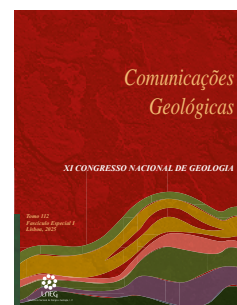


Desenvolvimento e implementação do modelo de dados da Carta Geológica Digital de Portugal

Development and implementation of the data model of the Geological Digital Map of Portugal

A. Pereira^{1*}, P. Patinha¹, A. Francés¹, R. Dias¹, J. F. Rodrigues¹, L. Quental¹



Artigo original
Original article

DOI: <https://doi.org/10.34637/92tn-1b26>

Recebido em 01/10/2023 / Aceite em 22/03/2024

Publicado online em abril de 2025

© 2025 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP

Resumo: O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) visa disponibilizar a Carta Geológica Digital de Portugal através do seu geoPortal. Este produto tem por base um modelo de dados (MD) que implementa o catálogo hierárquico das unidades geológicas cartografadas em Portugal continental. O MD foi implementado na infraestrutura de dados espaciais (IDE) e integrado com o modelo INSPIRE. A *Geodatabase* obtida compila a cartografia geológica existente a várias escalas e suporta a harmonização das unidades geológicas, utilizando como base uma legenda comum, contribuindo para uma cartografia geológica contínua. Este artigo descreve as características da *Geodatabase* e aspetos relacionados com a sua implementação. A infraestrutura obtida possibilita: (i) harmonizar as inconsistências na representação das unidades cartografadas entre cartas geológicas adjacentes; (ii) harmonizar as inconsistências a diferentes escalas de representação; (iii) responder aos requisitos INSPIRE. Permiteu também identificar problemas e incongruências cartográficas e conseqüente planeamento mais efetivo e eficaz do trabalho de cartografia geológica.

Palavras-chave: cartografia geológica, harmonização de dados, LNEG.

Abstract: The Portuguese Geological Survey (LNEG) aims to provide the Geological Digital Map of Portugal (online version) through its geoPortal. This product is supported by a data model (DM) that implements a hierarchical catalogue of lithostratigraphic and lithodemic units. The DM is linked to an INSPIRE compliant geodatabase. The developed geological model provides a synthesis of published maps, with ongoing steps toward harmonisation and interoperability. This paper describes several aspects of the database implementation and its characteristics. The obtained database allows to: (i) produce a seamless 2D geological map; (ii) solve the inconsistencies that become visible when changing the scale of representation (from 1:25 000 to 1:200 000); (iii) fulfill the INSPIRE requirements. It also highlights some cartographic problems that require further research and field survey to be solved.

Keywords: geological mapping, data harmonisation, LNEG.

1. Introdução

A preocupação crescente por parte dos geólogos do LNEG em organizar e harmonizar a cartografia geológica produzida na Instituição levou ao desenvolvimento de um modelo de dados (MD) conceptual da Carta Geológica Digital de Portugal (Feliciano *et al.*, 2020). Trata-se de um MD inovador que organiza pela primeira vez, de forma sistemática, todas as unidades geológicas cartografadas em Portugal continental.

Na fase inicial da implementação, as unidades geológicas foram agrupadas num catálogo e distribuídas de forma hierárquica pelos três níveis fundamentais de organização: (i) o nível 1, fixo, agrupa os grandes conjuntos geológicos de primeira ordem cujas unidades se representam, regra geral, a escalas iguais ou inferiores à escala 1:1 000 000; (ii) o nível 2, também fixo, define domínios geográficos de correlação geológica, sectores e subsectores; (iii) o nível 3 incorpora as unidades geológicas cartografadas, litoestratigráficas e litodémicas, de modo dinâmico, permitindo a integração, modificação, substituição ou eliminação de unidades.

A cada unidade cartografada é atribuído um código que agrupa informação sobre a classificação da unidade nos vários níveis de organização (Feliciano *et al.*, 2020). O sistema de codificação é hierárquico e segue as normas internacionais (NACSN, 2005).

A atribuição dos códigos às unidades cartografadas está a ser realizada para as escalas 1:25 000 e 1:200 000. Até à data foram classificadas 2014 unidades cartografadas que correspondem a 1369 unidades geológicas que se distribuem pelos vários sectores definidos no nível 2 (domínios geográficos de correlação geológica). Para cada um destes sectores foram definidas equipas de geólogos que compilaram as unidades cartografadas e as organizaram numa legenda geológica comum.

