

Estruturação dos dados da Cartografia Geológica à luz da Diretiva INSPIRE Proposta para futura implementação

A. Pereira*, G. Luís, P. Patinha & J. T. Oliveira

Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Alfragide, Apartado 7586, 2720-866 Amadora;
aurete.pereira@lneg.pt; gabriel.luis@lneg.pt; pedro.patinha@lneg.pt; tomas.oliveira@lneg.pt;

*autora correspondente.

Resumo

Para promover a disponibilização e reutilização da informação espacial essencial na definição e avaliação de políticas ambientais e/ou de atividades ligadas à área ambiental, a Comissão Europeia fez aprovar a Diretiva INSPIRE a 14 de março de 2007, que fixou as regras gerais para o estabelecimento da Infraestrutura de Informação Espacial na Europa (Comissão Europeia, 2007). Neste âmbito, o acesso aos dados espaciais será, preferencialmente, efetuado através de uma rede de serviços implementada na Internet (e.g. pesquisa, visualização, descarregamento).

Embora a Diretiva INSPIRE não exija o levantamento de novos dados, obriga as autoridades públicas a cumprir com a implementação faseada dos modelos de dados dos temas dos seus anexos I, II e III. O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) contribui, de forma ativa, na resolução de múltiplos problemas ambientais, graças ao vasto espólio de dados que detém, de que se destacam os da cartografia geológica. Estes dados fazem parte do tema Geologia do anexo II da Diretiva INSPIRE, devendo o LNEG garantir a criação dos respetivos metadados, e a sua harmonização e disponibilização. Futuramente, terá de passar a produzir em simultâneo a cartografia geológica e os respetivos metadados segundo procedimentos normalizados que a tornem interoperável a nível europeu.

A harmonização dos dados da cartografia geológica implica a adoção do modelo de dados geológicos da Diretiva INSPIRE (INSPIRE GE), sendo para isso necessário reformular as atuais estruturas que suportam a sua gestão e disponibilização. O presente trabalho apresenta uma metodologia de implementação do INSPIRE GE na produção de cartografia geológica e sua integração no Sistema Nacional de Informação Geocientífica do LNEG, contribuindo para a estruturação e harmonização da futura base de dados (BD) institucional. A metodologia adotada consistiu na modelação de uma *Geodatabase* e respetiva aplicação à cartografia geológica da Antiforma do Rosário, da Faixa Piritosa Ibérica, tendo permitido verificar a viabilidade na produção de cartografia geológica oficial e ainda definir novo fluxo de trabalho na produção de cartas temáticas. A título de exemplo descreve-se o processo utilizado para obter o mapa litológico da Antiforma do Rosário.

Palavras chave: LNEG; Cartografia geológica; Diretiva INSPIRE; harmonização; interoperabilidade.

Abstract

In order to promote the availability and reuse of spatial information essential for the definition and evaluation of environmental policies and/or activities related to the environment, the European Commission did approve the INSPIRE Directive on March 14th, 2007. This Directive has the purpose of setting general rules aimed at the establishment of the Infrastructure for Spatial Information in Europe. INSPIRE Directive aims to provide the users access to spatial datasets through network services, typically via Internet (e.g. discover, view, download). Although INSPIRE does not require collection of new spatial data it obliges public authorities to comply with the phased implementation of data models of the themes as described in annexes I, II and III. Geological map datasets held by the National Laboratory for Energy and Geology (LNEG) plays an important role in the resolution of several environmental issues. The present work deals essentially with one theme – Geology, as described in annex II of the Directive. To comply with the INSPIRE “obligations” LNEG must proceed with the creation of metadata and, in the near future, harmonize these datasets so as to be coherently and easily accessed through the Internet. Harmonization in this context means the transformation of data from source schemas or data models to the target INSPIRE data models. This work describes the use of the INSPIRE Geology data model (INSPIRE GE) for creating a new geological database (Geodatabase), aiming at building a more efficient, interoperable and harmonized data management. This Geodatabase has been successfully tested in LNEG’s geological map production process with data collected from the Rosario Antiform, a geologic structure that belongs to the Portuguese section of the Iberian Pyrite Belt, as well as including a newly defined automated workflow for creating different types of thematic maps. A lithological map concerning the Rosário Antiform is given as an example.

Keywords: LNEG; Geological mapping; INSPIRE Directive; harmonization; interoperability.

1. Introdução

Os recentes avanços das tecnologias de informação e comunicação e o aparecimento de ferramentas *web* como o *Google Earth* têm motivado uma mudança de atitude dos utilizadores de informação geocientífica. Hoje, já é possível aceder a grandes quantidades de informação no domínio das geociências, bastando para isso uma ligação à Internet. Mas será fácil encontrá-la e combiná-la de forma coerente, com *layers* de geoinformação provenientes de variadas fontes? Mais, será possível partilhá-la entre vários utilizadores e aplicações? E obter resultados adequados ao objetivo em vista?

Estas questões de disponibilidade, qualidade, acessibilidade e partilha da informação espacial são comuns e sentidas a vários níveis da autoridade pública (Comissão Europeia, 2007). A Comissão Europeia, ciente da importância deste tipo de informação na sociedade, fez aprovar a Diretiva INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe), a 14 de março de 2007 (Comissão Europeia, 2007), que fixa as regras gerais para o estabelecimento da Infraestrutura de Informação Geográfica na Europa, promovendo a disponibilização de informação espacial (utilizável na formulação, implementação e avaliação de políticas ambientais). A sua entrada em vigor constituiu um marco extremamente importante no campo da interoperabilidade, ao obrigar os Estados Membros a gerirem e a disponibilizarem a informação de acordo com princípios e regras comuns, fomentando a partilha de dados harmonizados através de um conjunto de serviços de dados geográficos. Ao criar as condições necessárias ao desenvolvimento e implementação de uma plataforma distribuída por servidores europeus, para permitir a pesquisa e manuseamento da informação espacial via Internet, esta Diretiva desempenha ainda o papel fundamental de garantir o acesso dos utilizadores a este tipo de informação.

