



Relatório Final do Projeto LAMINOTECA 1.0
Arquivo de lâminas e superfícies polidas do LNEG, uma coleção
de valor científico nacional - LAMINOTECA 1.0 do LNEG
(2023.10357.S4P23)

Autores: Zélia Pereira, Lídia Quental, Micael Jorge

Com contributos de: Rui Teixeira, Pedro Patinha, João Matos, Sofia Soares, Márcia Mendes, Aurete Pereira, Daniel Oliveira, Luísa Matos, Cristina Carvalho e Rúben Dias

Desenvolvido no período compreendido
entre 7 Setembro de 2024 a 21 de outubro de 2025

Índice

1. Introdução	3
2. Relevância do Projeto.....	4
3. Trabalho Desenvolvido e Metodologias Aplicadas	5
3.1. Introdução	5
3.2. Inventariação e Estruturação da Base de Dados	6
3.3. Georreferenciação e a Gestão da Incerteza Espacial	9
3.4. Teste e Implementação de Novas Tecnologias de Digitalização.....	10
3.5 Implementação e testes (DXSpark)	11
3.6 Enriquecimento documental e metadados	11
4. Problemáticas e Desafios Superados.....	12
5. Balanço do projeto, Objetivos e Visão Futura	13
5.1.Introdução	13
5.2. Principais Objetivos alcançados	13
5.3. A Plataforma Laminoteca 1.0 no GeoPortal (GEG): Acesso e Funcionalidades	14
5.3.1.Homepage da Laminoteca	15
5.3.2. Página de detalhe da Lâmina / Amostra.....	16
5.3.3. Página “Ver no mapa”	17
5.4. Próximos Passos e Objetivos Futuros	18
6. Conclusões finais	20
7.Referências.....	22

1. Introdução

O arquivo histórico do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) engloba um espólio científico resultante de quase 180 anos de atividade geológica e mineira, o que constitui um banco de dados excepcional e um verdadeiro repositório geológico nacional. No âmbito das áreas de missão do LNEG, consta a preservação, tratamento e disponibilização deste património único. Este espólio é considerado património científico nacional, com significado histórico e fundamental à investigação estratégica do país e de enorme valor económico.

Todavia, é pois, necessário que as coleções existentes se encontrem devidamente organizadas e preparadas para serem disponibilizadas online através da plataforma geoPortal da Energia e Geologia (GEG), infraestrutura online do LNEG. E, para a concretizar este objetivo, será necessário criar e desenvolver um centro de dados digital sobre coleções específicas, que facilite e promova a consulta da informação existente.

O projeto LAMINOTECA 1.0 visa estabelecer um novo modelo de organização e valorização do espólio histórico do LNEG, parte integrante do repositório geológico nacional. Paralelamente, promove o reforço funcional do GEG, enquanto plataforma digital central institucional e de acesso público, para disponibilização estruturada e georreferenciada das coleções temáticas, com destaque para as geológicas e mineiras. Esta iniciativa facilitará a pesquisa e consulta especializada, contribuindo para o avanço científico, educativo e económico. Espera-se que este projeto apoie, no futuro, atividades de I&D aplicadas às áreas estratégicas do LNEG, nomeadamente o Plano Nacional de Cartografia e o Plano Nacional de Prospeção no âmbito do Ato das Matérias Primas Críticas, reconhecendo o valor económico e territorial do conhecimento geológico e fomentando a especialização inteligente em petrografia, paleontologia e mineralizações.

A criação e formalização da **LAMINOTECA 1.0** no LNEG permite para além da preservação e sistematização das coleções existentes, fomentar um intercâmbio científico mais amplo e acessível entre o LNEG, instituições de ensino superior e o setor empresarial.

Este projeto, alinhado com a crescente especialização das políticas públicas, centra-se na inventariação exaustiva das lâminas delgadas e superfícies polidas, com investimento na sua catalogação, digitalização e integração na Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) do LNEG, banco de dados georreferenciado, acessível através do GEG.. Esta plataforma permitirá associar a pesquisa de lâminas e superfícies à consulta integrada de informação geológica complementar, incluindo cartografia geológica, estudos de sondagens, datações palinoestratigráficas de bacias sedimentares, caracterização de jazigos minerais e outros recursos geológicos relevantes.

A estruturação e disponibilização deste acervo resulta na constituição de um repositório de acesso aberto, promovendo a valorização científica das coleções em conformidade com a missão institucional do LNEG, e as metodologias adotadas no projeto permitem contribuir para uma comunicação mais eficaz e uma maior visibilidade do acervo, potenciando o estabelecimento de novas parcerias e a revitalização de uma das coleções temáticas mais significativas: a **LAMINOTECA 1.0**.

2. Relevância do Projeto

O acervo e coleções do LNEG encontram-se sob a tutela da **Litoteca** e do **Museu Geológico** do LNEG. A LITOTECA gere uma vasta coleção sondagens, (mais de 3405 sondagens, correspondendo a cerca de 700 mil metros de testemunhos) estando disponíveis para consulta um valor significativo (<https://www.arcgis.com/apps/dashboards/f4f09b36db50444c88ade9a9f8336552>), 3114 sondagens e mais de 576 mil metros de testemunhos, realizadas no território nacional desenvolvidas pelas equipas do LNEG ou entregues por empresas e entidades ao LNEG (ao abrigo do Decreto nº 39669, de 20 de Maio de 1954). Acresce a este espólio, as coleções de amostras de rochas, minerais, fósseis, lâminas delgadas de rochas e minerais, lâminas delgadas e superfícies polidas de minérios, lâminas e células de microfósseis, solos e sedimentos aluvionares (superior a 400 000 amostras). Todo este espólio da Litoteca LNEG encontra-se dividido por 3 grandes arquivos (Campi de São Mamede de Infesta, de Alfragide e de Aljustrel).

Este acervo, constitui um património singular, que se encontra parcialmente organizado e disponibilizado em bases de dados, podendo ser consultado no GEG, sendo exemplos a SONDATABASE, TECNIBASE, SIORMINP, entre outras (<https://geoportal.lneg.pt/>).

Apesar do acervo histórico do LNEG ser alvo de muitos projetos de investigação, inventariação e conservação, havia ainda alguns desafios a implementar.

Um dos arquivos históricos que necessitava de organização urgente é a coleção de lâminas delgadas e superfícies polidas, formada por milhares de exemplares repartidos entre os campi de Alfragide, de São Mamede de Infesta e de Aljustrel do LNEG. Estas lâminas e superfícies resultam de inúmeros estudos desenvolvidos ao longo de décadas de investigação sobre o território português e antigas colónias, hoje países da CPLP.

As lâminas delgadas e superfícies polidas são fundamentais à caracterização de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, sendo o seu estudo petrográfico um valioso suporte a diferentes áreas de missão como a cartografia geológica e estratigrafia e, a avaliação e

caracterização de mineralizações, de alteração hidrotermal associadas ao estudo do zonamento de metais em jazigos metálicos e à caracterização de texturas e minerais de rochas ornamentais e outros recursos geológicos. Durante décadas houve recursos humanos disponíveis para a realização de lâminas delgadas e superfícies polidas, de apoio aos trabalhos de investigação e desenvolvimento do LNEG, situação que à data se inverteu, causando sérios constrangimentos às áreas de missão.