2. Metodologia

O MD foi implementado na infraestrutura de dados espaciais (IDE) do LNEG e integrado com o modelo de dados geológicos da INSPIRE (INSPIRE, 2013). A *Geodatabase* obtida compila a cartografia geológica existente a várias escalas e suporta a harmonização das unidades geológicas, utilizando como base a legenda geológica comum definida na fase inicial, contribuindo para uma cartografia geológica contínua. Pretende-se que a informação compilada nesta base de dados (BD) possa ser utilizada para as várias finalidades de missão institucionais: i) produção de cartas geológicas de base e temáticas; ii) resposta a pedidos de cartografia internos e externos; iii)

¹ Laboratório de Energia e Geologia – LNEG, Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Apartado 7586- Alfragide, 2610-999 Amadora, Portugal.

* Corresponding author / Autor correspondente: aurete.pereira@lneg.pt

disponibilização de cartografia no geoPortal da Energia e Geologia (<https://geoportal.lneg.pt>); iv) requisitos INSPIRE e de projetos nacionais e internacionais.

No desenho da BD foram utilizados as tabelas e campos obrigatórios da INSPIRE. Este modelo de dados está organizado em torno de duas grandes categorias de informação (Figura 1): (i) a componente espacial representada pelos polígonos das unidades cartografadas (tabela geUnitS da figura 1); e (ii) a descrição das unidades geológicas (tabela geUnit da figura 1), incluindo o tipo de unidade, um identificador único, litologias associadas, eventos geológicos e idades (INSPIRE, 2013). A este núcleo central foram adicionados os campos para armazenar o grau hierárquico e o estatuto das unidades geológicas em termos da sua formalização (Formal e Informal). Para os níveis superiores de organização das unidades foi criado um dicionário de dados. Todas as entidades adicionadas estão

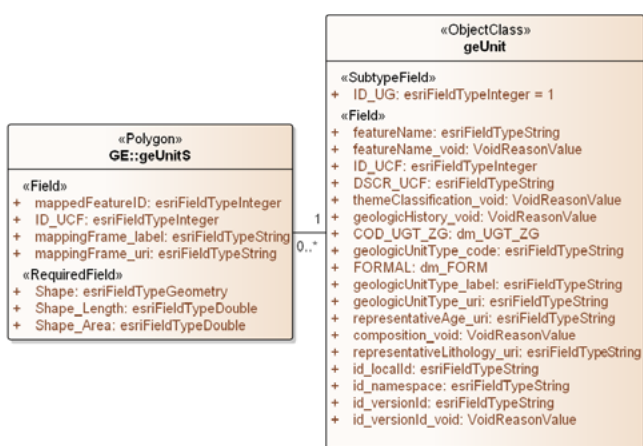


Figura 1. Representação das duas tabelas mais importantes do modelo de dados geológicos INSPIRE. Campos adicionados: ID_UCF = identificador da unidade cartografada, DSCR_UCF = descrição da unidade cartografada, COD_UGT_ZG = código da unidade geotectónica e zona geográfica, ID_UG = identificador da unidade geológica, FORMAL = descrição do estatuto das unidades geológicas, dm_UGT_ZG = dicionário de dados dos níveis superiores, dm_FORM = dicionário de dados com o estatuto das unidades.

Figure 1. Representation of the two most important tables from the INSPIRE geological data model. Added fields: ID_UCF = mapped unit identifier, DSCR_UCF = mapped unit description, COD_UGT_ZG = geotectonic unit and geographic domain code, ID_UG = geological unit identifier, FORMAL = indicates the formalization status of a geological unit, dm_UGT_ZG = code list for the geotectonic units and geographic domains, dm_FORM = code list for the formalization status of a geological unit.

representadas em maiúsculas na figura 1.

A edição das geometrias e codificação dos polígonos é realizada num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os códigos atribuídos aos polígonos correspondem ao identificador único da unidade cartografada (ID_UCF), que passou a ser a chave primária do relacionamento entre as duas tabelas. Este ID permite não só identificar cada unidade geológica com um código único como contém toda a informação das ordens superiores das quais depende. O sistema possibilita assim realizar pesquisas ao MD. Por exemplo, é possível representar num mapa todas as unidades do Flysch do Baixo Alentejo.

Para facilitar o carregamento de novos códigos foi desenvolvida uma aplicação Web, que consiste numa série de formulários online para consulta, edição e atualização dos dados, de uma forma segura, integrada e homogénea (Figura 2).

A classificação das unidades para a cartografia à escala 1:200 000 ainda está em curso e tem acompanhado os recentes trabalhos em desenvolvimento para a elaboração das folhas 3 e 5, as únicas que

faltam publicar nesta escala. Assim que estas folhas forem publicadas pretende-se disponibilizar um protótipo desta cartografia para todo o território de Portugal continental, no geoPortal da Energia e Geologia.