A Diretiva INSPIRE não requer a recolha de novos dados espaciais, cingindo-se apenas aos existentes em formato digital, da responsabilidade das autoridades públicas e referentes a um conjunto de temas distribuídos por três anexos. O LNEG participa no anexo II, com o tema Geologia, e no anexo III com os temas Recursos Minerais, Recursos Energéticos e Zonas de Risco Natural. No presente trabalho irá apenas ser focado o tema da Geologia, tendo sido selecionado um caso de estudo - a Antiforma do Rosário - que compreende uma área de aproximadamente 100 Km² de cartografia geológica situada numa das principais províncias metalogénicas da Europa - a Faixa Piritosa Ibérica.

Os detalhes técnicos para a implementação da Diretiva INSPIRE são fornecidos sob a forma de regras de implementação, que tomam a forma de disposições legais, de cumprimento obrigatório por todos os Estados Membros, após consulta às instituições registadas no *site* da INSPIRE e aprovação pela Comissão Europeia. As disposições legais em vigor estabelecem as modalidades de aplicação da Diretiva INSPIRE em termos de: metadados; especificações de dados relativas aos temas do anexo I; serviços de rede; partilha de dados; monitorização e reporte.

A entrada em vigor das disposições legais relativas às especificações de dados para os temas dos anexos II e III está prevista para finais de 2013, devendo o LNEG proceder à harmonização dos seus dados espaciais num futuro próximo (os novos dados até 2015 e os restantes até 2020). Após esta calendarização, os dados obtidos devem ser disponibilizados no Geoportal INSPIRE, que pode ser acessado através do endereço <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/>.

A elaboração das especificações da Diretiva INSPIRE para a Geologia (inclui modelo INSPIRE GE) foi efetuada por um conjunto de especialistas de diversos Serviços Geológicos europeus e empresas de relevo na área das geociências (públicas e privadas), com a participação de todos os interessados incluindo o público em geral (*INSPIRE Thematic Working Group Geology*, 2013). Para fornecer dados de cartografia geológica harmonizada é necessário reformular as atuais estruturas de acordo com o modelo de dados INSPIRE GE ou criar serviços de transformação dos dados existentes. A opção pela implementação de serviços de transformação não foi considerada pelos seguintes motivos:

- ser necessário reestruturar o atual modelo de gestão dos dados da cartografia geológica de forma a facilitar a sua reutilização;
- dificuldades em criar os automatismos necessários à implementação dos serviços de transformação;
- inexistência de técnicos informáticos com o conhecimento necessário ao desenvolvimento e implementação destes serviços de transformação.

2. A Diretiva INSPIRE nas atividades do LNEG

O LNEG nomeou um grupo de trabalho, onde estão representadas todas as Unidades de Investigação da área da Geologia, que tem trabalhado para cumprir as disposições legais em vigor. O seu plano de ação tem seguido uma abordagem por fases, em consonância com o esquema da figura 1.

A primeira fase deste plano de trabalhos consistiu em identificar, junto da Direção Geral do Território (DGT) (Ponto Nacional de Contacto para a Diretiva INSPIRE), todos os conjuntos de dados espaciais existentes no LNEG, que reúnem as condições adequadas para a aplicação da Diretiva INSPIRE, representados na tabela I. É desejável que esta lista inclua já as novas car-

tas geológicas publicadas nos últimos anos. Numa segunda fase procedeu-se à criação dos respetivos metadados, utilizando o *software* MIG (editor de Metadados de Informação Geográfica Nacional) e à sua publicação no SNIG - Sistema Nacional de Informação Geográfica.

A Diretiva INSPIRE obrigou ainda à reformulação do Sistema Nacional de Informação Geocien-

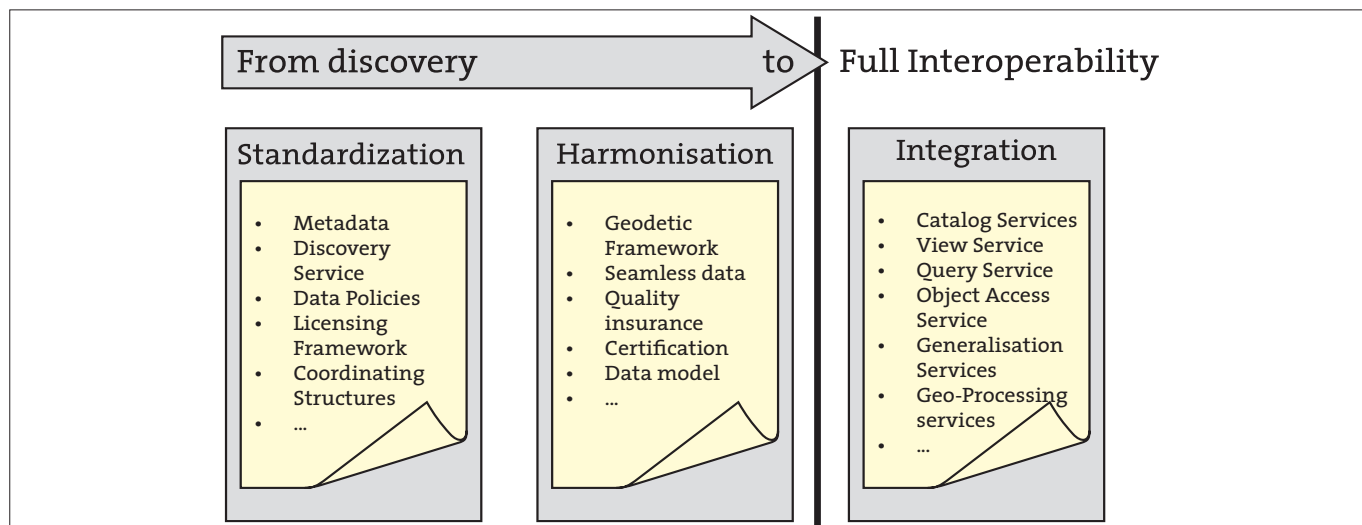


Figura 1 – Fases para a criação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais (INSPIRE Architecture and Standards Working Group, 2002).
 Figure 1 – Towards an Infrastructure for Spatial Information (INSPIRE Architecture and Standards Working Group, 2002).

Tabela 1 – Conjuntos de dados espaciais e serviços propostos pelo LNEG para a aplicação da Diretiva INSPIRE.
 Table 1 – Spatial data sets and services presented by LNEG for INSPIRE Directive application.

