indicador 5	<i>Número de teses de doutoramento orientadas por investigador do projeto</i>	0.08
Indicador 6	<i>Número de dissertações de mestrado orientadas por investigador do projeto</i>	0.08
Indicador 7	<i>Investimento em equipamentos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	5%
Indicador 9	<i>Valor do financiamento destinado a processos internos relativamente à estimativa de custo do projeto</i>	0%
Indicador 10	<i>Número de entidades externas parceiras do projeto</i>	1.00
Indicador 11	<i>de livros, comunicações, relatórios científicos) por investigador do projeto</i>	1.23
Indicador 13	<i>Número de documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão (Especificações LNEC, Informações Técnicas LNEC, guias, normas de aplicação, etc.) por investigador do projeto</i>	0.00
Indicador 14	<i>Número de eventos científicos e técnicos organizados ou coorganizados pelo LNEC por investigador do projeto</i>	0.00

*(A numeração dos indicadores corresponde à utilizada na E2I)
Para alguns indicadores da E2I não existe informação na ficha de projeto que os permita calcular;*

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

Motivação

Solicitações - Pedidos de estudo de entidades externas
Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Temas e desafios

Tema principal

Indústria 4.0

Desafios

Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade
Exploração de big data e data analytics

Tema secundário

Construção

Desafios

Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural
Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído

Tipo de resultados

Produtos e soluções
Processos e sistemas
Informação e conhecimento

Valor acrescentado do projeto

Promoção da segurança
Promoção da sustentabilidade
Melhoria da eficiência e do desempenho

Conetividade

Interação com interlocutores
Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento
Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos

Indexação ao contexto

Objetivos de desenvolvimento sustentável

Indústria, inovação e infraestruturas

Horizonte Europa

Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Promoção da sociedade do conhecimento
Digitalização e inovação empresarial

ANEXO II

Ficha de autoavaliação



Estratégia de Investigação
e Inovação do LNEC **21-27**

FICHA DE AUTOAVALIAÇÃO DE PROJETO

IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

(DICE)

Versão da ficha 1 | 2024/03/25



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ENQUADRAMENTO

A Estratégia de Investigação e Inovação 2021-2027 (E2I 21-27) estabelece a orientação estratégica para a atividade de investigação e inovação do LNEC para o período de 2021 a 2027. A E2I 21-27 está estruturada com base num ciclo de inovação e investigação com as seguintes etapas: motivação, temas, desafios, tipo de resultados, valor acrescentado e conectividade.

A E2I 21-27 é concretizada através do Plano de Investigação e Inovação que comporta: (i) Projetos de investigação, que têm um objeto de investigação específico e os aspetos de inovação claramente definidos, e (ii) Programas de investigação, que estabelecem linhas de investigação mais amplas nos quais se inserem vários projetos de investigação.

Os projetos e programas de investigação são descritos em fichas de projeto de investigação e em fichas de programa de investigação. A apreciação destas fichas de programa e projeto é apresentada numa ficha de apreciação. A monitorização e avaliação dos projetos e programas tem com base uma ficha de autoavaliação preenchida pelo investigador

FICHA DE AUTOAVALIAÇÃO DE PROJETO

IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL

Investigador responsável

Dora Roque

Departamento de Barragens de Betão

Copyright © Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I. P.

Av. do Brasil 101 • 1700-066 Lisboa

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

(Versão de julho de 2022)

1. INTRODUÇÃO

1.1 DADOS GERAIS

<i>Título do projeto</i>	IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL
<i>Acrónimo do projeto</i>	DICE
<i>Unidade Departamental</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Setor</i>	Núcleo de Geodesia Aplicada
<i>Investigador responsável</i>	Dora Roque
<i>Data de início</i>	01/01/2024
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Versão da ficha</i>	1
<i>Data da ficha</i>	25/03/2024

1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES

<i>Unidade operativa coordenadora</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Parceiros internos</i>	Departamento de Barragens de Betão / Núcleo de Geodesia Aplicada
<i>Parceiros externos</i>	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
<i>Entidades financiadoras</i>	
<i>Entidades externas interessadas</i>	Metro do Porto
	EDP

Breve descrição do interesse das entidades externas

Numa colaboração anterior com o LNEC, o Metro do Porto manifestou interesse na realização de um levantamento da vegetação existente na vizinhança dos troços da infraestrutura localizados à superfície através de imagens de satélite. O preço das imagens de satélite de alta resolução, tipicamente utilizadas nestas análises, inviabilizou a realização do estudo, pelo que se procura neste projeto avaliar métodos com uma melhor relação custo-benefício para responder a esta questão. Recentemente, a EDP mostrou interesse no desenvolvimento de representações digitais de barragens e no registo de ocorrências, o que resultou num estudo por contrato nesta área. O projeto proposto permitirá responder a estas solicitações com mais rigor e eficiência.

1.3 RESUMO

O projeto DICE tem como objetivo explorar imagens digitais adquiridas a partir de diferentes plataformas (drone, satélite, câmara terrestre), para apoio a estudos de engenharia civil. Uma imagem constitui um registo do estado da estrutura e da sua envolvente numa determinada época, permitindo uma análise objetiva e com a possibilidade de obter informação adicional àquela que o olho humano consegue captar. O projeto pretende operar em duas vertentes: a inspeção visual de estruturas assistida por fotografias digitais e o estudo da envolvente das estruturas através de imagens de satélite.

A inspeção visual assistida tem vindo a ganhar relevo na atividade do LabImagem, com o surgimento de estudos por contrato ou pedidos de colaboração por parte de entidades externas nesta área. O levantamento fotogramétrico com recurso a drone ou a câmaras terrestres e a construção de produtos fotogramétricos ainda constituem um desafio, principalmente em situações em que a configuração do terreno não permite a captura de imagens segundo as regras clássicas da fotogrametria, o que se poderá verificar na vizinhança de estruturas como barragens de betão. Além disso, algumas patologias frequentemente encontradas em estruturas têm características geométricas e radiométricas que dificultam o seu mapeamento pelos softwares de reconhecimento de padrões disponíveis no mercado. O projeto pretende contribuir para ultrapassar algumas dificuldades encontradas em estudos anteriores e enquadrar a realização de uma tese de doutoramento, dadas as perspetivas de aumento de solicitações nesta área de atividade.

A caracterização da vizinhança de estruturas através de imagens de satélite também é uma área de interesse crescente, nomeadamente a monitorização de vegetação na vizinhança de estruturas lineares, tais como vias férreas ou rodoviárias. A legislação em vigor impede que estes estudos sejam realizados com drone, o que torna as imagens de satélite uma alternativa, dada a sua capacidade para abranger uma grande área com uma única imagem. Contudo, o custo das imagens de satélite de alta resolução espacial torna a monitorização de uma rede de vários quilómetros de comprimento muito dispendiosa. O projeto pretende explorar a monitorização de vegetação através de imagens do programa Copernicus, de média resolução espacial e gratuitas, que permitiriam realizar este tipo de estudos de forma economicamente viável. A equipa pretende procurar financiamento externo para esta atividade.