3. Resultados

Esta infraestrutura possibilitou, numa primeira fase, inventariar todas as unidades geológicas cartografadas ao longo do tempo, a diversas escalas, por diferentes autores. Permitiu também implementar o catálogo hierarquizado das unidades geológicas bem como definir os níveis 1 e 2 de organização das unidades. Em certas zonas foi possível resolver problemas específicos da cartografia geológica, designadamente a harmonização das inconsistências na representação das unidades cartografadas entre cartas geológicas adjacentes, tendo-se eliminado o condicionalismo do limite da folha.

De seguida ilustra-se com um exemplo os resultados práticos da aplicação do MD. Trata-se da Folha 46-C Almodôvar (referência do cartograma 1:50 000) na Zona Sul Portuguesa (ZSP). Na tabela Iestão representados os níveis 1 e 2 definidos para esta Zona do Maciço Ibérico.

Na figura 3, à escala 1:200 000, aplica-se a representação das unidades geológicas ao nível da Formação, neste exemplo a Formação de Mértola, à qual foi atribuído o identificador único 50200. No catálogo das unidades, este ID tem correspondência com o código SC.MI.ZSP.III.C.0.0.0.0.A.0.18.0.97.0.0.217, em que: SC - Soco, MI - Maciço Ibérico, ZSP - Zona Sul Portuguesa, III - Flysch do Baixo Alentejo, C.0.0.0.0 - não é uma unidade mista, A - Unidade litoestratigráfica, não tem Supergrupo definido, pertence ao Grupo do Flysch do Baixo Alentejo, ao qual foi atribuído o número 18, não tem Subgrupo definido, a Formação é a de Mértola, à qual foi atribuído o número 97, não tem nem Membro nem Camada representados e a litologia associada é: xistos, grauvaques e siltitos em sequência

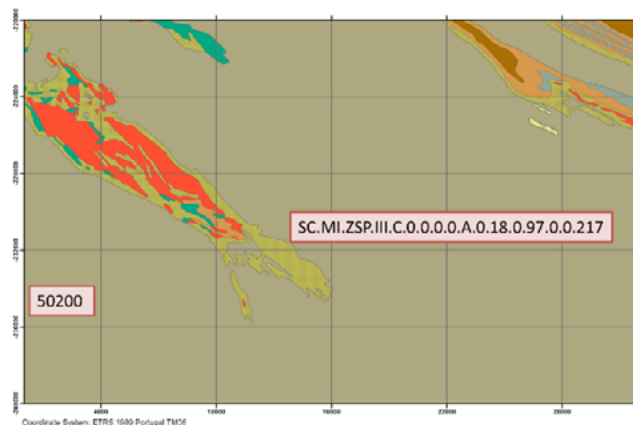


Figura 3. Representação da Formação de Mértola, na escala 1:200 000, na região de Almodôvar, com identificador único 50200 e respetivo código no catálogo.

Figure 3. Mértola Formation represented at scale 1:200 000, in Almodôvar region, with ID 50200 and the corresponding code in the catalogue.

turbidítica, à qual foi atribuído o número 217.

Com o aumento do detalhe, à escala 1:25 000, aplica-se a representação ao nível do Membro, tal como representado na figura 4. O ID 50210 corresponde aos Xistos e Grauvaques dos Membros A1+A2 da Formação de Mértola.

Noutras situações, em que a litoestratigrafia não está tão bem definida, a implementação do MD permitiu identificar

Figura 2. Representação de um dos formulários da aplicação Web desenvolvida e que facilita o preenchimento do MD.

Figure 2. Representation of one of the forms in the developed web application that facilitates filling out the DM.

as inconsistências que se verificam em diferentes escalas de representação e na diversidade de versões existentes ou lacunas de cartografia de base (cartografia realizada à escala 1:200 000 que depois não foi transposta para a escala 1:25 000). Este tipo de problemas cartográficos e estratigráficos não são de fácil resolução uma vez que, na maioria dos casos, envolve intenso trabalho de campo e estudos complementares. No entanto, com esta ferramenta de trabalho é possível fazer um diagnóstico exaustivo de incongruências cartográficas e conseqüente planeamento mais efetivo e eficaz do trabalho de cartografia geológica, orientado para a resolução dos problemas, contribuindo desta forma para uma

cartografia geológica contínua, no formato digital.

A integração com o modelo de dados INSPIRE, contribui para a harmonização dos dados de cartografia geológica a nível europeu, permitindo a sua interoperabilidade. Permite também responder às obrigações institucionais impostas pela Diretiva INSPIRE (UE, 2007).