	Conjuntos de dados geográficos	Serviços
Anexo II	II.4 Geologia	Geoportal do LNEG Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000 (WMS) Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000 (WMS) Base de Dados dos Recursos Hidrogeológicos (WMS)
	Recursos Hidrogeológicos	
	Cartas Hidrogeológicas de Portugal à escala 1:200 000	
	Carta das Fontes e do Risco de Contaminação da Região de Entre-Douro-e-Minho	
	Cartografia Geológica e Temática	
	Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:2 000 000	
	Carta Geológica de Portugal à escala 1:1 000 000	
	Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000	
	Cartas Geológicas de Portugal à escala 1:200 000	
	Cartas Geológicas de Portugal à escala 1:50 000	
	Carta Geológica da Região do Algarve à escala 1:100 000	
Carta Geológica Simplificada do Parque Arqueológico Vale do Côa à escala 1:80 000	Geoportal do LNEG Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses - SIORMINP (WMS)	
Carta Geológica do Parque de Natureza de Noudar (Herdade da Coitadinha - Barrancos) à escala 1:10 000		
Carta Geológica Simplificada do Parque Natural da Ria Formosa, Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António e Região Envolvente à escala 1:100 000		
Carta Geológica Simplificada do Parque Natural da Serra da Estrela à escala 1:75 000		
III.12 Zonas de risco natural		
Carta Neotectónica de Portugal, à escala 1:1 000 000		
III.21 Recursos minerais		
Cartas de Ocorrências Minerais à escala 1:250 000		
Carta de Ocorrências Minerais de Portugal à escala 1:500 000		
Carta de Áreas de Exploração Mineira de Portugal à escala 1:500 000		
Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses		

tífica do LNEG, de modo a satisfazer os requisitos de disponibilização da informação geográfica emanados pela Diretiva. Deste modo, foi criado o *geoPortal* do LNEG (Fig. 2) que é a infraestrutura de suporte à gestão e disponibilização integrada de dados espaciais na *web*. Nesta plataforma estão disponibilizados todos os metadados e serviços de dados espaciais institucionais, permitindo aos utilizadores pesquisar, visualizar e descarregar alguma da informação disponível. De referir ainda que esta aplicação foi totalmente desenvolvida no contexto da INSPIRE, encontrando-se assim em conformidade com os seus princípios e regras.

Com a recente aprovação das disposições legais relativas aos temas dos anexos II e III, a 21 de Outubro de 2013, estão criadas as condições para se proceder à fase de harmonização dos dados, que envolve pelo menos três níveis: estrutura, semântica e representação. Neste contexto, este trabalho surge da necessidade de harmonizar as estruturas que suportam a produção de cartografia geológica em conformidade com as especificações INSPIRE da Geologia, disponíveis em http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GE_v3.Orç3.pdf.

A metodologia seguida consistiu no desenho de uma *Geodatabase*, com a finalidade de armazenar as entidades nucleares na produção de cartografia geológica, que depois de modelada foi testada no caso em estudo, o que permitiu aferir a sua viabilidade e ainda definir um novo fluxo de trabalho para a produção de cartas temáticas.



Figura 2 – Página inicial do geoPortal do LNEG (<http://geoportal.lneg.pt/>).

Figure 2 – Geoportal LNEG's homepage (<http://geoportal.lneg.pt/>).

3. Objetivo

A atual estrutura de armazenamento dos dados de cartografia geológica foi concebida essencialmente para cumprir com a publicação de cartas em papel, não tendo existido por isso necessidade de definição de políticas concretas para a normalização e disponibilização *online*. Para cada carta geológica é criada uma *File Geodatabase*, independente das restantes, que é normalmente reproduzida (em parte ou no seu todo) sempre que há necessidade de a reutilizar. Esta forma de gerir os dados acarreta problemas de integridade, comprometendo a segurança e dificultando o desenvolvimento de sistemas de informação consistentes.

A abordagem usada neste trabalho difere da atual em termos de filosofia e estruturação dos dados, uma vez que reporta o desenvolvimento de uma nova *Geodatabase* para toda a cartografia geológica (que cumpre com as especificações de dados INSPIRE) e sua integração no Sistema Nacional de Informação Geocientífica do LNEG.

A opção pelo desenvolvimento desta *Geodatabase* tem as seguintes vantagens, relativamente ao modelo existente:

- contribui para a estruturação e implementação de uma infraestrutura única para armazenar os dados geológicos nacionais;
- contribui para a integridade dos dados;
- facilita a obtenção de outros produtos derivados da informação geológica de base, como por exemplo cartas litológicas e cronológicas;
- contribui para a harmonização dos dados geológicos nacionais, conforme as especificações INSPIRE, permitindo a sua interoperabilidade a nível europeu.

4. Metodologia

O facto de atualmente, a produção de cartografia geológica no LNEG ser realizada com *software ArcGIS Desktop*, levou à opção pelo formato *Geodatabase* (formato de BD proprietário da ESRI).

O modelo de dados INSPIRE GE, disponível em <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2/list/datamodels>, serviu de base ao desenho da *Geodatabase* com o *software Enterprise Architect* e Perfil UML (*Unified Modelling Language*) para *ArcGIS* da *Sparx Systems* (*Sparx Systems*, 2012). Esta *Geodatabase*, representada na figura 3, foi posteriormente importada para *ArcGIS* e implementada em *SQL Server 2008*, que é o Sistema de Gestão de Bases de Dados (SGBD) utilizado na disponibilização da informação geocientífica do LNEG.

O sistema de referência de coordenadas adotado foi o «ETRS 1989 Portugal TMO6», cumprindo assim com os requisitos relativos a sistemas de referência de coordenadas (Comissão Europeia, 2010). Todas as classes espaciais contêm o campo do identificador único INSPIRE (*inspireId*), para referenciar externamente os objetos espaciais e ainda um campo para o identificador interno (Id) que funciona como chave-primária.

Foram adotadas as convenções *UpperCamelCase* para designar as classes e as respetivas associações e *lowerCamelCase* para os atributos e os papéis das classes nas associações. Assim, por exemplo, o nome da classe *Geologic Unit* é constituída por duas palavras que aparecem juntas com a primeira letra de cada palavra em maiúsculas (*GeologicUnit*). Aos nomes dos domínios foi adicionado o sufixo «*Value*».

Para armazenar os dados relativos a Portugal Continental, foi criada uma *Feature Dataset (Geology)* com quatro classes espaciais:

- unidade cartografada (*MapUnit*);
- unidade geomorfológica (*GeomorphologicUnit*);
- falha (*ShearDisplacementStructure*);
- dobra (*Fold*).