Neste contexto, o desenvolvimento do projeto LAMINOTECA 1.0 do LNEG, é pois, fundamental, no sentido de valorizar as coleções de lâminas e de superfícies polidas existentes, organizando-as sob a forma de uma laminoteca, a qual passará a ter uma importância estratégica quer para os investigadores do LNEG, quer para os consultores externos de universidades ou empresas.

3. Trabalho Desenvolvido e Metodologias Aplicadas

3.1. Introdução

A preservação e organização de coleções geológicas são pilares fundamentais para a investigação em Geociências. Amostras históricas, como as lâminas delgadas e superfícies polidas que integram o acervo do LNEG, representam um repositório de conhecimento inestimável. No entanto, a sua utilidade encontra-se frequentemente limitada pela ausência de metadados robustos, em particular dados espaciais precisos que permitam a conexão com outras bases de dados do acervo já estabelecidas.

O presente projeto Laminoteca 1.0 do LNEG, tem como objetivo central a curadoria e valorização deste acervo, que abrange as lâminas delgadas e superfícies polidas.

O trabalho aqui sumariado estabelece os fundamentos para a transformação de um acervo histórico disperso, num recurso digital coeso e acessível a todos, com potencial para impactar positivamente a comunidade académica e a investigação científica.

O trabalho desenvolvido centrou-se em transformar um acervo de aproximadamente 76.000 lâminas delgadas, de grande valor histórico de difícil acesso, num recurso digital estruturado e cientificamente fidedigno. A estratégia para alcançar este objetivo assentou em dois pilares fundamentais: primeiro, a criação de uma base de dados robusta e homogénea, capaz de gerir e integrar a informação das amostras existentes; segundo, o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia rigorosa para a georreferenciação, que inclui forma de quantificar e representar a incerteza espacial associada a cada par de coordenadas atribuído.

3.2. Inventariação e Estruturação da Base de Dados

Foi alcançado um marco significativo com a inventariação de aproximadamente 76.000 lâminas delgadas, dispersas geograficamente por Alfragide, cerca de 49.200, S. Mamede Infesta, cerca de 25.500, e Aljustrel com cerca de 880. Para gerir esta vasta quantidade de informação, foi desenvolvida e implementada uma base de dados cujos campos foram definidos para garantir a homogeneização dos dados.

Após o feedback inicial de investigadores e em articulação com a DXSpark, empresa responsável pela implementação tecnológica no GEG, procedeu-se a reajustes na estrutura final em relação à apresentada no relatório de progresso da bolsa de investigação entregue no início de Julho, adotando um modelo relacional e “future-proof”. Optou-se pela elaboração de quatro tabelas (Amostras, Lâminas, Fotos e Bibliografia) em vez de uma única tabela por cinco razões: (i) o modelo reflete as relações naturais 1-n entre entidades (a uma amostra correspondem várias lâminas, a uma lâmina várias fotografias e a uma amostra vários registos bibliográficos); (ii) reduz-se a redundância: por exemplo, para um conjunto de 800 lâminas da mesma amostra (p.ex., uma sondagem) não se repetem 800 vezes campos como coordenadas, cartas, etc.; (iii) permite-se a especialização por entidade, incluindo campos próprios e distinções operacionais (como locais de arrumação diferentes para a amostra e para a lâmina delgada); (iv) base de dados escalável para o futuro, nomeadamente para a base de dados de amostras e novas funcionalidades; (v) Potencia-se a homogeneização de dados, uma vez que atualmente existem várias bases de lâminas com estruturas distintas. Esta normalização, embora trabalhosa abre novas possibilidades de consulta, integração e análise; e (vi) tira proveito e estabelece a relação com outras bases de dados do LNEG como é o caso da Sondabase e Tecnibase.

Tabela 1- Resumo dos campos da base de dados.

Tabela	Coluna	Explicação
Tabela Amostra	IdAmostra	Número único de identificação da amostra.
Tabela Amostra	RefAmostra	Nome da amostra
Tabela Amostra	AmostraFisica	Se existe (“sim”) ou indefinido (“não” ou “<null>!)
Tabela Amostra	ContextoColheita	Amostra pontual (amostragem de local pontual em campo - exemplo de cartografia, mina...), amostra de corte (representa um conjunto de amostras) ou sondagem (representa um core)
Tabela Amostra	Designacao	Nome da Sondagem, corte ou projeto associado à amostra
Tabela Amostra	Ambito	Objetivo (Cartografia, prospeção, hidrogeologia)

Tabela Amostra	ClassificacaoAmostra	Classificação da amostra
Tabela Amostra	Observacoes	Observações adicionais de campo (complementos à localização e classificação; alterações da rocha, presença de estruturas como disjunções e minerais.
Tabela Amostra	UnidadeGeologica	Formação ou grupo geológico
Tabela Amostra	Idade	Era, Período ou Época
Tabela Amostra	DataColheita	Data que foi coletada a amostra
Tabela Amostra	LocalColheita	Local de colheita
Tabela Amostra	Longitude	Coordenada longitude WGS84
Tabela Amostra	Latitude	Coordenada latitude WGS84
Tabela Amostra	RaioIncerteza	Raio de incerteza em metros associado ao ponto no mapa
Tabela Amostra	Folha25K	Folha 1:25.000
Tabela Amostra	Folha50k	Carta geológica 1:50.000
Tabela Amostra	Folha200K	Folha 1:200.000
Tabela Amostra	Folha100K	Folha de outro país
Tabela Amostra	Folha250k	Folha de outro país
Tabela Amostra	País	País de colheita da amostra
Tabela Amostra	ObservacoesInternas	Notas internas sobre a amostra (ex. cedida ao investigador X)
Tabela Amostra	idSondabase	Ligação à Sondagem da Sondabase, se aplicável.
Tabela Amostra	Campus	Campos de LNEG
Tabela Amostra	Arrumacao	Sala, estante, caixa
Tabela Amostra	Foto	foto.jpg
Tabela Amostra	Foto3D	num futuro, ter um visualizador de objetos 3D
Tabela Amostra	Registo	Ano e pessoa responsável por carregar os dados ou ultima atualização
Tabela Amostra	Confidencialidade	Público, não listado, confidencial
Tabela Lâmina	IdLamina	Id único de cada lâmina
Tabela Lâmina	IdAmostra	Chave que liga a lâmina à sua amostra de mão original na Tabela Amostra.
Tabela Lâmina	RefLamina	Referencia inscrita na lâmina
Tabela Lâmina	Colecao1	Campo para associar coleção
Tabela Lâmina	Colecao2	Campo para associar outra coleção
Tabela Lâmina	SubColecao	Outras coleções de ordem mais pequena a que possa ser associada
Tabela Lâmina	TipoLamina	Lâmina delgada, superfície polida, lamina polida etc.
Tabela Lâmina	Estado	Estado de conservação da lâmina (Partida, sem lamela etc.)
Tabela Lâmina	DataLamina	Data, se gravada na lâmina
Tabela Lâmina	Classificacao	Classificação da lâmina
Tabela Lâmina	Observacoes	Observações presentes na lâmina
Tabela Lâmina	FichTecnica	Hiperligação ou caminho de rede para a ficha técnica descritiva da lâmina (.pdf, .doc, etc.), se existir.
Tabela Lâmina	Idade	Idade geológica determinada a partir da análise da lâmina