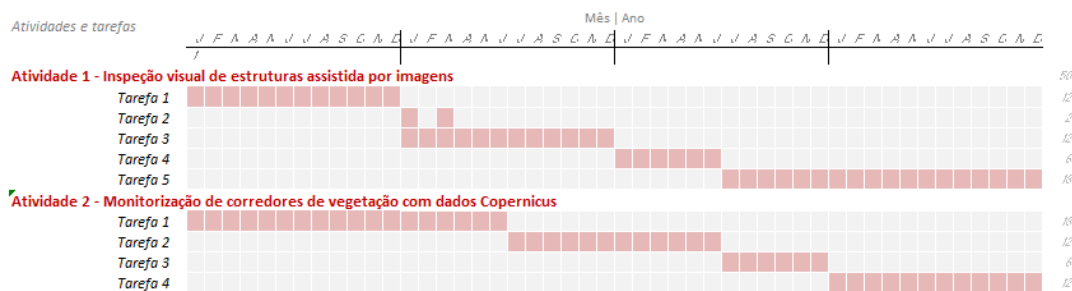
2. REALIZAÇÃO DO PLANO DE TRABALHOS

Atividade	1
<i>Designação</i>	Inspeção visual de estruturas assistida por imagens
<i>Descrição</i>	Mapeamento de patologias e ocorrências em estruturas com recurso a produtos fotogramétricos obtidos através de fotografias adquiridas com drone ou com câmara terrestre.
<i>Resultados previstos</i>	Melhoria dos procedimentos operativos na aquisição de imagens, desenvolvimento de métodos para edição de produtos intermédios do processamento fotogramétrico e desenvolvimento de novos algoritmos para mapeamento de patologias e ocorrências.
<i>Resultados obtidos</i>	Foram desenvolvidas aplicações móveis para apoio à realização de levantamentos fotogramétricos, com drone e com câmaras em plataformas terrestres. Foram desenvolvidas aplicações computacionais para melhoria da qualidade dos produtos gerados. Três das cinco tarefas previstas estão concluídas. As duas tarefas restantes estão iniciadas.

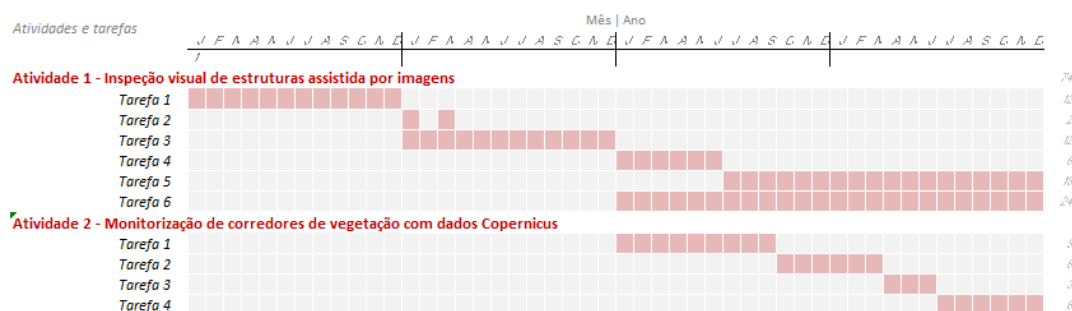
Atividade	2
<i>Designação</i>	Monitorização de corredores de vegetação com dados Copernicus
<i>Descrição</i>	Desenvolvimento de um método para monitorização do estado da vegetação na vizinhança de vias de comunicação com recurso a imagens de satélite de média resolução espacial.
<i>Resultados previstos</i>	Métodos para a monitorização de vegetação na vizinhança de infraestruturas e análise de risco.
<i>Resultados obtidos</i>	Foram efetuadas duas tentativas para obtenção de financiamento externo para esta atividade. Uma foi recusada e a outra encontra-se em avaliação. Aguarda-se o resultado da candidatura para dar início às tarefas.

3. CRONOGRAMA

3.1 CRONOGRAMA INICIAL



3.2 ATUALIZAÇÃO DO CRONOGRAMA



4. RESULTADOS E SUA DISSEMINAÇÃO

4.1 APRECIÇÃO CRÍTICA DOS RESULTADOS DO PROJETO

Descritores do tipo de resultados (ver E21)

Produtos e soluções

Produtos e soluções, para responder a problemas ou desafios concretos

Processos e sistemas

Processos e sistemas, para a gestão de ativos e o tratamento, organização e gestão de

Apreciação

Nos primeiros dois anos do projeto foram desenvolvidas aplicações móveis para apoio à execução de levantamentos fotogramétricos e aplicações computacionais para melhoria da qualidade dos produtos gerados, de modo a ultrapassar dificuldades identificadas em estudos anteriores. Estas ferramentas têm sido aplicadas a estudos por contrato. O trabalho desenvolvido tem contribuído para a melhoria dos processos realizados durante a cadeia de produção fotogramétrica, tanto ao nível dos levantamentos como do processamento das imagens.

4.2 APRECIÇÃO CRÍTICA DA DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE

Descritores das estratégias de devolução dos resultados à sociedade (ver E21)

Comunicação de ciência e conhecimento

Transmissão dos resultados à sociedade em geral com vista a promover a sua

Aplicação dos resultados pela sociedade

Apropriação e utilização dos resultados pelos interlocutores a privilegiar

Apreciação

Os desenvolvimentos do projeto têm sido divulgados através de dissertações de mestrado, comunicações em conferência e relatórios LNEC. As aplicações computacionais desenvolvidas têm sido utilizadas no âmbito de estudos por contrato, permitindo fornecer aos interlocutores produtos de melhor qualidade.

4.3 PRODUTOS

<i>Publicações</i>	Previstos	Realizados
Relatórios científicos	3	1
Livros		
Capítulos de livros		
Artigos em revista internacionais	4	
Artigos em revista nacionais	1	
<i>Comunicações</i>		
Comunicações em encontros científicos internacionais	4	7
Comunicações em encontros científicos nacionais	3	
<i>Organização de seminários e conferências</i>		
Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados		
Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados		
<i>Formação avançada</i>		
Teses de doutoramento	1	
Dissertações de mestrado	1	1
Outros documentos de formação avançada		
<i>Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão</i>		
Especificações LNEC		
Informações Técnicas LNEC		
Guias		
Normas de aplicação		
Outros documentos		
<i>Outros</i>		
Modelos		
Aplicações computacionais	3	5
Instalações piloto		
Protótipos laboratoriais		

5. REFORMULAÇÃO DO PROJETO

5.1 NECESSIDADE DE REFORMULAÇÃO

É necessário reformular o projeto
Foi elaborada uma nova ficha de projeto

5.2 JUSTIFICAÇÃO DA REFORMULAÇÃO

No decurso dos primeiros dois anos do projeto surgiram oportunidades que não tinham sido previstas, tanto ao nível de equipamentos disponíveis, como de recursos humanos, o que requer a reformulação do projeto para os anos 2026-2027.