Foi ainda criada uma classe (*GeologicUnit*), que permite armazenar os dados não espaciais associados às unidades cartografadas, nomeadamente o nome (*name*), o tipo de unidade geológica (*geologicUnitType*), a regra de representação cartográfica (*unitRuleId*) e o respetivo identificador uniforme do recurso (URI - *Uniform Resource Identifier*). O URI constitui um identificador único, que permite estabelecer a ligação a um vocabulário na Internet, que contém mais informação sobre o termo geológico, nomeadamente

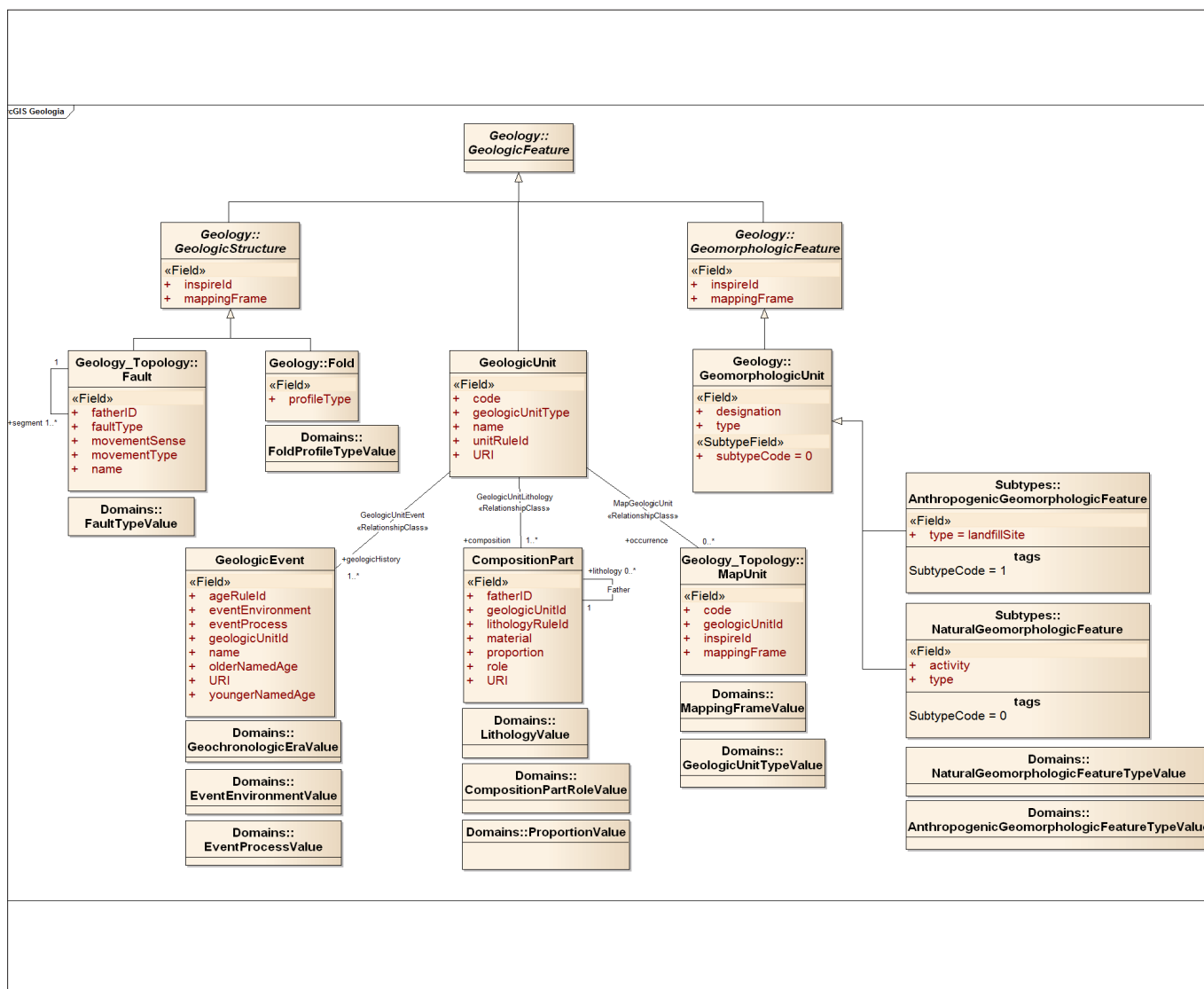


Figura 3 – Diagrama da Geodatabase (adaptado de Pereira, A., 2012).
 Figure 3 – Geodatabase diagram (adapted from Pereira, A., 2012).

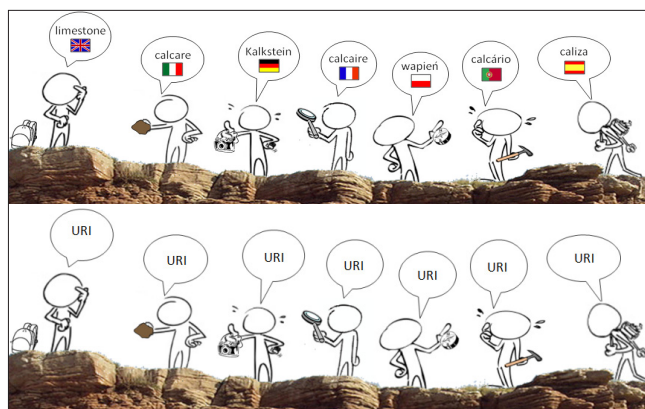


Figura 4 – Um único URI para vários idiomas de pesquisa (adaptado de Pereira et al., 2011).

Figure 4 – Unique multilingual identifier URI (adapted from Pereira et al., 2011).

INSPIRE REGISTRY Enhancing access to European spatial data	
European Commission > INSPIRE > INSPIRE registry > INSPIRE code list register > Lithology > acidic igneous material	
acidic igneous material	
ID:	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LithologyValue/acidicIgneousMaterial
Item class:	Code list value
Language:	en
Label:	acidic igneous material
Definition:	Igneous material with more than 63 percent SiO ₂ .
Status:	Valid
Parent:	igneous material
Registry:	INSPIRE registry
Register:	INSPIRE code list register
Theme:	Geology
Application schema:	Geology
Code list:	Lithology

Figura 5 – Página de acesso ao serviço de registos INSPIRE para os valores da litologia (<http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LithologyValue>).