Tabela Lâmina	Biozona	Identificação da biozona com base no conteúdo fossilífero da lâmina.
Tabela Lâmina	EspeciesGuia	Espécies de fósseis guia identificadas na lâmina
Tabela Lâmina	MetragemSondagem	Valor metragem indicado na lâmina
Tabela Lâmina	ObservacoesInternas	Observações de interesse interno (p.e. cedida ao investigador x)
Tabela Lâmina	Campus	Pólo do LNEG em que se encontra
Tabela Lâmina	Arrumacao	Sala, armário, caixa
Tabela Lâmina	Tecnico	Técnico associado à lâmina
Tabela Lâmina	Registo	Ano e pessoa responsável por carregar os dados ou ultima atualização
Tabela Lâmina	Confidencialidade	Público, não listado, confidencial
Tabela Bibliografia	idBibliografia	Id único de cada entrada bibliográfica
Tabela Bibliografia	IdAmostra	Chave estrangeira que liga a referência bibliográfica a uma amostras descrita no documento.
Tabela Bibliografia	TipoDocumento	Relatório, mapa etc. Campo preenchido automaticamente se houver ID Tecibase
Tabela Bibliografia	Referencia	Referência do documento (Autor, titulo). Campo preenchido automaticamente se houver ID Tecibase
Tabela Bibliografia	idTecibase	Identificador único do documento na base de dados de referências bibliográficas do LNEG (Tecibase). Permite a sincronização e preenchimento automático de outros campos.
Tabela Bibliografia	LocalDocumento	Hiperligação ou caminho de rede para aceder à versão digital do documento
Tabela Foto	IdFoto	Id único de cada foto
Tabela Foto	IdLamina	Id da respetiva amostra na tabela lâmina
Tabela Foto	Tipo	Tipo de observação ao microscópio petrográfico. (Valores comuns: "PPL" para nicóis paralelos; "XPL" para nicóis cruzados).
Tabela Foto	Ampliacao	Ampliação da foto
Tabela Foto	Seccao	Identificador do campo de visão. Usar o mesmo número para um par de fotos (PPL e XPL) tiradas exatamente no mesmo local da lâmina.
Tabela Foto	LocalFoto	Caminho para o servidor. Cada foto deve ter o nome no formato "IDLamina_tipo_seccao_ampliação.jpg"
Tabela Foto	Microscopio	Petrográfico, eletrónico, etc.
Tabela Foto	Tipolluminacao	Refletida, transmitida entre outros
Tabela Foto	CoordMicroscopio	Coordenadas (X, Y) da platina do microscópio
Tabela Foto	MostrarFoto	Caminho de rede para o ficheiro da imagem. Recomenda-se a adoção de um nome de ficheiro normalizado, como: IdLamina_Seccao_Tipo_Ampliacao.jpg

3.3. Georreferenciação e a Gestão da Incerteza Espacial

A tarefa mais desafiadora do projeto consistiu na georreferenciação das amostras. Das aproximadamente **76.000 lâminas inventariadas, cerca de 48.300 (número em atualização) foram georreferenciadas com diferentes níveis de precisão**. O processo pode considerar-se dividido em dois grupos principais de amostras: as de georreferenciação direta, provenientes de um conjunto de materiais previamente georreferenciados, como sondagens ou lâminas com as coordenadas geográficas inscritas, e as de georreferenciação complexa, que constituem a grande maioria e cuja localização depende da interpretação de descrições textuais em cadernos de campo e outros documentos históricos. Para abordar a inerente imprecisão destas descrições, foi desenvolvida uma metodologia para quantificar e representar visualmente a incerteza. Esta metodologia baseia-se na atribuição de um "raio de incerteza" a cada ponto, que é representado como um buffer circular no mapa para comunicar visualmente o grau de confiança da localização. Na Figura 1, observa-se uma versão preliminar da representação dos dados georreferenciados com recurso aos buffers.

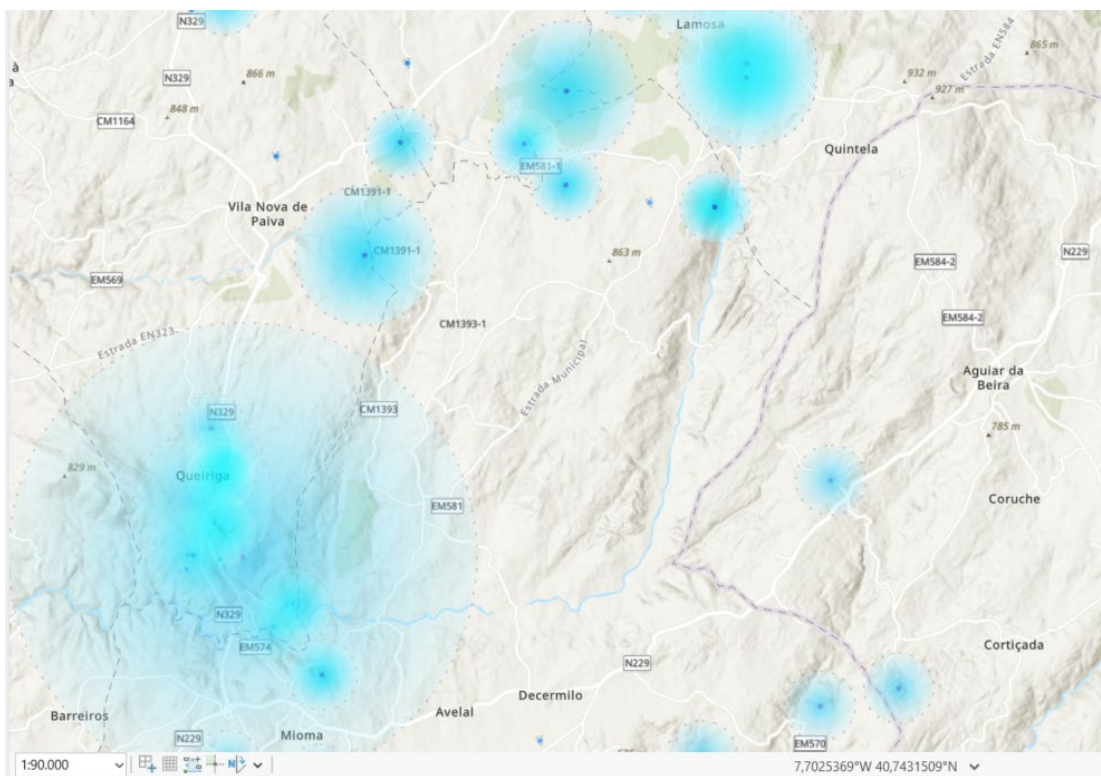


Figura 1. Secção do mapa, com projeção de coordenadas de lâminas delgadas, e respetivos buffers. Distingue-se a variação da precisão dos buffers, desde o maior, posicionado no canto inferior esquerdo, até ao mais pequeno, assinalado com um ponto azul, pois o buffer associado não é discernível à escala apresentada.