O projeto apresenta uma forte ligação a outros projetos em curso no LNEC, com financiamento interno e externo. É o caso do projeto ID4CH, financiado pela operação Lisboa 2030, que permitiu reforçar o catálogo de equipamentos disponíveis, através da aquisição de um laser scanner terrestre e de um drone de pequenas dimensões. Por esta razão, torna-se necessário adicionar uma nova tarefa à atividade 1, tendo em vista a exploração dos produtos gerados por estes equipamentos e a sua integração com os produtos obtidos a partir dos equipamentos que estavam disponíveis para o projeto desde o seu início.

Outra alteração necessária é a inclusão de dois novos membros na equipa. Recentemente foi contratada uma bolseira mestre inscrita em curso não conferente de grau académico, no âmbito do projeto, para preparação para a realização do doutoramento programado e deverá ser contratado(a) um(a) investigador(a) auxiliar ao abrigo do programa FCT-Tenure.

Na sequência de solicitações de outros setores do LNEC, pretende-se expandir os tipos de estruturas alvo de estudo para além de edifícios, barragens e vias férreas.

6. CONCLUSÕES E LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

6.1 CONCLUSÕES

Verificou-se que, durante os primeiros dois anos de execução, os desenvolvimentos do projeto DICE estiveram concentrados apenas numa das duas atividades do projeto. Tal deveu-se à maior afinidade desta atividade com outros projetos em curso no NGA, que exigiram uma dedicação superior da equipa. A linha de investigação associada à outra atividade foi incluída em duas candidaturas a financiamento externo, tendo uma delas sido recusada (projeto exploratório da FCT) e a outra ainda se encontra em avaliação (programa Horizonte Europa).

Para os próximos dois anos propõe-se a continuação dos estudos no âmbito da atividade dedicada à inspeção visual de estruturas assistida por imagem, que tem estado a decorrer dentro dos prazos previstos, e a inclusão de uma nova tarefa nesta atividade, dedicada à exploração de produtos obtidos pelos novos equipamentos disponíveis. A atividade 2, dedicada à monitorização da vegetação na envolvente de estruturas, será adaptada de modo a diminuir a sua duração para os dois anos restantes do projeto. Propõe-se, ainda, a inclusão dos dois futuros membros do NGA na equipa do projeto e o alargamento dos tipos de estruturas considerados como objetos de estudo. Em termos de divulgação científica e indicadores de desempenho, considera-se que o desenvolvimento tem sido positivo, com um número de comunicações em congressos e de aplicações computacionais desenvolvidas superior ao previsto para os quatro anos de duração total do projeto.

6.2 LINHAS DE INVESTIGAÇÃO FUTURA

O projeto DICE continuará focado nas duas linhas de investigação propostas aquando da sua submissão em 2024. Na linha de investigação dedicada à inspeção visual assistida, os trabalhos estarão mais focados nos equipamentos adquiridos recentemente e no mapeamento de patologias e de outras ocorrências em estruturas. Na linha de investigação da monitorização de vegetação na envolvente de estruturas, os trabalhos deverão ser iniciados, independentemente da obtenção de financiamento externo.

ANEXO III

Ficha de reformulação do projeto



FICHA DE PROJETO

**DIGITAL IMAGES FOR SUPPORT OF
CIVIL ENGINEERING STUDIES -
IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A
ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL
(DICE)**

Versão da ficha 2 | 2026/02/18



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 DADOS GERAIS
- 1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES
- 1.3 RESUMO

2. FUNDAMENTAÇÃO

- 2.1 ESTADO DA ARTE
- 2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER
- 2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS
- 2.4 MOTIVAÇÃO

3. TEMAS E OBJETIVOS

- 3.1 TEMAS E DESAFIOS
- 3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO
- 3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

4. METODOLOGIA

- 4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL
- 4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

5. EQUIPA

6. PLANO DE TRABALHOS

7. CRONOGRAMA

8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

- 8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO
- 8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO
- 8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE
- 8.4 PRODUTOS PREVISTOS

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

- 10.1 RECURSOS HUMANOS
- 10.2 DESPESAS CORRENTES
- 10.3. EQUIPAMENTO
- 10.4 ORÇAMENTO

A.1 CONTRIBUIÇÃO PARA OS INDICADORES DA E2I

A.2 CICLO DE INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 DADOS GERAIS

<i>Título do projeto</i>	DIGITAL IMAGES FOR SUPPORT OF CIVIL ENGINEERING STUDIES - IMAGENS DIGITAIS PARA APOIO A ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL
<i>Acrónimo do projeto</i>	DICE
<i>Unidade Departamental</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Setor</i>	Núcleo de Geodesia Aplicada
<i>Investigador responsável</i>	Dora Roque
<i>Data de início</i>	01/01/2024
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Versão da ficha</i>	2
<i>Data da ficha</i>	18/02/2026

1.2 ENTIDADES INTERVENIENTES

<i>Unidade operativa coordenadora</i>	Departamento de Barragens de Betão
<i>Parceiros internos</i>	Departamento de Barragens de Betão / Núcleo de Geodesia Aplicada Departamento de Barragens de Betão / Núcleo de Observação Departamento de Materiais / Núcleo do Património Natural e Construído Departamento de Transportes / Núcleo de Infraestruturas de Transporte Departamento de Materiais / Núcleo de Materiais Orgânicos e de Materiais Metálicos Departamento de Edifícios / Núcleo de Revestimentos e Isolamentos
<i>Parceiros externos</i>	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
<i>Entidades financiadoras</i>	Lisboa 2030 Horizonte 2020 Horizonte Europa
<i>Entidades externas interessadas</i>	Metro do Porto EDP

Breve descrição do interesse das entidades externas

Numa colaboração anterior com o LNEC, o Metro do Porto manifestou interesse na realização de um levantamento da vegetação existente na vizinhança dos troços da infraestrutura localizados à superfície através de imagens de satélite. O preço das imagens de satélite de alta resolução, tipicamente utilizadas nestas análises, inviabilizou a realização do estudo, pelo que se procura neste projeto avaliar métodos com uma melhor relação custo-benefício para responder a esta questão. Recentemente, a EDP mostrou interesse no desenvolvimento de representações digitais de barragens e no registo de ocorrências, o que resultou num estudo por contrato nesta área. O projeto proposto permitirá responder a estas solicitações com mais rigor e eficiência.

1.3 RESUMO

O projeto DICE tem como objetivo explorar imagens digitais adquiridas a partir de diferentes plataformas (drone, satélite, câmara terrestre, *laser scanner*), para apoio a estudos de engenharia civil. Uma imagem constitui um registo do estado da estrutura e da sua envolvente numa determinada época, permitindo uma análise objetiva e com a possibilidade de obter informação adicional àquela que o olho humano consegue captar. O projeto pretende operar em duas vertentes: a inspeção visual de estruturas assistida por imagens e o estudo da envolvente das estruturas através de imagens de satélite.