4. Desenvolvimentos futuros

Além da conclusão do trabalho em curso às várias escalas, pretende-se evoluir para um modelo de dados multi-escala, o que requer: i) a harmonização das inconsistências na representação da cartografia

Tabela 1. Níveis 1 e 2 de organização do modelo para a Zona Sul Portuguesa.

Table 1. Data model organization levels 1 and 2 for the South Portuguese Zone.

Nome_N1_N2	COD	Nível 1 - Unidades Geotectónicas				Nível 2 - Sectores e subsectores de correlação ("Geografia das Geologias")			
		Nível 1a	COD	Nível 1b	COD	Nível 2a	COD	Nível 2b	COD
Soco / Maciço Ibérico / Zona Sul-Portuguesa / Antiforma do Pulo do Lobo	SC.MI.ZSP.I	Soco	SC	Maciço Ibérico	MI	Zona Sul Portuguesa	ZSP	Antiforma do Pulo do Lobo	I
Soco / Maciço Ibérico / Zona Sul-Portuguesa / Faixa Piritosa	SC.MI.ZSP.II	Soco	SC	Maciço Ibérico	MI	Zona Sul Portuguesa	ZSP	Faixa Piritosa	II
Soco / Maciço Ibérico / Zona Sul-Portuguesa / Fylsch Baixo Alentejo	SC.MI.ZSP.III	Soco	SC	Maciço Ibérico	MI	Zona Sul Portuguesa	ZSP	Fylsch Baixo Alentejo	III
Soco / Maciço Ibérico / Zona Sul-Portuguesa / Sector SW	SC.MI.ZSP.IV	Soco	SC	Maciço Ibérico	MI	Zona Sul Portuguesa	ZSP	Sector SW	IV

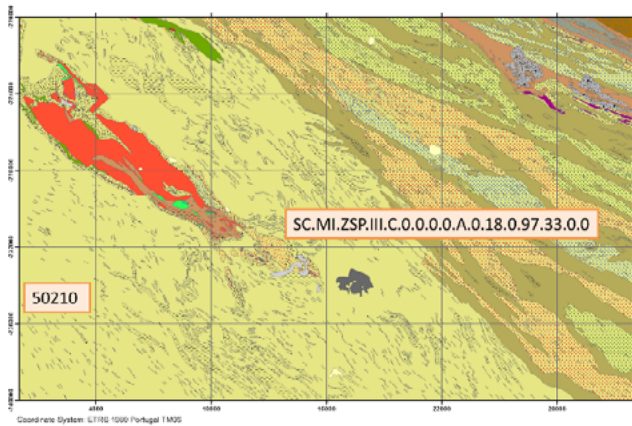


Figura 4. Representação do Membro A1+A2 da Formação de Mértola, na escala 1:25 000, na região de Almodôvar, com identificador único 50210 e respetivo código no catálogo.

Figure 4. Member A1+A2 of Mértola Formation represented at scale 1:25 000, in Almodôvar region, with ID 50210 and the corresponding code in the catalogue.

geológica em diferentes escalas de representação; ii) a verificação da consistência na representação cartográfica dos elementos geológicos (que deverá ser independente do ano de publicação da base topográfica utilizada); iii) a continuação do desenvolvimento de cartografia transfronteiriça; iv) a integração de nova cartografia à medida que for sendo produzida; v) a realização de novos estudos e levantamentos de campo para atualização da cartografia muito antiga e resolução dos

problemas cartográficos identificados.

Pretende-se também continuar com os trabalhos de harmonização INSPIRE bem como disponibilizar um protótipo desta cartografia na escala 1:200 000, no geoPortal.

Agradecimentos

Os autores agradecem a contribuição da Waymotion na harmonização e carregamento de toda a informação compilada pelos geólogos do LNEG e no desenvolvimento da aplicação Web. O trabalho tem co-financiamento do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE2020) através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) - Projeto GeoON - Informação Geológica e Mineira Online (POCI-05-5762-FSE-000426).

Referências

- Feliciano, J., Pereira, E., Francés, A., Patinha, P., Pereira, A., Dias, R., 2020. O modelo de dados da Carta Geológica Digital de Portugal. *Comunicações Geológicas*, **107** (Especial I): 119-121.
- INSPIRE, 2013. D2.8.II.4 INSPIRE Data Specification on Geology - Technical Guidelines, INSPIRE Thematic Working Group Geology, 351.
- NACSN, 2005. North American Stratigraphic Code. *AAPG Bulletin*, **89**: 1547-1591. [https://doi: 10.1306/07050504129](https://doi:10.1306/07050504129).
- UE, 2007. União Europeia - Diretiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Março. *Jornal Oficial da União Europeia*. **L 108**: 1-14.