Às lâminas com localizações precisas, como as das sondagens, foi atribuído ao buffer um raio de 50m; para descrições com pontos de referência claros e distâncias específicas (p.e, “50 m a NNE da Igreja de X”), foi definido um raio de 100m; já as descrições intermédias, onde o ponto de partida é uma localidade sem um centro bem definido ou onde falta uma distância explícita (e.g., “a Este de Ribães”), receberam, em geral, um raio de 750m. Para referências mais vagas entre duas localidades (p.e., “Entre Sinde e a Qtª do Paúl”), foi aplicado um buffer com raio de até 5000 metros, por se considerar que ainda oferecem utilidade interpretativa em análises de escala regional. A metodologia evoluiu para permitir a definição de raios de incerteza intermédios, ajustados caso a caso, para melhor refletir a qualidade da descrição geográfica quando os valores padronizados eram demasiado restritos ou demasiado amplos para a situação. Finalmente, optou-se por não georreferenciar descrições excessivamente vagas (e.g., “Serra de Sicó”), por se concluir que o resultado teria uma utilidade geográfica residual. Esta metodologia é fundamental para garantir a integridade científica dos dados apresentados, permitindo que os investigadores ponderem o impacto do erro espacial nas suas análises.

3.4. Teste e Implementação de Novas Tecnologias de Digitalização

Para acelerar a extração de dados de cadernos de campo manuscritos ou datilografados, foram testadas tecnologias de Reconhecimento Ótico de Caracteres (OCR), nomeadamente o Gemini/API Vision. A ferramenta demonstrou um elevado potencial, transcrevendo tabelas com ID de amostra, descrições de localização e classificações com notável precisão e gerando uma poupança significativa de tempo. Contudo, o processo evidenciou também a necessidade de uma etapa de validação e correção manual (ver exemplo Figura. 2), garantindo a fiabilidade dos dados.

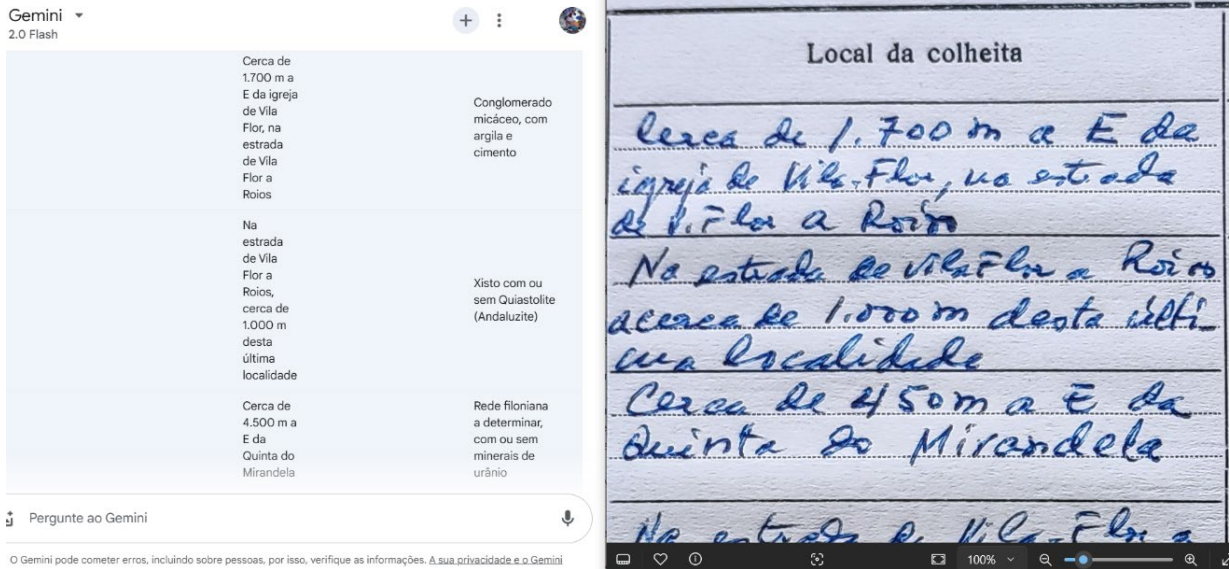


Figura 2. Teste de OCR através da Ferramenta do Gemini. Bons resultados no geral, observando-se algumas gralhas (p.e. "4500 m" em vez de "450 m", evidenciando a necessidade da verificação manual dos resultados do OCR.

3.5 Implementação e testes (DXSpark)

A estrutura de base de dados encontra-se em fase de implementação e teste pela DXSpark. Para esta fase foi fornecido um conjunto reduzido (≈ 20 amostras) que concentra casos representativos e desafios específicos de implementação (relacionamentos, regras de integridade, validação de coordenadas).

3.6 Enriquecimento documental e metadados

Realizou-se pesquisa bibliográfica com o objetivo de ligar documentação relevante (relatórios, mapas, fichas, fotografias) às lâminas/amostras. Este trabalho é moroso, dado que raramente existem referências diretas às amostras, exigindo pesquisa contextual e leitura de documentação histórica.

Foram também integrados metadados entretanto encontrados (datas, técnicos, vínculos a projetos e unidades litoestratigráficas), reforçando a completude descritiva e a capacidade de pesquisa.