A inspeção visual assistida tem vindo a ganhar relevo na atividade do LabImagem, com o surgimento de estudos por contrato ou pedidos de colaboração por parte de entidades externas nesta área. O levantamento fotogramétrico com recurso a drone ou a câmaras terrestres e a construção de produtos fotogramétricos ainda constituem um desafio, principalmente em situações em que a configuração do terreno não permite a captura de imagens segundo as regras clássicas da fotogrametria, o que se poderá verificar na vizinhança de estruturas como barragens de betão. Além disso, algumas patologias frequentemente encontradas em estruturas têm características geométricas e radiométricas que dificultam o seu mapeamento pelos *softwares* de reconhecimento de padrões disponíveis no mercado. O projeto pretende contribuir para ultrapassar algumas dificuldades encontradas em estudos anteriores e enquadrar a realização de uma tese de doutoramento, dadas as perspetivas de aumento de solicitações nesta área de atividade.

A caracterização da vizinhança de estruturas através de imagens de satélite também é uma área de interesse crescente, nomeadamente a monitorização de vegetação na vizinhança de estruturas lineares, tais como vias férreas ou rodoviárias. A legislação em vigor impede que estes estudos sejam realizados com drone, o que torna as imagens de satélite uma alternativa, dada a sua capacidade para abranger uma grande área com uma única imagem. Contudo, o custo das imagens de satélite de alta resolução espacial torna a monitorização de uma rede de vários quilómetros de comprimento muito dispendiosa. O projeto pretende explorar a monitorização de vegetação através de imagens do programa Copernicus, de média resolução espacial e gratuitas, que permitiriam realizar este tipo de estudos de forma economicamente viável. A equipa pretende procurar financiamento externo para esta atividade.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 ESTADO DA ARTE

A inspeção visual é um método fundamental para a avaliação do estado de uma estrutura, por permitir identificar diferentes tipos de patologias e de ocorrências que afetam a obra através das suas manifestações à superfície, tais como fendas ou acumulação de carbonato de cálcio. Para além de permitir a identificação das anomalias, as inspeções são também utilizadas para caracterizar as mesmas, nomeadamente para determinar a sua localização e dimensão. Estas operações requerem o acesso físico às zonas danificadas da estrutura, o que nem sempre é possível. Outro aspeto relevante das inspeções visuais é a dependência dos resultados em relação ao operador que as realiza. A experiência e o cansaço do operador podem conduzir a caracterizações subjetivas dos mesmos elementos (Dais et al., 2021).

A utilização de métodos de captura da realidade para apoio às inspeções visuais apresenta várias vantagens face ao método tradicional, pois permite o registo de informação de forma remota, incluindo para áreas de difícil acesso ou que apresentem um risco de segurança para o trabalhador. Uma imagem constitui um registo do estado da estrutura numa determinada época, independente do operador, o que permite recorrer a métodos de processamento digital de imagem (PDI) para caracterizar as patologias e ocorrências representadas. Isto permite extrair a informação de forma automática, tornando o processo mais rápido e potenciando a análise da evolução dos danos identificados (Spencer Jr., 2019).

A inspeção visual assistida (IVISA) recebe contributos de várias áreas da Engenharia Geográfica, nomeadamente da fotogrametria, sistemas de varrimento *laser* e do PDI. Estas tecnologias permitem construir representações fotorrealistas da estrutura, que podem ser planas (ortofotomosaicos) ou tridimensionais (nuvens de pontos). Métodos de PDI são utilizados para identificar as patologias e ocorrências representadas nos produtos obtidos, fornecendo a sua delimitação e caracterização (abertura, comprimento ou área). Estes dados podem ser integrados numa base de dados em ambiente de sistemas de informação geográfica (SIG), permitindo ao utilizador uma análise conjunta de toda a informação.

A existência de vegetação na vizinhança de vias férreas é um aspeto crítico para a segurança da circulação de pessoas e bens, o que leva as entidades gestoras destas infraestruturas a investirem na monitorização e na manutenção da vegetação. De acordo com Nyberg (2015), a vegetação é uma ameaça à segurança dos operadores que fazem a monitorização, pode ocultar outras patologias, a presença de raízes pode alterar as propriedades do balastro (elasticidade e drenagem), diminuir a estabilidade de taludes, obstruir a visibilidade entre comboios, potenciar incêndios, tornar a via escorregadia, obstruir a sinalização e interromper a circulação devido à queda de árvores ou ramos durante tempestades.

O método tradicional para a monitorização de vegetação ao longo de vias férreas é a inspeção visual, que padece dos problemas identificados anteriormente para a inspeção de estruturas, tais como ser um método demorado e dependente do operador (Nyberg *et al.*, 2013). A utilização de imagens é uma mais valia também para esta aplicação, ao permitir a utilização de métodos de visão computacional para obter informação sobre a vegetação de forma objetiva. Fraunhofer IPM (2023) desenvolveram uma câmara multiespectral que, instalada na frente de um comboio, avalia a presença de vegetação ao longo do percurso. A *Deutsche Bahn AG* utiliza um conjunto de 20 drones para monitorizar os caminhos de ferro alemães com recolha de fotografias de alta resolução espacial, vídeos e imagens de infravermelhos para avaliar a presença de árvores pouco saudáveis que possam cair para a via. Esta fonte de informação gera um volume elevado de dados e contém muita informação para além da vegetação. Como alternativa, foram desenvolvidos métodos de monitorização através de imagens de satélite, que permitem monitorizar grandes áreas apenas com uma imagem, o que torna o processo mais eficiente. Este método permite avaliar a quantidade de vegetação na vizinhança da via, determinar a distância entre essa vegetação e a via e, ainda, obter a altura das árvores identificadas. Este método, desenvolvido pela start-up LiveEO, utiliza pares estereoscópicos de imagens de muito alta resolução espacial dos satélites Pleiades (Kemmeter, 2020).

Referências

- Dais, D., Bal, I. E., Smyrou, E., & Sarhosis, V. (2021). Automatic crack classification and segmentation on masonry surfaces using convolutional neural networks and transfer learning. *Automation in Construction*, 125, 103606.
- Fraunhofer IPM (2023). Automated green detection - Increased efficiency and sustainability in vegetation control. URL: <https://www.ipm.fraunhofer.de/en/bu/object-shape-detection/applications/railway-measurement/green-detection-vegetation-monitoring.html>, acedido em 2023/06/22.
- Kemmeter, F. (2020). How satellites and artificial intelligence monitor vegetation near tracks. URL: <https://mediarail.wordpress.com/how-satellites-and-artificial-intelligence-monitor-vegetation-near-tracks/>, acedido em 2023/06/22.
- Nyberg, R. G., Gupta, N. K., Yella, S., & Dougherty, M. (2013). Monitoring vegetation on railway embankments: supporting maintenance decisions. In *International Conference on Ecology and Transportation*, June 23-27 Arizona US (pp. 1-18).
- Nyberg, R. G. (2015). Automating condition monitoring of vegetation on railway trackbeds and embankments (Doctoral dissertation, Edinburgh University Press).
- Spencer Jr, B. F., Hoskere, V., & Narazaki, Y. (2019). Advances in computer vision-based civil infrastructure inspection and monitoring. *Engineering*, 5(2), 199-222.