Figure 5 – INSPIRE registry service web page for lithology values (<http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LithologyValue>).

SISSVoc	
Geologic timescale (2012)	
Holocene / Holocen / Holocenas / Holocene / Holoceno / Holocæn / Holocène / Holocén / Holocénico / Holoseeni / Holotseen / Holozän / holocen / holocén / olocene / Холоцен / 全新世	
http://resource.geosciml.org/classifier/ics/ischart/Holocene	
label	Holocene Epoch
notation	a1.1.1.1.1
broader	Quaternary Period
narrower	Holocene
narrower transitive	Holocene
gtrs_member	Holocene

Figura 6 – Vocabulário das idades disponível na Internet. Pesquisa do termo ‘Holocénico’ através do seu URI=<http://resource.geosciml.org/classifier/ics/ischart/Holocene>.

Figure 6 – Spatial Information Services Stack Vocabulary Service. Searching the term ‘Holocene’ through its URI=<http://resource.geosciml.org/classifier/ics/ischart/Holocene>.

a sua definição e referência bibliográfica. Este identificador é independente do idioma de pesquisa, assegurando assim a harmonização semântica entre os termos portugueses e os standards europeus (Fig. 4).

Entre as unidades geológicas e as unidades cartografadas foi estabelecida uma associação de um para muitos, uma vez que uma unidade geológica pode ter várias representações gráficas mapeadas (polígonos). Esta associação é definida pelo identificador da unidade geológica (*geologicUnitId*).

Para a caracterização das unidades geológicas, procedeu-se à criação das classes Litologia (*CompositionPart*) e Idade (*GeologicEvent*). A classe Litologia contém um campo descritivo dos constituintes rochosos de cada unidade geológica (*material*), um URI e um campo identificador da regra de representação cartográfica (*lithologyRuleId*). Esta classe contém ainda o papel (*role*) das litologias na unidade (e.g. componente único, parcial) e a sua proporção relativa (*proportion*). Entre as unidades geológicas e as litologias foi estabelecida uma associação composta de um para muitos. Os constituintes rochosos são controlados por um domínio (*LithologyValue*) cujos valores são geridos através do serviço de registos INSPIRE (Fig. 5). Este domínio é do tipo aberto o que quer dizer que pode ser alargado caso o valor proposto não exista no registo. Tais valores adicionais devem ser publicados no registo INSPIRE e não devem substituir ou redefinir qualquer valor já especificado.

A hierarquia entre as litologias é representada pela associação Pai (*Father*), que relaciona uma litologia ao nível hierárquico superior (*fatherId*). Por exemplo, uma “Areia” que é uma “Rocha Sedimentar” tem no atributo *fatherId*, o valor correspondente ao identificador da “Rocha Sedimentar”. Esta hierarquização é fundamental para a realização de pesquisas com base nestes critérios.

A classe Idade contém campos para registar as idades da base (*olderNamedAge*) e do topo (*youngerNamedAge*) de uma unidade geológica, os URI e as regras de representação cartográfica da idade da base (*ageRuleId*). As idades foram associadas ao domínio *GeochronologicEraValue*, cujos valores são geridos pela Comissão Internacional de Estratigrafia da União Internacional das Ciências Geológicas (Fig. 6). Os valores permitidos para este domínio compreendem os termos especificados na Tabela Estratigráfica Internacional (*International Union of Geological Sciences*, 2013), mais os que foram adicionados no âmbito do projeto *OneGeology-Europe* (Asch et al., 2010).

Os campos *unitRuleId*, *lithologyRuleId* e *ageRuleId* foram adicionados para permitir o cálculo automático das regras de representação cartográfica essenciais à produção dos mapas geológico, litológico e cro-

nológico da Antiforma do Rosário (procedimento explicado no ponto 5.2 tomando como exemplo a obtenção do mapa litológico).

À classe das falhas foram adicionados três atributos: o tipo de falha (*faultType*), o tipo e o sentido do movimento (*movementType* e *movementSense*).

A classe Unidade Geomorfológica foi dividida em dois subtipos: natural (*NaturalGeomorphologicFeature*) e antropogénica (*AnthropogenicGeomorphologicFeature*), para distinguir as formas do relevo originadas por processos naturais das que tiveram também intervenção humana. Na figura 3 estão representadas somente as unidades geomorfológicas do tipo polígono, mas existem outras do tipo linha e ponto que poderão ser modeladas futuramente. Normalmente a geomorfologia não é representada nas cartas geológicas portuguesas, no entanto ela é obrigatória segundo as especificações da Diretiva INSPIRE para a Geologia (*INSPIRE Thematic Working Group*, 2013).

5. Caso de estudo

Uma vez implementado o modelo de dados e estruturado o Sistema de Informação Geográfica (SIG), foi necessário proceder ao seu carregamento com dados reais e efetuar as operações de geoprocessamento necessárias à obtenção dos mapas geológicos, o que permitiu avaliar a sua capacidade de resposta. Este procedimento possibilitou, tam-

bém, a verificação de “lapsos” e identificação das principais dificuldades encontradas na implementação da metodologia proposta.

Para este efeito, foram utilizados dados de cartografia geológica à escala 1:25 000, da Antiforma do Rosário (Oliveira *et al.*, 2013), que é uma estrutura geológica pertencente à Faixa Piritosa Ibérica, localizada no concelho de Castro Verde, Alentejo (Fig. 7). A escolha desta cartografia específica deve-se principalmente às seguintes razões:

- ser uma área bem estudada devido ao elevado potencial mineiro, já que na extremidade SE desta Antiforma está situada a mina de Neves Corvo, uma das principais minas produtoras de cobre do mundo;
- possuir cartografia geológica disponível em formato *shapefile*, reunindo assim as condições adequadas para a aplicação da Diretiva INSPIRE;
- pertencer à Folha 46-C Almodôvar, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, cuja produção está em curso.

A aplicação do modelo de dados ao caso em estudo permitiu obter três mapas temáticos distintos da Antiforma do Rosário mas complementares, nomeadamente o geológico, o litológico e o cronológico.