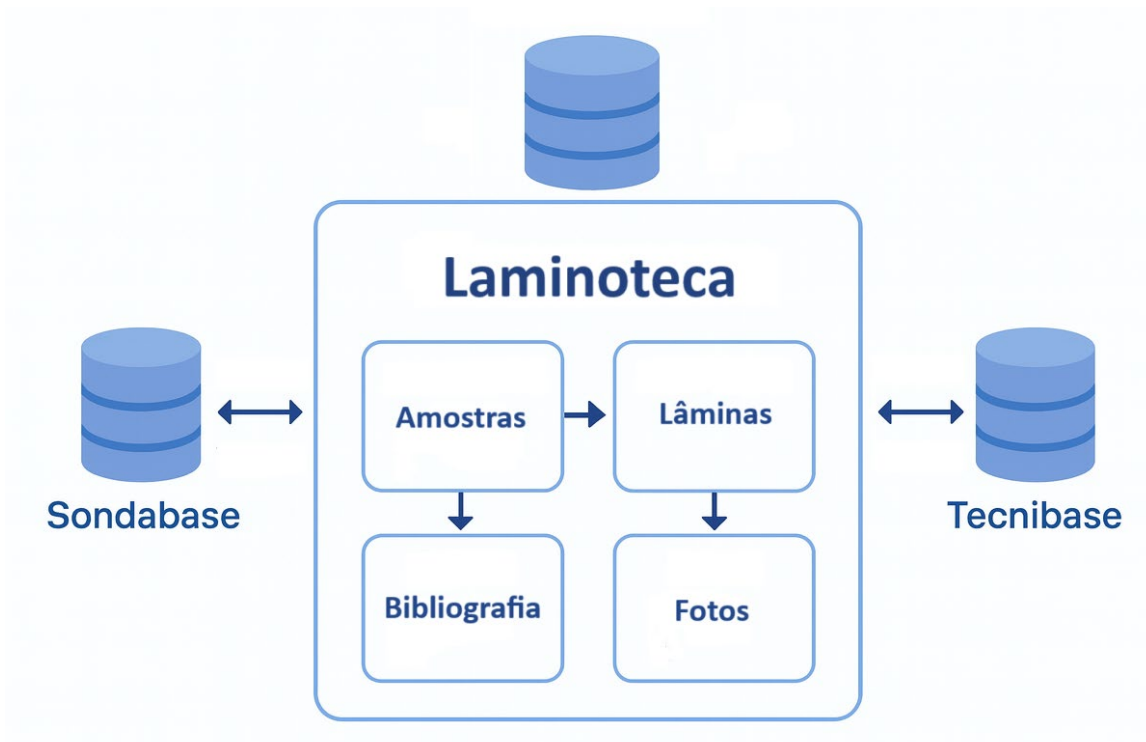


Figura 3. Estrutura conceitual: relações entre as tabelas principais, ligação a Sondabase/Tecnibase.

4. Problemáticas e Desafios Superados

A execução deste projeto, embora revelando o imenso potencial do acervo do LNEG, expôs também um conjunto significativo de dificuldades inerentes à natureza de um acervo histórico e disperso. Um dos maiores desafios enfrentados, e talvez o mais complexo, residiu na georreferenciação das lâminas. A principal dificuldade residiu na ambiguidade das descrições geográficas, frequentemente sucintas e desatualizadas. Frequentemente, as localidades mencionadas são topónimos ambíguos (e.g. "São Pedro"), presentes em múltiplas regiões, o que exige informação adicional para a sua correta identificação. Um exemplo que ilustra bem a dimensão desta dificuldade é o caso do "Vértice Geodésico do Malhão", do qual existem 18 instâncias distintas em Portugal, exigindo uma investigação aprofundada e contextual para a sua correta atribuição. Adicionalmente, muitos pontos de referência estão hoje obsoletos tais como edificações que foram demolidos ou mudaram de nome, tornando a sua localização direta impossível.

Outra problemática reside na dependência de documentos complementares. Alguns conjuntos de lâminas carecem da consulta, e.g., planos de sanjas e outros relatórios físicos que por vezes ainda não foram localizados ou digitalizados. Esta dependência atrasa e complica o processo de georreferenciação e contextualização completa das amostras.

A dispersão física do acervo representa mais um desafio considerável. As amostras e a informação associada encontram-se dispersas por diferentes polos (Alfragide, S. Mamede de Infesta, Aljustrel), em diversas salas e gabinetes desses mesmos polos e, por vezes, sob a alçada de diferentes investigadores. Esta fragmentação física dificulta a criação de um inventário unificado e completo, exigindo um esforço de localização, recolha e participação ativa de diversas chefias e investigadores.

Finalmente, a acumulação de incertezas provenientes de diversas fontes, assim como um horizonte temporal amplo associado, agrava os desafios da georreferenciação. Isto inclui as diferenças nas bases de cartografia utilizada ao longo do tempo, o erro intrínseco associado às observações e localização em campo realizadas no momento da recolha original, bem como erros inerentes à conversão entre sistemas de coordenadas antigos e modernos.

5. Balanço do projeto, Objetivos e Visão Futura

5.1. Introdução

Apesar de se tratar de um projeto ambicioso e com um horizonte temporal limitado, o projeto LAMINOTECA 1.0 produziu resultados significativos e estruturantes, que constituem uma base sólida para o desenvolvimento de uma iniciativa sustentada de curadoria digital a longo prazo.

As ações já concretizadas - incluindo a inventariação, catalogação e digitalização de lâminas e organização em diversas coleções temáticas - demonstram a viabilidade técnica e científica do modelo proposto, evidenciando o seu potencial para evoluir para uma infraestrutura permanente de gestão e valorização do acervo de lâminas e superfícies polidas existente. Estes resultados iniciais não só validam a abordagem metodológica adotada, como também reforçam a relevância estratégica do projeto no contexto da preservação patrimonial, da investigação aplicada e da promoção do acesso aberto ao conhecimento geocientífico.

5.2. Principais Objetivos alcançados

Seguidamente são apresentados os principais objetivos alcançados no âmbito do projeto LAMINOTECA 1.0, bem como das ações em curso, evidenciando o progresso realizado e os

contributos esperados para a consolidação da curadoria digital e valorização científica do espólio geológico do LNEG:

- Base de dados estruturada: criação de uma base de dados georreferenciada com cerca de **49.200** entradas do polo de Alfragide;
- Integração dos dados georreferenciados de cerca de **5.500** entradas do polo de SMI e **20.000** entradas da coleção de lâminas da coleção de palinologia de SMI;
- Integração dos dados georreferenciados de cerca de **880** lâminas do polo de Aljustrel;
- Georreferenciação em larga escala: atribuição de coordenadas e raios de incerteza a mais de **48.300** lâminas (número em atualização);
- Inovação metodológica: teste e validação de novas tecnologias (OCR) para otimização de futuros trabalhos de digitalização;
- Desenvolvimento de protocolos: criação de metodologias robustas para inventariação e georreferenciação;
- Implementação e teste da base de dados no GEG com a DXSpark;
- Validação da base de dados única: com a incorporação as coleções de lâminas delgadas dos polos de Alfragide, Aljustrel e São Mamede de Infesta, unificando o acervo nacional;
- Publicação no GEG: O trabalho desenvolvido permitirá a publicação, visualização do acervo na infraestrutura do GeoPortal do LNEG;
- Segundo bloco (>**7600 lâminas e superfícies polidas**) inventariado para, após a publicação do conjunto inicial, trabalhar sobre os seus metadatos e acrescentar à base de dados;
- Pesquisa bibliográfica e enriquecimento de metadatos, com ligações a documentação técnica e cartográfica sempre que possível;
- Contribuição para a curadoria geológica: O projeto constitui um passo fundamental para a implementação de uma coleção científica digital e acessível.

5.3. A Plataforma Laminoteca 1.0 no GeoPortal (GEG): Acesso e Funcionalidades

O projeto Laminoteca 1.0, acessível através do geoportal (<https://geoportal.lneg.pt/pt/bds/laminoteca/#!/>), materializa-se numa base de dados digital de lâminas delgadas e amostras geológicas. Esta plataforma pretende centralizar a informação que se encontrava dispersa por diversas localizações, nomeadamente Aljustrel, SMI e Alfragide, criando um recurso unificado para consulta e investigação.

5.3.1. Homepage da Laminoteca

A navegação na página inicial está organizada através de cinco ícones principais (Figura 4). O ícone "Introdução" contextualiza o projeto, enquanto "Lâminas" e "Amostras" dão acesso direto às respetivas bases de dados. O ícone "Ver Mapa" abre o visualizador SIG, e por fim, a secção "Contactos" disponibiliza informações dos polos do LNEG.