2.2 PROBLEMAS POR RESOLVER

O LabImagem tem efetuado vários estudos na área da IVISA, tendo sido encontradas diversas dificuldades. A construção dos produtos fotogramétricos requer que as fotografias sejam adquiridas segundo um conjunto de regras relativas à posição e orientação da câmara, o que nem sempre é possível concretizar (por exemplo, em locais onde o drone não capta sinais GNSS de satélites suficientes e a aquisição de imagens tem de ser terrestre). Pretende-se, neste projeto, desenvolver métodos para otimizar a aquisição de fotografias, em termos de geometria e de luminosidade e explorar os novos equipamentos disponíveis para ultrapassar estas dificuldades. O LabImagem dispõe de um dos melhores *softwares* de reconhecimento de padrões no mercado, mas tem havido dificuldade em mapear patologias tipicamente encontradas em estruturas, por exemplo fendas, dadas as suas características geométricas e radiométricas.

De acordo com o Metro do Porto, as necessidades no campo da monitorização da vegetação consistem no acompanhamento do histórico do crescimento das árvores adjacentes à via, em altura e alargamento da copa, e na classificação mensal do estado da relva nos troços de via relvada. É, também, importante monitorizar a saúde da vegetação e classificar os troços da via em relação ao risco de queda de árvores, tendo em conta as características das árvores e a sua localização em relação à via. A informação de interesse para o Metro do Porto pode ser obtida através de fotografias aéreas ou de imagens de satélite de muito alta resolução espacial, mas as primeiras não têm a resolução temporal necessária e as segundas apresentam custos elevados. Pretende-se, neste projeto, desenvolver métodos que, a partir de imagens de satélite de média resolução espacial e gratuitas, permitam obter informação sobre o estado da vegetação na vizinhança da via.

2.3 CONTRIBUIÇÕES INOVADORAS

2.3.1 Contributo para o progresso dos conhecimentos (científicos, tecnológicos, de processos ou de metodologias)

O tema das inspeções visuais assistidas tem sido considerado em ciclos anteriores de I&I no LNEC e é uma área em que o Núcleo de Geodesia Aplicada já efetua estudos por contrato. Trata-se, portanto, de uma linha de investigação com um nível de prontidão tecnológica elevado (TRL 7). No entanto, tem sido verificado nos estudos realizados, que quando não é possível utilizar o drone e a orografia na vizinhança da estrutura não permite que as fotografias sejam recolhidas de acordo com um conjunto de requisitos predefinidos, a qualidade dos produtos finais é afetada. Adicionalmente, também se tem verificado a necessidade de desenvolver novas estratégias de processamento de imagem para o mapeamento de patologias e ocorrências. Desta forma, o projeto pretende contribuir para ultrapassar as dificuldades identificadas na aplicação de tecnologias que já são operacionais, mas cujo desempenho em contexto de inspeção de estruturas ainda não permite alcançar a qualidade obtida em outras situações de menor complexidade. Pretende-se atingir TRL 8.

No caso da monitorização de vegetação, esta será uma nova linha de investigação a introduzir no LNEC. Algumas entidades europeias, como a *Deutsche Bahn AG*, já efetuam a monitorização sistemática de vegetação na vizinhança das suas infraestruturas a partir de imagens de satélite, mas recorrem a dados de alta resolução, com custos elevados. O contributo deste projeto será a avaliação da informação relevante para este género de inspeção a partir de imagens de satélite de média resolução, gratuitas, que poderão tornar estes estudos mais apelativos em termos económicos para entidades Portuguesas. No projeto serão testadas, em contexto de monitorização de estruturas, diferentes imagens e técnicas de processamento e será efetuada a avaliação da qualidade da informação obtida a partir dos produtos de menor resolução espacial. Considera-se que o TRL atual é, neste caso, 3 e pretende-se atingir o TRL 6.

2.3.2 Contributo para o reforço das competências e dos recursos do LNEC, nomeadamente os experimentais

O projeto irá reforçar as competências do LNEC através do desenvolvimento de novos métodos para melhoria de processos existentes e na exploração de estratégias que possam vir a dar origem a novas linhas de estudos por contrato.

Na IVISA, pretende-se otimizar a aquisição de imagens e automatizar algumas etapas da análise, de modo a obter produtos mais completos e precisos. Desta forma, poderá tornar-se possível o levantamento de patologias e ocorrências mesmo em estruturas onde não existam as condições ótimas para fotografar.

Na monitorização de vegetação, será desenvolvida uma linha de investigação ainda não explorada no LNEC, mas com relevância para a segurança de estruturas e que poderá atrair o interesse de entidades responsáveis pela manutenção de vias de comunicação.

Em colaboração com o projeto ID4CH foram adquiridos um *laser scanner* terrestre e um drone de pequenas dimensões. Está prevista a aquisição de uma câmara de alta resolução para drone também ao abrigo dessa colaboração.

2.4 MOTIVAÇÃO

Motivos para o desenvolvimento do projeto (ver E2I)

Solicitações - Pedidos de estudo de entidades externas
Necessidades - Carências de conhecimento identificadas pelos investigadores

Justificação sucinta da motivação para a realização do projeto (opcional)

As duas linhas de investigação propostas no projeto são motivadas por solicitações de entidades externas, que demonstraram a necessidade de iniciar novas linhas de investigação (estudo de propriedades da vegetação através de imagens de satélite de média resolução para o Metro do Porto) e de aperfeiçoar linhas já existentes (fotogrametria e processamento digital de imagem para dar melhor resposta a solicitações da EDP).

3. TEMAS E OBJETIVOS

3.1 TEMAS E DESAFIOS

Tema principal (ver E2I)

Indústria 4.0
Produção, exploração e gestão da informação e desenvolvimento de sistemas de informação de apoio à decisão

Desafios principais (ver E2I)

Desenvolvimento de sistemas de medição e de controlo, qualidade e avaliação da conformidade
Exploração de big data e data analytics

Tema secundário (ver E2I)

Construção
Desenvolvimento de produtos e processos inovadores para responder às necessidades sociais de qualidade e sustentabilidade do ambiente construído

Desafios secundários (ver E2I)

Preservação e reabilitação do património construído, natural e cultural
Promoção da qualidade e inovação no ambiente construído

Enquadramento nos temas e objetivos de I&I da Unidade Departamental

O projeto proposto está enquadrado no tema prioritário de investigação do Departamento de Barragens de Betão (DBB) "Imagens digitais e informação georreferenciada para apoio a estudos de engenharia civil". A utilização de imagens digitais (seja fotografia ou de satélite) para apoio à administração do território ou inspeção de estruturas tem sido um tema de I&I do DBB considerado em ciclos anteriores da E2I do LNEC. A atividade do Núcleo de Geodesia Aplicada é transversal a vários departamentos do Laboratório, pelo que o projeto contempla outros tipos de estruturas para além de barragens e pretende utilizar tecnologias da área da engenharia geográfica para representar e estudar as estruturas e a respetiva envolvente.