5.1 Harmonização dos dados

Na atual estrutura de armazenamento dos dados da cartografia geológica, a informação das litologias

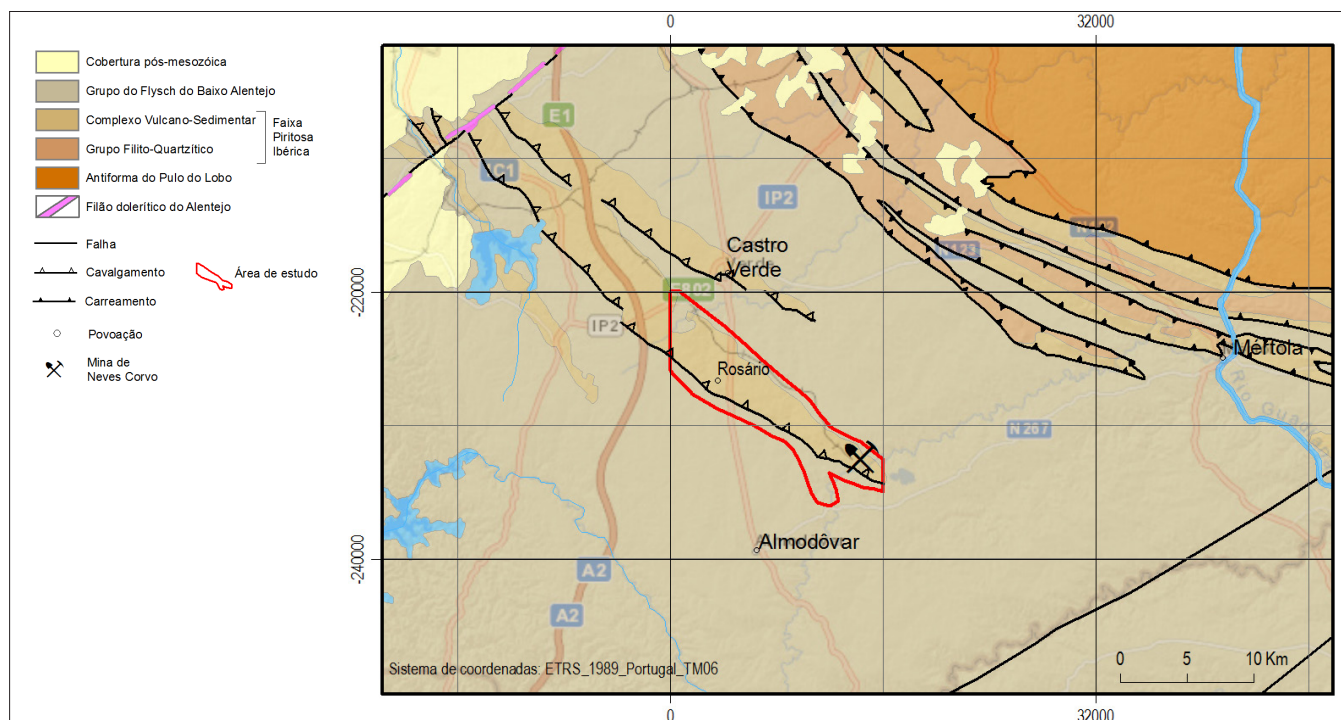


Figura 7 – Localização da Antiforma do Rosário. Geologia adaptada da Carta Geológica de Portugal à escala 1:1 000 000, LNEG, edição de 2010.

Figure 7 – Rosário Antiform location. Geology adapted from the Geological Map of Portugal scale 1:1 000 000, LNEG, 2010.

e das idades está descrita numa mesma tabela que é associada a cada uma das unidades cartografadas, através de uma operação de *Join*. No modelo proposto neste trabalho, foram definidas duas classes distintas: uma para descrever as idades e outra para descrever as litologias, sendo a associação a cada unidade geológica realizada através de associações de *um para muitos*. Na figura 8 pode observar-se a associação entre as unidades geológicas e as litologias.

Em relação aos termos litológicos utilizados, foi estabelecida a correspondência entre os conceitos portugueses e ingleses. Este processo foi mais ou menos direto, havendo apenas a salientar a necessidade de adaptar alguns termos litológicos ao termo mais geral do vocabulário de litologias INSPIRE, uma vez que este não tem o detalhe necessário para a cartografia geológica à escala 1:25 000. Por exemplo, o jaspe e o cherte, dois litótipos que ocorrem na área, foram classificados como “Rocha sedimentar siliciosa não detrítica”, por não existirem os termos correspondentes no vocabulário de litologias INSPIRE.

Alguns campos não puderam ser preenchidos por ainda não terem sido definidos, como por exemplo os URI das unidades geológicas. Esta ação passa pela formalização de um dicionário de Formações Geológicas.

Os troços de falha tiveram de ser agregados em segmentos de falha, tendo sido inferido o tipo e o sentido do movimento.

5.2 Resultados

Para a produção dos mapas geológico, litológico e cronológico da Antiforma do Rosário foram desenvolvidos três modelos, em *ModelBuilder* do *ArcGis Desktop*, com as operações de geoprocessamento necessárias ao cálculo automático das regras de representação cartográfica, definidas para cada tipo de mapa. A ESRI disponibiliza esta ferramenta para a criação da simbologia (cores, padrões, etc.) essencial à representação dos elementos gráficos do tipo ponto, linha e polígono que compõem um mapa. A associação de múltiplas representações cartográficas à *Geodatabase* constitui a principal vantagem desta ferramenta, sendo por isso muito útil na produção temática de mapas geológicos.

Neste trabalho, e a título de exemplo, optou-se por descrever apenas o processo seguido para a obtenção do mapa litológico da Antiforma do Rosário, dado que o processo de obtenção dos restantes mapas é muito idêntico. A escolha da simbologia para representar as diferentes litologias baseou-se nas especificações INSPIRE da Geologia (*INSPIRE Thematic Working Group Geology*, 2013). Com base neste

documento foram criadas e implementadas as respetivas regras de representação cartográfica e posteriormente executadas as seguintes operações:

- preenchimento do campo identificador da regra de representação cartográfica para cada uma das litologias (*lithologyRuleId*);
- associação das litologias às unidades cartografadas através de operações de *Join*;
- cálculo das regras de representação cartográfica de cada uma das litologias no mapa através da operação *Field Calculator*.

Na figura 9 é apresentado o mapa litológico da Antiforma do Rosário, resultante da aplicação da metodologia anteriormente descrita, onde estão representadas as principais litologias aflorantes obtidas através de uma pesquisa efetuada ao campo “*proportion*” para os termos ‘*all*’, ‘*dominant*’, ‘*major*’ e ‘*predominant*’.