Figura 4. Menu superior da homepage da base de dados

Abaixo destas opções, aparece pré-definido selecionada a base de dado das lâminas das Lâminas, ou alternativamente pelo clique no botão lâminas. Esta página de entrada apresenta tags (Figura 5) que permitem uma pré-pesquisa rápida por coleções.

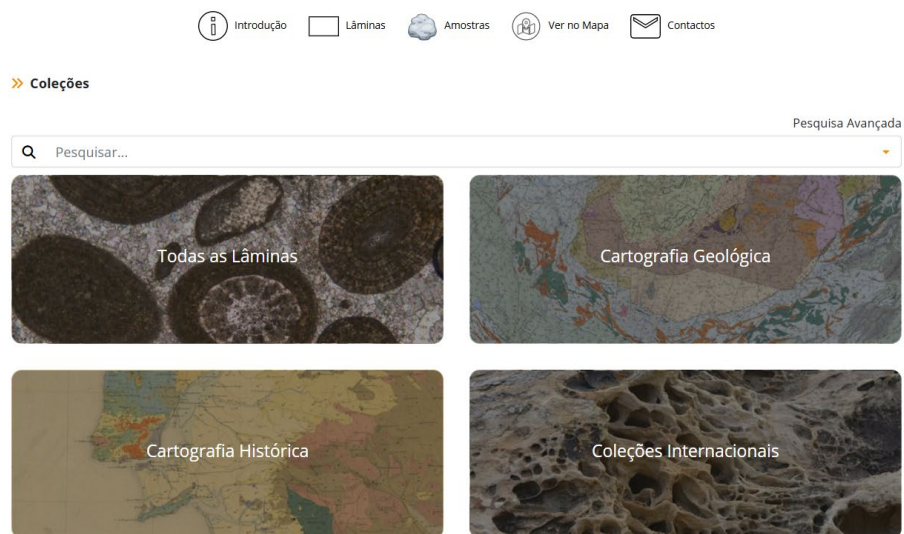


Figura 5. Página de entrada da Laminoteca, com os cartões/tags de pré-pesquisas.

Oferece ainda a possibilidade de pesquisa usando uma caixa de pesquisa onde é possível realizar uma pesquisa geral por palavras-chave ou, alternativamente, utilizando a pesquisa avançada, que restringe a busca a campos específicos como tipo de lâmina, país, folha cartográfica ou coleção. Após o clique em “pesquisar” ou “enter”, a base de dados retribui os resultados resultantes da pesquisa (Figura 6), que podem ser consultados ou exportados para Excel.

Todas as Lâminas

Pesquisa Avançada

Q PO

Pesquisa por: Referência da Lâmina:"PO"; Coleção 1:"PO"; Coleção 2:"PO"; Sub-Coleção:"PO"; Classificação:"PO"; Designação:"PO"; Local de Colheita:"PO"; Tem Foto?:"Sim";

 Exportar para Excel

Foram encontrados 7 registros

Referência	Coleção 1	Coleção 2	Sub-Coleção	Tipo de Lâmina	Folha 50K
PO.20 T-5004	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A
PO.20 T-5024	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A
PO.20 T-5043	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A
PO.20 T-5058	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A
PO.20 T-5134	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A
PO.20 T-5146	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A
PO.20 T-5181	Cartografia Geológica		CPP	Lâmina Delgada	27-A

Figura 6. Apresentação de resultados de uma pesquisa.

5.3.2. Página de detalhe da Lâmina / Amostra

A página de detalhe de uma lâmina na plataforma Laminoteca 1.0 oferece um conjunto alargado de informações, organizadas para fornecer um contexto completo sobre o item.

No topo da página, são apresentadas as fotografias de microscopia da lâmina (Figura 7), permitindo a sua análise visual direta. Este Visualizador exibe um slider para alternar entre luz polarizada plana (PPL) e cruzada (XPL) e, quando disponível, a visualização da lâmina a várias objetivas

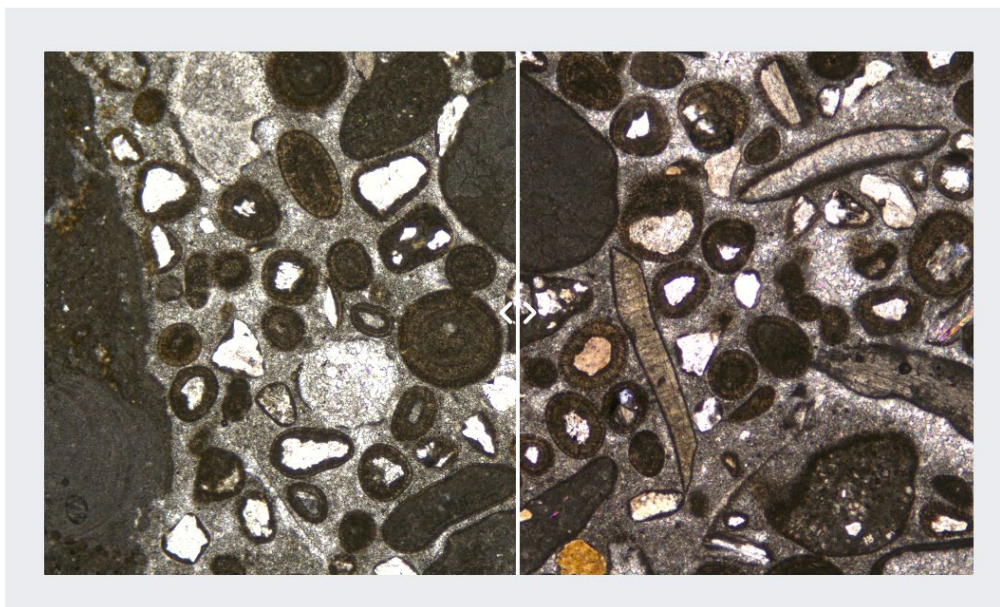


Figura 7. Visualizador interativo de lâminas delgadas, entre luz polarizada plana (PPL), esquerda, e cruzada (XPL), direita.

Logo abaixo, a secção "Características da Lâmina" detalha a sua proveniência e classificação. Esta área inclui a sua inserção em coleções primárias e secundárias, o "Tipo de Lâmina", "Classificação" entre outros. Segue-se a secção "Localização" onde é exibido um mapa com a localização da amostra e buffer associado à precisão da localização. Agrupa ainda todos os dados geográficos associados à origem da amostra e um hiperlink para o visualizador do GEG para poder interagir com outras layers de informação.

Para contextualizar a lâmina, a página também inclui a secção de "Detalhes da Amostra", que apresenta um resumo de informações selecionadas sobre a amostra original e contém uma hiperligação que permite navegar para a página da amostra e consultar a totalidade dos seus dados. Finalmente, a secção "Bibliografia" lista publicações e documentos relacionados, como mapas ou artigos, com hiperligações que permitem ao utilizador consultar o documento ou obter mais informações sobre o mesmo através da Tecibase.