3.2 OBJETIVO GERAL DO PROJETO

O objetivo geral do projeto é desenvolver métodos que potenciem a utilização de imagens digitais para apoiar tarefas de inspeção de estruturas e da respetiva vizinhança, dadas as vantagens que a utilização deste suporte apresenta face à versão manual, nomeadamente a objetividade do registo e a possibilidade de automatização da extração da informação pretendida. No caso da IVISA, pretende-se contribuir para a inspeção das próprias estruturas e para o mapeamento de patologias e ocorrências. Para a monitorização de vegetação, a inspeção será aplicada à vizinhança da estrutura, que se pretende caracterizar. Para cumprir o objetivo proposto, prevê-se a utilização de imagens terrestres, aéreas e de satélite para o registo do estado da estrutura / área envolvente. Pretende-se desenvolver métodos, com recurso a diferentes estratégias de exploração de dados, para a extração da informação de interesse a partir dos produtos baseados em imagem.

3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS DO PROJETO

Na área da IVISA pretende-se otimizar os métodos de aquisição de imagem, tanto a nível geométrico, como radiométrico. Na vertente geométrica, devem ser estudadas diferentes configurações de localização / orientação da câmara para a aquisição de fotografias, tendo em conta a orografia na vizinhança da estrutura, a integração com dados de *laser scanner*, avaliando o impacto dos métodos desenvolvidos na qualidade dos produtos obtidos. Um dos aspetos críticos na aquisição de fotografias para IVISA é a ausência de sombras / manchas de luminosidade. Na impossibilidade de garantir que as fotografias são obtidas sempre em condições atmosféricas ótimas, pretende-se definir janelas de observação, tendo em conta a orientação da estrutura e a orografia na sua vizinhança. Quanto ao mapeamento de patologias e ocorrências, pretende-se utilizar métodos de *machine learning* para detetar e delimitar as anomalias mais frequentes, de modo a ultrapassar as limitações que têm sido encontradas com a utilização de outros métodos de processamento digital de imagens.

Na área da monitorização de vegetação, os objetivos visam a obtenção de informação relativa à vegetação na vizinhança de vias de comunicação a partir de imagens de satélite de média resolução espacial. A informação indicada pelo Metro do Porto como relevante pode ser obtida diretamente a partir de imagens de alta resolução, mas não com imagens de média resolução. Desta forma, pretende-se explorar diferentes tipos de imagens de satélite de média resolução para identificar variáveis associadas à vegetação e que possam ser relacionadas com a informação de interesse para o projeto. Pretende-se, também, fazer uma avaliação do risco que a vegetação circundante representa para a via, por sugestão do Metro do Porto, com recurso a ferramentas de sistemas de informação geográfica e a métodos de análise de séries temporais das variáveis identificadas a partir das imagens de satélite.

4. METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM GERAL

Na área da IVISA, o foco do projeto estará na inspeção de diferentes tipos de estruturas. Há situações em que a receção de sinal GNSS a partir de um número de satélites suficiente para permitir um voo seguro do drone pode estar comprometida, o que torna necessária a aquisição de fotografias terrestres dependentes da orografia ou complementar os dados com outras tecnologias, como *laser scanner*. Os diversos tipos de estruturas podem ser afetados por patologias de diferentes geometrias (manchas compactas ou fendas estreitas e compridas) e com radiometria distinta (manchas de diferentes tonalidades), o que aumenta a complexidade do estudo. Pretende-se efetuar ensaios nas instalações do LNEC, para testar diferentes configurações de aquisição de fotografias e avaliar as suas consequências para a produção fotogramétrica, e realizar coberturas fotográficas de estruturas a seleccionar. Serão desenvolvidos métodos para exploração dos produtos fotogramétricos através de *machine learning* para mapeamento de patologias e ocorrências.

Na área da monitorização da vegetação, os métodos a desenvolver serão testados em dois troços da rede do Metro do Porto (por exemplo, constituídos pelos segmentos entre três estações consecutivas). Um dos troços de teste deverá estar ladeado por árvores de folha caduca, enquanto o outro deverá corresponder a um troço de via relvada, de forma a contemplar duas das situações que acarretam maior risco para a segurança da circulação na via. Serão utilizadas imagens de satélite gratuitas, de média resolução espacial e de diferentes bandas do espectro eletromagnético. Serão, também, adquiridas imagens de alta resolução para calibrar e validar os produtos obtidos com as imagens de média resolução. Será efetuada uma análise de risco para os troços da via estudados.

4.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS A UTILIZAR

Na área da IVISA, serão realizados alguns ensaios no LNEC, utilizando edifícios do *campus* como objeto de estudo. Os testes a realizar irão simular a aquisição de dados em diferentes condições, para avaliar o impacto dos fatores testados na qualidade dos produtos obtidos. Os dados registados serão processados nos *softwares* existentes no LabImagem. Será explorada a integração de dados obtidos por fotogrametria e por *laser scanner*. Para o mapeamento de patologias serão efetuados ensaios considerando superfícies de diversos tipos de estruturas, para os quais serão avaliados diferentes métodos de *machine learning*.

Na área da monitorização da vegetação, a análise das árvores na vizinhança da via será realizada através de informação sobre a sua biomassa, que, de acordo com a literatura, poderá ser obtida a partir das imagens de média resolução e relacionada com a altura das árvores. Pretende-se utilizar imagens de satélite de diferentes bandas do espectro eletromagnético, nomeadamente imagens óticas dos satélites Sentinel-2A/B (programa Copernicus) e Landsat (*United States Geological Survey* – USGS – e *National Aeronautics and Space Administration* – NASA). Também se prevê explorar imagens de radar de abertura sintética (*synthetic aperture radar* – SAR) de polarizações diferentes, para aplicar a técnica PolInSAR, que permite obter características da vegetação. A calibração dos produtos obtidos através das imagens de média resolução será efetuada através da comparação entre as grandezas obtidas a partir destas e as características da vegetação obtidas a partir de imagens de alta resolução (aéreas e de satélite). Um conjunto independente de imagens de alta resolução será utilizado para validar os resultados. Para o estudo do estado da relva, pretende-se determinar índices de vegetação, obtidos a partir das imagens de satélite de média resolução e avaliar a sua evolução. Para a análise de risco, serão analisadas séries temporais das grandezas obtidas a partir das imagens de média resolução através de métodos de estatística Bayesiana.