6. Conclusões

O principal resultado deste trabalho consistiu na obtenção de uma *Geodatabase*, que responde eficazmente ao objetivo proposto, pelo que a sua implementação futura na produção da cartografia geológica oficial irá certamente reformular os procedimentos e formas de trabalho, beneficiando quem produz e utiliza os dados da cartografia geológica.

A utilização do *software Enterprise Architect*, para além de permitir gerar, automaticamente, a estrutura de dados pretendida em *ArcGis*, possibilita também efetuar as iterações necessárias ao seu aperfeiçoamento e desenvolvimento, num ambiente de modelação *open standard* e universal, com acesso aos normativos e requisitos da Diretiva INSPIRE. A *Geodatabase* obtida apresenta numerosas vantagens, das quais se enumeram as seguintes:

- é compatível com o SIG que suporta a produção de cartografia geológica;
- não existe necessidade de duplicar a informação por vários ficheiros, contribuindo assim para a sua integridade, uma vez que os dados assentam em ambiente de gestão centralizado;
- poderá contribuir para a reestruturação dos dados da cartografia geológica, uma vez implementada em ambiente de produção;
- facilita a implementação de operações de geoprocessamento;
- contribui efetivamente para a interoperabilidade e reutilização dos dados da cartografia geológica.

A aplicação da metodologia proposta ao caso em estudo permitiu constatar a viabilidade na produção de cartografia geológica e ainda definir um novo fluxo de trabalho para a obtenção de cartas temáticas.

Este trabalho constitui, também, um primeiro

GeologicUnit				
ID *	name	code	geologicUnitType	URI
1	Aluvião	Qa	lithostratigraphicUnit	<Null>
2	Depósito de ranha	ra	lithostratigraphicUnit	<Null>
3	Depósito de vertente	Qv	lithostratigraphicUnit	<Null>
4	Formação de Mértola	HMt	lithostratigraphicUnit	<Null>
5	Formação de Brancanes	CVSBr	lithostratigraphicUnit	<Null>
6	Formação de Godinho	CVSGo	lithostratigraphicUnit	<Null>
7	Unidade dos Xistos Borra de Vinho	CVSbv	lithostratigraphicUnit	<Null>
8	Formação de Grandãos	CVSGr	lithostratigraphicUnit	<Null>
9	Formação de Ribeira de Cobres	CVSRC	lithostratigraphicUnit	<Null>
10	Xistos negros	CVSvn	lithostratigraphicUnit	<Null>

CompositionPart				
ID *	geologicUnitId *	material	proportion	role
1	1	Areia	dominant	facies
2	1	Argila	present	lithosome
18	2	Cascalho	major	onlyPart
32	2	Argila	present	lithosome
19	3	Cascalho	all	onlyPart
5	4	Siltito	predominant	stratigraphicPart
9	4	Xisto	present	stratigraphicPart
4	4	Arenito impuro	predominant	stratigraphicPart
6	5	Arenito fino	present	stratigraphicPart
21	5	Siltito	present	stratigraphicPart
22	5	Xisto	dominant	stratigraphicPart
7	6	Tufito	variable	facies
23	6	Xisto	variable	facies
24	7	Xisto	all	onlyPart
8	8	Argilito laminado	major	facies

Figura 8 – Associação de um para muitos entre as unidades geológicas e as litologias.
 Figure 8 – One to many association between geological units and lithologies.

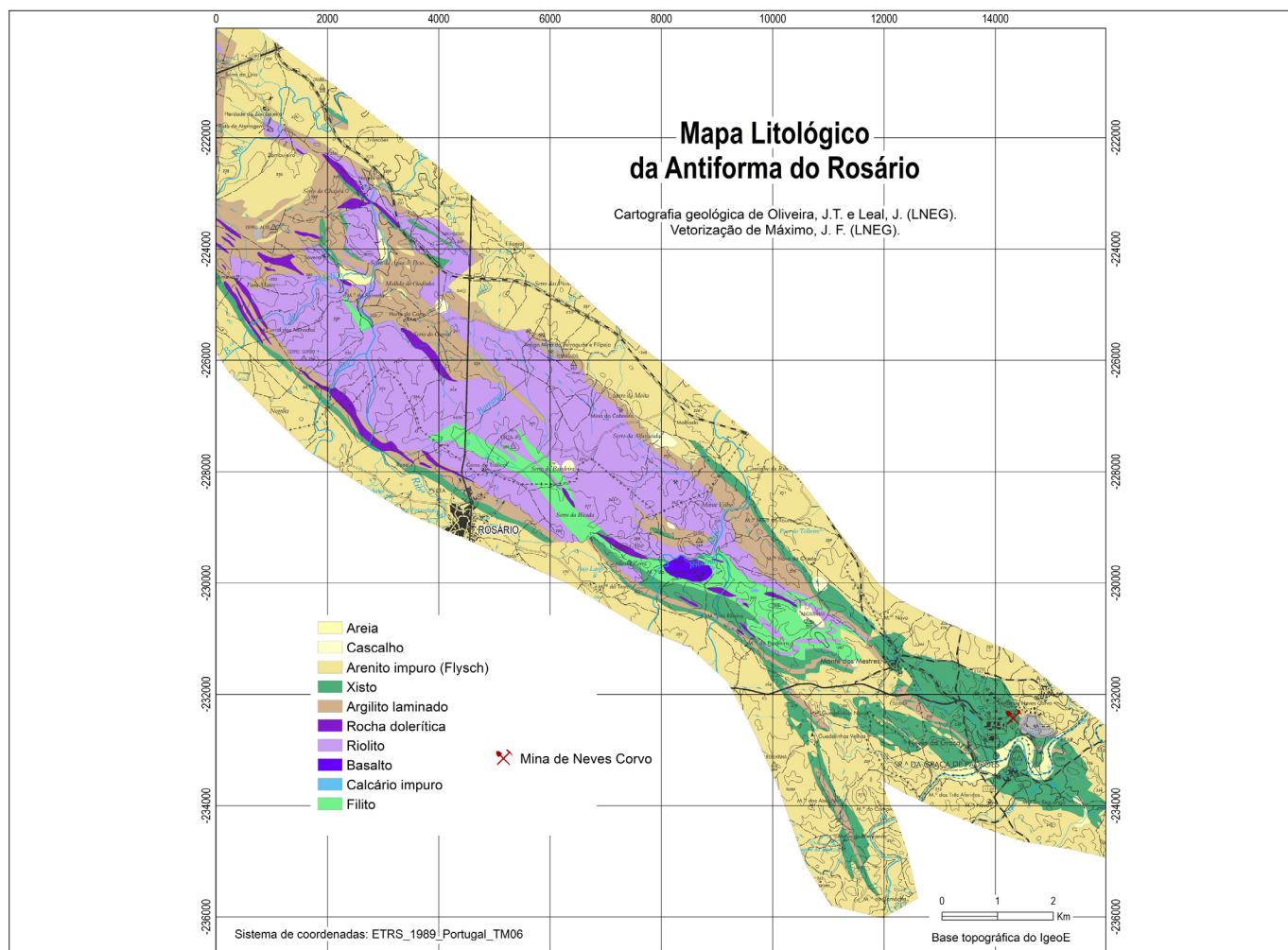


Figura 9 – Mapa das principais litologias da Antiforma do Rosário.
 Figure 9 – Map of Rosário Antiform's main lithologies.

contributo para a harmonização semântica dos dados, embora simplificado, por se tratar de pequena área de estudo. A aplicação à totalidade dos dados da cartografia geológica irá certamente levantar problemas mais complexos a este nível, cuja resolução poderá passar pelo desenvolvimento de ontologias (ver os trabalhos de Ludascher *et al.*, 2003; Woodcock *et al.*, 2010; Ma *et al.*, 2012).

Num futuro próximo será necessário acautelar o registo dos termos específicos da geologia portuguesa nas listas de valores INSPIRE e criar os identificadores de objeto externo (*inspireId*) e garantir a consistência dos dados da cartografia geológica a todas as escalas de representação e nas regiões fronteiriças (*INSPIRE Drafting Team Data Specifications*, 2013).

Por fim, deverão ser criados os respetivos serviços de visualização e descarregamento para permitir o acesso aos dados da cartografia geológica, através do *geoPortal* do LNEG. Estes serviços podem ser sujeitos à cobrança de taxas, de acordo com a política institucional de cedência de dados, devendo nestes casos, ser também disponibilizados serviços de comércio eletrónico.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LNEG a disponibilização das condições necessárias à realização deste trabalho e à Sparx Systems pela cedência da licença do *software Enterprise Architect 9.3*, utilizado no desenho do diagrama da *Geodatabase*.

Bibliografia

- Asch, K., Bavec, M., Bergman, S., Perez Cerdan, F., Declercq, P. Y., Janjou, D., Kacer, S., Klicker, M., Nironen, M., Pantaloni, M. & Schubert, C., 2010. *OneGeology-Europe Scientific/Semantic Data Specification and - Generic Specification for Spatial Geological Data in Europe*. ECP-2007-GEO-317001.
- Carta Geológica de Portugal à escala 1:1 000 000, edição de 2010, LNEG-LGM, Lisboa, ISBN: 978-989-675-005-3.
- Comissão Europeia, 2007. Diretiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Março. *Jornal Oficial da União Europeia*. L 108 de 25.04.2007. [estabelece uma infraestrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (INSPIRE)], 1-14.
- Comissão Europeia, 2010. Regulamento N° 1089/2010, *Jornal Oficial da União Europeia*, L 323 de 23.11.2010 [estabelece as disposições de execução da Diretiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativamente à interoperabilidade dos conjuntos e serviços de dados geográficos], II-102.
- INSPIRE Architecture and Standards Working Group, 2002. *INSPIRE Architecture and Standards Position Paper: Ispra, JRC-Institute for Environment and Sustainability*, 64 p.
- INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 2013. D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.3. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3.4rc3.pdf [consulta em Outubro, 2013].
- INSPIRE Thematic Working Group Geology, 2013. D2.8.II.4 INSPIRE Data Specification on Geology - Draft Guidelines, version 3.0rc3. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GE_v3.0rc3.pdf [consulta em Outubro, 2013].
- International Union of Geological Sciences, 2013. International Chronostratigraphic Chart. <http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2013-01.pdf> [consulta em Outubro 2013].
- Ludascher, B., Lin, K., Brodaric, B. & Baru, C., 2003. GEON: Toward a Cyberinfrastructure for the Geosciences - A Prototype for Geologic Map Integration via Domain Ontologies. In Soller, D. R., (ed.), *Digital mapping techniques '03, workshop proceedings*. June 1-4, 2003, Millersville, Pennsylvania: Reston, Va., U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey.
- Ma, X., Carranza, E. J. M., Wu, C. & Van Der Meer, F. D., 2012. Ontology-aided annotation, visualization, and generalization of geological time-scale information from online geological map services: *Computers & Geosciences*, 40: 107-119.
- Oliveira, J. T., Rosa, C., Pereira, Z., Rosa, D., Matos, J., Inverno, C. & Andersen, T., 2013. Geology of the Rosário-Neves Corvo antiform, Iberian Pyrite Belt, Portugal: new insights from physical volcanology, palynostratigraphy and isotope geochronology studies. *Mineralium Deposita*, v. 48(6): 749-766. DOI 10.1007/s00126-012-0453-0.
- Pereira, A., 2012. Implementação da Diretiva INSPIRE na produção de cartografia geológica: O caso de estudo da Antiforma do Rosário, Faixa Piritosa Ibérica. Tese de mestrado em Ciência e SIG, ISEGI-Universidade Nova de Lisboa, 131 p.
- Pereira, A., Antunes, C. & Almeida, P., 2011. *SIG nas Organizações: O Caso do LNEG*. Trabalho da Unidade Curricular de SIG nas Organizações do Curso de Mestrado em C&SIG, ISEGI-UNL, Lisboa.
- Sparx Systems, 2012. Sparx Systems Releases Profile for Esri® ArcGIS™ in Enterprise Architect: Australia. <http://www.sparxsystems.com.au/press/articles/pdf/ArcGIS-Profile-Release.pdf> [consulta em Abril, 2012].
- Woodcock, R., Simons, B., Duclaux, G. & Cox, S., 2010. AuScope's use of Standards to Deliver Earth Resource Data, *Geophysical Research Abstracts*, v. 12, European Geosciences Union General Assembly 2010.