5.3.3. Página “Ver no mapa”

Ao clicar em "Ver Mapa", é remetido para o Visualizador de mapas do GEG. Esta ferramenta projeta no mapa a localização de todas as lâminas/amostras que foram georreferenciadas, onde cada ponto no mapa é apresentado com um raio de incerteza e que representa a margem de erro da sua localização. A integração dos dados da Laminoteca no visualizador do Geoportal permite que o projecto “Laminoteca1.0” beneficie de todas as suas

funcionalidades e ferramentas, como os dados de cartografia, sondabase, ocorrências, recursos minerais entre muitos outros.

5.4. Próximos Passos e Objetivos Futuros

Embora o projeto LAMINOTECA 1.0 tenha sido concebido com um calendário de execução limitado (1 ano), o trabalho desenvolvido até ao momento evidenciou não apenas o elevado potencial científico e patrimonial do acervo, como também a necessidade de um compromisso continuado para a sua plena valorização.

A continuidade desta iniciativa e fases futuras revela-se essencial para consolidar os investimentos já realizados e para alcançar os objetivos estratégicos definidos, assegurando a sustentabilidade da curadoria digital e o reforço da missão científica do LNEG.

Apresentam-se, seguidamente, as próximas fases a desenvolver:

1. Enriquecimento da Base de Dados:

- Com recurso a fotografia de microscopia: Implementar um fluxo de trabalho para fotografar as lâminas em microscópio, criando um atlas digital semelhante a iniciativas internacionais (e.g., “BRITROCKS: mineralogy and petrology collections database” do British Geological Survey);
- Integração dos milhares de fotografias da coleção de palinologia, com disponibilização de 10 fotografias por lâmina, ficando as restantes num servidor do LNEG, para consulta mediante solicitação;
- Integração de fichas descritivas de taxones relativos à coleção de lâminas de palinologia PALINOTECA (855 fichas, com fotografias e descrição das espécies);
- Digitalização de informação complementar: digitalizar sistematicamente relatórios petrográficos, mapas, fichas de amostra e outra documentação associada, ligando-a diretamente às amostras na base de dados.

2. Expansão do Inventário:

- O registo das coleções ainda não inventariadas de lâminas e superfícies polidas do polo de Alfragide é um objetivo prioritário. Este esforço é fundamental para enriquecer o acervo nacional e garantir que o máximo de informação possível permaneça acessível.

3. Disseminação Científica:

- Elaboração de publicação científica: redigir uma contribuição científica, detalhando algum do trabalho realizado e a sua importância para a ciência em Portugal.

4. Impacto na Investigação e Cartografia:

- Apoio à cartografia geológica: O acervo contém amostras de regiões que ainda carecem de cartografia à escala 1:50 000. A sua disponibilização pode representar uma poupança de tempo e principalmente recursos para futuros projetos de cartografia, fornecendo conhecimento geológico já existente aos investigadores;

- Fomentar novas linhas de investigação: potenciar o desenvolvimento de estudos em áreas como a prospeção de recursos minerais e paleontologia;

- Preservação e salvaguarda do acervo: garantir a preservação a longo prazo e a acessibilidade contínua deste património geológico para as futuras gerações de investigadores.

5. Organização de Webinar para apresentação da LAMINOTECA 1.0 do LNEG.

Como parte das ações de disseminação e valorização científica do projeto, está prevista a realização de um webinar institucional dedicado à apresentação pública da LAMINOTECA 1.0. Este evento tem como objetivo divulgar os principais resultados alcançados, demonstrar as funcionalidades da plataforma digital associada e promover o diálogo com a comunidade científica, académica e empresarial. O webinar incluirá intervenções técnicas sobre o processo de curadoria digital, a importância estratégica do espólio geológico e as potencialidades de integração com outras infraestruturas de dados geocientíficos. Pretende-se, ainda, fomentar o estabelecimento de parcerias e recolher contributos para o desenvolvimento futuro da LAMINOTECA, reforçando o papel do LNEG como entidade de referência na preservação e valorização do património geológico nacional.

6. - Conclusões finais

1. Progresso na Curadoria Digital do Acervo de Lâminas Delgadas

O projeto LAMINOTECA 1.0 registou avanços significativos na curadoria digital do acervo de lâminas delgadas, superando os desafios inerentes à organização e sistematização de dados históricos complexos. A digitalização e disponibilização universal de dados geológicos constitui um processo complexo e gradual, exigindo tempo, recursos especializados e uma abordagem metodológica rigorosa. O trabalho realizado no âmbito do projeto LAMINOTECA 1.0 representa uma etapa fundacional crítica, sobre a qual se deve continuar a construir. Ao longo da execução do projeto foram estabelecidos protocolos técnicos e operacionais que garantem a uniformidade dos procedimentos de inventariação, digitalização e georreferenciação.

Destaca-se a **criação de uma base de dados estruturada com mais de 76.000 registos de lâminas delgadas**, representando um volume expressivo do espólio geológico disponível. A criação da base de dados evoluiu para uma estrutura relacional mais complexa do que a inicialmente prevista, centrada numa tabela de "Amostras". Esta decisão, embora tenha implicado um maior dispêndio de tempo na sua construção e implementação, representa uma visão a longo prazo. A principal vantagem reside no estabelecimento de relações entre as amostras e os múltiplos dados a elas associados, como lâminas delgadas, fotografias e referências bibliográficas.

Paralelamente, foi **desenvolvida e aplicada uma metodologia robusta de georreferenciação, que permitiu associar coordenadas geográficas a mais de 48.300 lâminas** (número em atualização), reforçando a sua utilidade científica e aplicacional.

2. Continuidade e Escalabilidade da Curadoria Digital

A continuidade do projeto LAMINOTECA 1.0 no LNEG é fundamental para consolidar os resultados já alcançados e permitir o avanço em fases críticas, nomeadamente o enriquecimento documental, a expansão sistemática do inventário e a integração com outras infraestruturas nacionais e internacionais de dados geológicos. Estes desenvolvimentos são essenciais para garantir a interoperabilidade e o alinhamento estratégico com iniciativas de ciência aberta e gestão integrada de património geocientífico.

Importa destacar a especificidade e riqueza informativa de determinadas coleções, cuja complexidade exige uma abordagem contínua e adaptativa. Estas coleções encontram-se em permanente construção, refletindo a natureza dinâmica do conhecimento geológico e a evolução das metodologias de caracterização. Nesse sentido, as estruturas de continuidade do projeto foram concebidas com escalabilidade, permitindo a incorporação

progressiva de novos dados, a integração de tecnologias emergentes e a adaptação a diferentes contextos científicos e operacionais.

A manutenção e expansão desta infraestrutura digital não só asseguram a preservação e valorização do espólio geológico nacional, como também posicionam o LNEG como uma entidade de referência na curadoria científica e na disponibilização de recursos digitais de elevada qualidade à comunidade académica, técnica e institucional.

Estes desenvolvimentos permitirão disponibilizar à comunidade académica e ao sector empresarial um recurso digital de elevada qualidade, com potencial para apoiar atividades de investigação, ensino e planeamento territorial.