5. EQUIPA

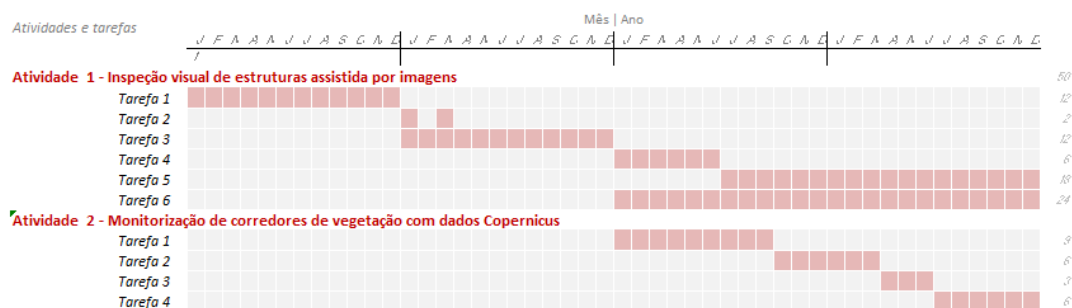
[illegible]

6. PLANO DE TRABALHOS

Atividade	1
<i>Designação</i>	Inspeção visual de estruturas assistida por imagens
<i>Descrição</i>	Mapeamento de patologias e ocorrências em estruturas com recurso a produtos fotogramétricos ou de <i>laser scanner</i> .
<i>Resultados</i>	Melhoria dos procedimentos operativos na aquisição de dados, desenvolvimento de métodos para edição de produtos intermédios e desenvolvimento de novos algoritmos para mapeamento de patologias e ocorrências.
<i>Duração (meses)</i>	48
<i>Equipa</i>	Maria João Henriques 8% Dora Roque 3% Hugo Silva 2% Nádia Braz 2% Bolsheiro de doutoramento LNEC 25% Bolsheiro mestre LNEC 7% Investigador FCT-Tenure 3%
<i>Tarefa 1</i>	Ensaio fotogrametria
<i>Descrição</i>	Realização de ensaios no LNEC para testar diferentes configurações de aquisição de fotografias de estruturas (reais ou modelos), processamento fotogramétrico e avaliação da qualidade.
<i>Tarefa 2</i>	Aquisição de fotografias de diversos tipos de estruturas e recolha de dados para georreferenciação
<i>Descrição</i>	Aquisição de coberturas fotográficas das estruturas em estudo com recurso a câmaras terrestres, transportadas por drone ou <i>laser scanner</i> ; coordenação de pontos de apoio.
<i>Tarefa 3</i>	Processamento dos dados
<i>Descrição</i>	Construção de produtos de imagem e de nuvens de pontos para as estruturas estudadas.
<i>Tarefa 4</i>	Ensaio para mapeamento com processamento digital de imagens
<i>Descrição</i>	Realização de testes sobre fotografias de edifícios do LNEC para testar algoritmos de <i>machine learning</i> para mapeamento de patologias e ocorrências.
<i>Tarefa 5</i>	Mapeamento de patologias e de ocorrências em diversos tipos de estruturas
<i>Descrição</i>	Construção de mapas de patologias e de ocorrências sobre os produtos fotogramétricos através das técnicas testadas anteriormente.
<i>Tarefa 6</i>	Exploração dos produtos obtidos pelos novos equipamentos disponíveis
<i>Descrição</i>	Exploração da informação geométrica e radiométrica contida nos produtos obtidos pelo <i>laser scanner</i> e por novas câmaras; integração de dados provenientes de diferentes fontes.

Atividade	2
Designação	Monitorização de corredores de vegetação com dados Copernicus
Descrição	Desenvolvimento de um método para monitorização do estado da vegetação na vizinhança de vias de comunicação com recurso a imagens de satélite de média resolução espacial.
Resultados	Métodos para a monitorização de vegetação na vizinhança de infraestruturas e análise de risco.
Duração (meses)	24
Equipa	Dora Roque 15% José Nuno Lima 13% Bolseiro de projeto 63% Investigador FCT-Tenure 6% Bolseiro mestre LNEC 11%
Tarefa 1	Caracterização da vegetação
Descrição	Desenvolvimento de métodos para obter variáveis caracterizadoras da vegetação através de imagens de satélite de média resolução espacial de diferentes tipos (imagens óticas e imagens SAR de diferentes polarizações).
Tarefa 2	Calibração das variáveis
Descrição	Utilização de imagens de alta resolução espacial (obtidas por satélite ou por fotografia aérea) para estabelecer relações entre as características da vegetação identificadas nessas imagens e as variáveis obtidas através das imagens de média resolução.
Tarefa 3	Validação dos resultados
Descrição	Utilização de imagens de alta resolução para validar os resultados obtidos através das imagens de média resolução; validação através de dados recolhidos em inspeção visual a realizar nas áreas de interesse do projeto.
Tarefa 4	Análise de risco
Descrição	Utilização de métodos de análise de séries temporais para avaliar a evolução de índices de vegetação e identificar anomalias que possam constituir um risco para a circulação na via de transporte estudada.

7. CRONOGRAMA



8. RESULTADOS, PRODUTOS E DISSEMINAÇÃO

8.1 TIPO DE RESULTADOS DO PROJETO

Descritores do tipo de resultados (ver E21)

Produtos e soluções

Produtos e soluções, para responder a problemas ou desafios concretos

Processos e sistemas

Processos e sistemas, para a gestão de ativos e o tratamento, organização e gestão de

Informação e conhecimento

Informação e conhecimento, a reter para o desenvolvimento temático em que se referenciam

Descrição dos resultados e sua integração nos diferentes tipos

Os resultados obtidos no projeto visam o desenvolvimento de produtos e soluções para problemas concretos, identificados no âmbito de solicitações de clientes do LNEC. Nas duas linhas de investigação propostas serão obtidos produtos resultantes de inspeções a estruturas e à vizinhança destas, com a identificação de eventuais anomalias.

Também serão desenvolvidos novos processos e sistemas, com a definição de métodos para a construção dos produtos mencionados e de estratégias para o seu armazenamento, visualização e análise através de ferramentas de sistemas de informação geográfica, que possam ser facilmente utilizadas por eventuais clientes que venham a contratar serviços relacionados com as linhas de investigação propostas.

Durante o projeto serão obtidos informação e conhecimento resultantes do aprofundamento da linha de investigação já seguida em ciclos de I&I anteriores (IVISA), o que permitirá melhorar os processos e a qualidade dos produtos obtidos face ao que é efetuado atualmente. O início de uma nova linha de investigação (monitorização de vegetação) trará também informação e conhecimento, nomeadamente a aprendizagem de uma técnica de processamento de imagens SAR que até à data não foi explorada no LNEC para aplicações terrestres (PolInSAR).

8.2 VALOR ACRESCENTADO DO PROJETO

Descritores do valor acrescentado do projeto (ver E21)

Promoção da segurança

Promoção da sustentabilidade

Melhoria da eficiência e do desempenho

Descrição do valor acrescentado do projeto

O projeto irá contribuir para a promoção da segurança, dado que a inspeção das estruturas e das respetivas vizinhanças permitirá detetar e analisar de forma objetiva eventuais anomalias e executar tarefas de manutenção ou reparação, contribuindo para a operação das estruturas de forma segura. Em caso das inspeções serem realizadas periodicamente, será possível identificar as anomalias num estado inicial, promovendo uma ação atempada, menos morosa e, consequentemente, mais sustentável. A abordagem proposta no projeto permitirá, também, melhorar a eficiência e o desempenho devido à diminuição da subjetividade inerente às inspeções visuais e à possibilidade de automatização da análise, o que permite tornar o processo de inspeção mais rápido.