A continuidade do projeto é, por isso, essencial para garantir que o LNEG dispõe de uma visão abrangente e atualizada do acervo disponível, maximizando o seu valor científico, educativo e económico, e assegurando a sua plena integração nas atividades de investigação e apoio às políticas públicas. Apesar de se tratar de um projeto com duração limitada, os resultados obtidos no âmbito da LAMINOTECA 1.0 demonstram claramente o elevado potencial do acervo geológico do LNEG, bem como a necessidade de um esforço continuado para garantir a sua valorização plena e sustentável. A infraestrutura de dados criada constitui um alicerce robusto para o desenvolvimento de iniciativas futuras, ainda mais ambiciosas, no domínio da curadoria digital e da disseminação do conhecimento geocientífico.

Entre as possibilidades de evolução destaca-se a criação de uma plataforma de exploração digital de lâminas petrográficas, baseada na digitalização em alta resolução do acervo através de microscopia. Esta ferramenta - concebida como um **microscópio virtual do LNEG** - permitiria a investigadores, docentes e estudantes de qualquer parte do mundo aceder remotamente às lâminas, explorando em detalhe as texturas, estruturas e mineralogia das rochas, com a precisão de um microscópio petrográfico e a versatilidade de um ambiente digital interativo. Esta abordagem representaria um avanço qualitativo na forma como o LNEG partilha e projeta o seu património científico, transformando um acervo histórico num recurso dinâmico, acessível e de elevado valor educativo e investigativo, com impacto nacional e internacional.

A inventariação contínua do acervo de lâminas delgadas tem revelado o seu elevado valor estratégico para programas nacionais de referência, como o **Plano Nacional de Cartografia** e o **Plano Nacional de Prospeção no âmbito do Ato das Matérias Primas Críticas**. A identificação de lâminas provenientes de regiões ainda não cobertas por cartografia geológica à escala 1:50.000 constitui uma oportunidade relevante para disponibilizar informação prévia aos investigadores, permitindo antecipar etapas críticas dos trabalhos de campo e laboratoriais. Esta abordagem contribui para uma **redução significativa dos custos**

operacionais e dos prazos de execução, ao evitar a duplicação de esforços na produção de novas lâminas para áreas já parcialmente representadas no acervo.

A estruturação e disponibilização digital do acervo resultam na criação de um repositório de acesso aberto, alinhado com a missão institucional do LNEG e orientado para a valorização científica das coleções. As metodologias adotadas no projeto têm permitido melhorar significativamente a comunicação e visibilidade do espólio, potenciando o estabelecimento de novas parcerias e promovendo a revitalização de uma das coleções temáticas mais relevantes: a LAMINOTECA 1.0. Para além de contribuir para uma utilização mais eficiente dos recursos existentes, esta estratégia reforça o papel do LNEG como entidade de referência na produção, gestão e disponibilização de conhecimento geológico aplicado. A integração do acervo em iniciativas de investigação científica, ordenamento do território e apoio às políticas públicas evidencia o seu valor estratégico e multidimensional.

7. Referências

Almeida, P., Patinha, P., Luís, G., 2013. GeoPortal do LNEG - uma ferramenta para disponibilização de cartografia geológica oficial. In: Geodinâmica e Tectónica Global; A Importância da Cartografia Geológica : 9ª Conferência Anual do GGET-SGP : livro de actas, Pólo de Estremoz da Universidade de Évora, 13 e 14 de Dezembro de 2013, p. 47-50 <http://hdl.handle.net/10400.9/2219>

BAH (2023). Introdução à Biblioteca e Arquivo Histórico do LNEG. Vídeo disponível em: https://geoportal.lneg.pt/media/w5hizi0n/biblioteca_introducao.mp4

Feliciano, J., Pereira, E., Francés, A.P., Patinha, P., Pereira, A., Dias, R., 2020. O modelo de dados da carta geológica digital de Portugal. In: *Comunicações Geológicas*, 2020, Vol. 107, nº Especial I, p. 119-121. <https://doi.org/10.34637/v3qg-0j14>

Jorge, M. Pereira, Z., Quental, L., 2025. Relatório de progresso da bolsa de investigação: Arquivo de lâminas e superfícies polidas do LNEG, uma coleção de valor científico nacional – LAMINOTECA 1.0 do LNEG (2023.10357.S4P23). Relatório de progresso. 9 pp. LNEG.

Lopes, C., Quental, L., Oliveira, D., Filipe, A., Pereira, A., 2018. INSPIRE data harmonisation of mineral resources: contribution of MINERALS4EU project. *Mapping*, 27(187):56-63. ISSN 1131-9100.

Patinha, P., Pereira, A., Quental, L., Filipe, A., De Oliveira, D., Lopes, C., 2020. SIORMINP : Plataforma de gestão e disponibilização de dados harmonizados dos Recursos Minerais Portugueses. In: *Comunicações Geológicas*, 2020, Vol. 107, nº Especial I, p. 61-63.

Pereira, A., Luís, G., Patinha, P., Oliveira, J. T., 2014. Estruturação dos dados da Cartografia Geológica à luz da Diretiva INSPIRE : proposta para futura implementação. In: *Geonovas*, nº 27, 2014, p. 47-56 <http://hdl.handle.net/10400.9/2604>.

Pereira, A., Patinha, P., Francés, A., Dias, R., Feliciano, J. Quental, L. (2025). Desenvolvimento e implementação do modelo de dados da Carta Geológica Digital de

Portugal. In: *Comunicações Geológicas*, Volume 112, Fascículo Especial I (2025). DOI: <https://doi.org/10.34637/92tn-1b26>.

Pereira, A., Patinha, P., Francés, A.P., Dias, R. P., Rodrigues, J. F., Quental, Lídia, 2023. Desenvolvimento e implementação do modelo de dados da Carta Geológica Digital de Portugal. In: Lopes, F. C., Dinis, P. A., Duarte, L. V. e Cunha, P. P. (Coords.). XI Congresso Nacional de Geologia: Geociências e Desafios Globais. Livro de Resumos. Coimbra, 16- 20 julho de 2023, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (eds.), p. 745-746 <http://hdl.handle.net/10400.9/4123>

Pereira, Z., Teixeira, R., Matos, J.X., Dias, R., 2018. As Litotecas do LNEG - Património Científico Fundamental à Investigação Estratégica. Congresso Ciência, Cultura e Turismo Sustentável. 26 e 27 de novembro de 2018.

Quental, L. Patinha, P. Gonçalves, P, Pereira, A., 2023. Visualizadores 3D e de observação da Terra como fonte de promoção e expansão do conhecimento geológico. In: Lopes, F. C., Dinis, P. A., Duarte, L. V. e Cunha, P. P. (Coords.). XI Congresso Nacional de Geologia: Geociências e Desafios Globais. Livro de Resumos. Coimbra, 16- 20 julho de 2023, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (eds.), p. 605-606 <http://hdl.handle.net/10400.9/4113> e Com.oral <http://hdl.handle.net/10400.9/4140>

Quental, L., Patinha, P., Gonçalves, P., Pereira, A. (2025). Visualizadores 3D e de observação da Terra como fonte de promoção e expansão do conhecimento geológico. In: *Comunicações Geológicas*, Volume 112, Fascículo Especial I (2025). DOI: <https://doi.org/10.34637/x0js-vj77>.

Rebelo, J.A, 1999. As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento. Instituto Geológico e Mineiro. 47pp.