8.3 ESTRATÉGIA DE DEVOLUÇÃO DOS RESULTADOS À SOCIEDADE

Descritores das estratégias de devolução dos resultados à sociedade (ver E21)

Interação com interlocutores

Intensificação da relação do LNEC com os interlocutores a privilegiar com vista a promover a

Comunicação de ciência e disseminação do conhecimento

Sensibilização para a importância do conhecimento científico produzido na melhoria da

Aplicação e replicabilidade dos resultados e produtos

Apropriação e utilização dos resultados pelos interlocutores a privilegiar

Descrição das estratégias de devolução de resultados à sociedade

Os resultados obtidos têm em vista a intensificação da interação com os interlocutores, uma vez que as duas linhas de investigação propostas resultam de necessidades identificadas através de solicitações desses interlocutores (EDP e Metro do Porto). Pretende-se que os métodos desenvolvidos no âmbito deste projeto venham a dar origem a futuros estudos por contrato.

Pretende-se, com este projeto, reforçar a importância que os produtos obtidos através dos métodos desenvolvidos apresentam para garantir a segurança das estruturas visadas e consciencializar os interlocutores de quão crucial é a realização periódica deste género de monitorização.

Os produtos obtidos através dos métodos desenvolvidos podem ser fornecidos aos interlocutores, podendo ser integrados em sistemas de informação que estes já possuam e utilizados para complementar outra informação sobre as estruturas, apoiando o processo de tomada de decisão.

8.4 PRODUTOS PREVISTOS

Publicações

Relatórios científicos

3

Livros

Capítulos de livros

Artigos em revista internacionais

2

Artigos em revista nacionais

1

Comunicações

Comunicações em encontros científicos internacionais

7

Comunicações em encontros científicos nacionais

3

Organização de seminários e conferências

Eventos científicos e técnicos internacionais organizados ou coorganizados

Eventos científicos e técnicos nacionais organizados ou coorganizados

Formação avançada

Teses de doutoramento

1

Dissertações de mestrado

1

Outros documentos de formação avançada

Documentos de divulgação e orientação técnica e de apoio à decisão

Especificações LNEC

Informações Técnicas LNEC

Guias

Normas de aplicação

Outros documentos

Outros

Modelos

Aplicações computacionais

Instalações piloto

Protótipos laboratoriais

5

9. INDEXAÇÃO AO CONTEXTO

Objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU

Indústria, inovação e infraestruturas

Horizonte Europa

Segurança civil para a sociedade

Estratégia Portugal 2030

Promoção da sociedade do conhecimento
Digitalização e inovação empresarial

Explicação da indexação ao contexto

O projeto está indexado ao objetivo da ONU “Indústria, inovação e infraestruturas”, devido ao seu foco na inspeção de infraestruturas, com o objetivo de as tornar mais seguras através de métodos inovadores baseados na utilização de imagens. Pela mesma razão, o projeto também se enquadra no desafio “Segurança civil para a sociedade” do Horizonte Europa, em que a vigilância de infraestruturas críticas é considerada. No âmbito da estratégia Portugal 2030, o projeto está indexado às prioridades “Promoção da sociedade do conhecimento” e à “Digitalização e inovação empresarial”, tendo em conta que os conhecimentos adquiridos durante o projeto serão utilizados para benefício da sociedade, ao garantir a segurança das pessoas que usufruem das infraestruturas, e que esse conhecimento será gerado através de métodos inovadores, com recurso a meios digitais como imagens, representação digital das infraestruturas e das respetivas vizinhanças, análise com métodos de *machine learning* entre outros.

10. ORÇAMENTO E FINANCIAMENTO

10.1 RECURSOS HUMANOS

<i>Grupo</i>		<i>Esforço (p*m)</i>	<i>Valor</i>
IC	Grupo 91	0.00	- €
IP (cH)	Grupo 92	0.00	- €
IP	Grupo 93	7.00	46 189 €
IA	Grupo 94	8.20	50 869 €
AI, TS	Grupo 95	1.00	3 994 €
EI, TI	Grupo 96	0.00	- €
CT, AT	Grupo 97	1.00	1 797 €
AO	Grupo 98	0.00	- €
BPD (LNEC)	Grupo 11	0.00	- €
BD, BI (LNEC)	Grupo 12	18.00	36 000 €
BII (LNEC)	Grupo 13	0.00	- €
BIPD (Projeto), BI (Projeto)	Grupo 21	0.00	- €
BI (Projeto)	Grupo 22	15.00	26 250 €
BII (Projeto)	Grupo 23	0.00	- €
Total		50.20	165 099 €

10.2 DESPESAS CORRENTES

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
SE para aquisição de fotografias com drone / terrestres	5	1 700.00 €	8 500 €
Missões nacionais	3	800.00 €	2 400 €
Missões internacionais	4	2 500.00 €	10 000 €
Article processing charges	4	3 000.00 €	12 000 €
SE para inspeção vegetação	5	300.00 €	1 500 €
Renovação de seguro de responsabilidade civil para UAV (drone) Matrice M300 para um ano	3	363.83 €	1 091 €
			- €
			- €
			- €
			- €
Total			35 491 €

10.3. EQUIPAMENTO

<i>Designação</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Valor unitário</i>	<i>Montante</i>
Câmara fotográfica para o drone	1	6 050.00 €	6 050 €
Imagens de satélite de alta resolução	8	1 500.00 €	12 000 €
Computador de alto desempenho	1	2 000.00 €	2 000 €
Fotografias aéreas	40	40.00 €	1 600 €
Alvos para <i>laser scanner</i>	6	167.22 €	1 003 €
			- €
			- €
			- €
			- €
			- €
Total			22 653 €

10.4 ORÇAMENTO

<i>Designação</i>	<i>Estimativa de custo</i>	<i>Financiamento externo</i>	<i>Financiamento LNEC</i>
Recursos humanos	165 098.93 €		165 099 €
Despesas correntes	35 491.49 €		35 491 €
Equipamentos	22 653.32 €	2 420 €	20 233 €
Gastos gerais	176 727.89 €		176 728 €
Total	399 972 €	2 420 €	397 552 €

Valor do financiamento externo proveniente de empresas públicas ou privadas (incluída em estudos de I&I ou por contrato)

Valor do financiamento destinado a processos internos inseridos em projetos de investigação

Se não existe financiamento externo nem vai ser

Está submetida uma candidatura ao programa Horizonte Europa onde se pediu financiamento para a linha de investigação da monitorização de vegetação, no valor de €29837
Pretende-se que bolsheiro de doutoramento concorra a bolsa de doutoramento FCT (€17095,08)
O projeto ID4CH (Lisboa2030) irá financiar 40% da aquisição da câmara de alta resolução para drone

Se não existe financiamento externo, mas vai ser obtido no futuro, indique as fontes de financiamento e o montante pretendido



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt