

# C&S SIG

---

***IMPLEMENTAÇÃO DA DIRETIVA INSPIRE  
NA PRODUÇÃO DE CARTOGRAFIA  
GEOLÓGICA:  
O caso de estudo da Antiforma do Rosário,  
Faixa Piritosa Ibérica***

---

Aurete Maria Santos Pereira

---

Trabalho de Projeto apresentado como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas  
de Informação Geográfica

**IMPLEMENTAÇÃO DA  
DIRETIVA INSPIRE NA PRODUÇÃO DE CARTOGRAFIA  
GEOLÓGICA:**

**O caso estudo da Antiforma do Rosário, Faixa Piritosa  
Ibérica**

Trabalho de projeto orientado por

Professor Doutor Pedro da Costa Brito Cabral

e Coorientado por

Doutor António Alberto Gabriel Luís

Novembro de 2012

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de projeto não teria sido possível sem o apoio de todos aqueles que contribuíram para a sua concretização. Assim, desejo expressar o meu reconhecimento:

Ao Professor Doutor Pedro Cabral (ISEGI/UNL) orientador deste projeto, pela motivação, disponibilidade, leitura atenta deste manuscrito e sugestões sempre construtivas.

Ao Doutor Gabriel Luís, diretor da Unidade de Informação Geocientífica, do LNEG, e coorientador deste projeto, pela amizade, disponibilidade, discussões frutíferas e leitura atenta deste manuscrito. Agradeço principalmente o fato de acreditar em mim e na minha capacidade de trabalho.

Ao Professor Doutor José Tomás Oliveira (LNEG), professor e amigo de longa data, pelas conversas geológicas de longa duração, entusiasmo e leitura atenta deste manuscrito.

Em especial agradeço à Dra. Paula Almeida e ao Eng. Pedro Patinha da Unidade de Informação Geocientífica, do LNEG, pela contribuição na implementação do modelo de dados desenvolvido na infraestrutura de dados espaciais do LNEG. Agradeço também a amizade que sempre demonstraram.

À Doutora Luísa Ribeiro (LNEG) o interesse demonstrado na minha formação, motivação e palavras de amizade.

À Dra. Teresa Cunha, coordenadora do Núcleo de Cartografia Geológica Digital, da Unidade de Geologia e Cartografia Geológica, do LNEG, agradeço os ensinamentos ao longo da minha vida profissional.

Ao Laboratório Nacional de Energia e Geologia, na figura do Professor Doutor Machado Leite, vogal da área da Geologia do Conselho Diretivo, que me facultou todas as condições e me autorizou a utilizar os dados da cartografia geológica da Antiforma do Rosário.

À *Sparx Systems* pela cedência dos códigos que possibilitou estender a licença *trial* do *Enterprise Architect* 9.3.

Por último agradeço à minha família a transmissão de energia positiva nos momentos mais difíceis.

Ao Luís Dias pela amizade incondicional.

# **IMPLEMENTAÇÃO DA DIRETIVA INSPIRE NA PRODUÇÃO DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICA**

## **O caso de estudo da Antiforma do Rosário, Faixa Piritosa Ibérica**

### **RESUMO**

Este trabalho trata da implementação do modelo de dados INSPIRE à cartografia geológica na infraestrutura de dados espaciais (IDE) do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), adaptando-o às especificidades da geologia portuguesa. Num futuro próximo, ao abrigo da Diretiva INSPIRE, o LNEG terá de disponibilizar a sua cartografia geológica em conformidade com as disposições de execução aprovadas pelo Comité INSPIRE, no período de dois anos após a sua adoção, para os dados novos e de sete anos para os restantes.

Em paralelo deverá proceder gradualmente à harmonização dos dados da cartografia geológica por forma a torná-los interoperáveis em toda a Europa.

Este trabalho defende que o processo de harmonizar os dados da cartografia geológica implica necessariamente a modificação/adaptação dos dados de origem ao modelo de dados INSPIRE GE estendido e aponta as razões que o justificam.

As linhas de orientação seguidas têm em vista apresentar uma estrutura de gestão de dados mais eficiente para a cartografia geológica, interoperável e harmonizada por toda a Comunidade Europeia.

A infraestrutura obtida irá permitir o armazenamento centralizado dos dados, o acesso a diferentes perfis de utilizador com a possibilidade de edição múltipla, bem como facilitar a obtenção e disponibilização de novos produtos (mapas, tabelas e/ou relatórios) derivados da informação geológica de base.

# **THE IMPLEMENTATION OF THE INSPIRE DIRECTIVE IN GEOLOGICAL MAPPING**

## **The case study of the Rosário Antiform, Iberian Pyrite Belt**

### **ABSTRACT**

This dissertation deals with the implementation of the INSPIRE data model applied to geological mapping in spatial data infrastructure (SDI) of the National Laboratory of Energy and Geology (LNEG), adapting it specifically to portuguese geology. In the near future, under the INSPIRE Directive, LNEG must provide their geological digital mapping in accordance with the provisions approved by the INSPIRE Committee, within two years after its adoption, to the new recently collected data, and seven years for the remainder.

At the same time should gradually proceed to harmonise geological mapping data in order to make them interoperable with those of the European Countries.

This dissertation argues that the process of harmonizing the data of geological mapping necessarily involves the modification/adaptation of the source data to the extended GE INSPIRE data model and indicates the reasons justifying it.

The guidelines followed are in order to present a management structure more efficient for geological data mapping, interoperable and harmonised throughout the European Community.

The database obtained will enable the centralized storage of data, access to different user profiles with the ability to do multiple editing as well as facilitate the acquisition and deployment of new products (maps, charts and / or reports) derived from the geological information base.

## **PALAVRAS-CHAVE**

INSPIRE

Cartografia geológica

Harmonização de dados

Interoperabilidade

Sistema de Informação Geográfica

Infraestrutura de Dados Espaciais

## **KEYWORDS**

INSPIRE

Geological mapping

Data Harmonisation

Interoperability

Geographic Information System

Spatial Data Infrastructure

## ACRÓNIMOS

1G	<i>OneGeology</i>
1G-E	<i>OneGeology-Europe</i>
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4D	Quatro dimensões
APAT	<i>Italian Agency for Environmental Protection and for Technical Services</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ArcSDE	<i>Arc Spatial Database Engine</i>
AuScope	<i>Organization for a national earth science infrastructure program (Australia)</i>
BD	Base de Dados
BGS	<i>British Geological Survey</i>
BoreholeML	<i>Borehole Markup Language</i>
BRGM	<i>Bureau de Recherches Géologique et Minières</i>
BSI	<i>British Standards Publications</i>
CAD	<i>Computer-aided design</i>
CDG	Conjunto de Dados Geográficos
CE	Comissão Europeia
CEN	<i>Comité Européen de Normalisation</i>
CGI	<i>Commission for the Managment and Application of Geoscience Information</i>
CGI/IWG	<i>CGI Interoperability Working Group</i>
CDWG	<i>Concept Definition Working Group da CGI/IWG</i>
CGMW	<i>Commission of Geological Map of the World</i>
CMYK	<i>Cyan, Magenta, Yellow, Black</i>
CNIG	Centro Nacional de Informação Geográfica
CSIRO	<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</i>
CSW	<i>Catalogue Service Web</i>
DIN	<i>German Institute for Standardization</i>
DS	<i>INSPIRE Data Specifications</i>
DTDS	<i>INSPIRE Drafting Team Data Specifications</i>
EarthResouceML	<i>EarthResouce Markup Language</i>
e-Geo	Sistema Nacional de Informação Geocientífica
EGDI	<i>European Geological Data Infrastructure</i>
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>

ETRS89	<i>European Terrestrial Reference System 1989</i>
EuroGeosource	<i>EU Information and Policy Support System for Sustainable Supply of Europe with Energy and Mineral Resources</i>
FGDC	<i>Federal Geographic Data Committee</i>
FOREGS	<i>Forum of European Geological Surveys Directors</i>
GA	<i>Geoscience Australia</i>
GEIXS	<i>Geological Electronic Information eXchange System</i>
GEON	<i>Opening collaborative project developing cyberinfrastructure for integration of 3 and 4 dimensional earth science data</i>
GeoSciML	<i>Geoscience Information Markup Language</i>
GeoSeas	<i>Pan-European Infrastructure for Management of Marine and Ocean Geological and Geophysical Data</i>
GML	<i>Geographic Markup Language</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSC	<i>Geological Survey of Canada</i>
GroundWaterML	<i>GroundWater Markup Language</i>
GRS80	<i>Geodetic Reference System 1980</i>
ICS	<i>International Commission on Stratigraphy</i>
IDE	<i>Infraestrutura de Dados Espaciais</i>
IgeoE	<i>Instituto Geográfico do Exército</i>
IGC	<i>International Geological Congress</i>
IGP	<i>Instituto Geográfico Português</i>
IPQ	<i>Instituto Português de Qualidade</i>
ISC	<i>International Stratigraphic Chart</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
INSPIRE	<i>Infrastructure for Spatial Information in Europe</i>
INSPIRE GE	<i>INSPIRE Geology Model</i>
ISG	<i>International Stratigraphic Guide</i>
ISSC	<i>International Subcommission on Stratigraphic Classification</i>
IUGS	<i>International Union of Geological Sciences</i>
JGS	<i>Japanese Geological Survey</i>
LMO	<i>Legally Mandated Organizations</i>
LNEG	<i>Laboratório Nacional de Energia e Geologia</i>
Ma	<i>Milhões de anos</i>
MGE	<i>Modular Gis Environment</i>
MIG	<i>Metadados de Informação Geográfica</i>
NADM	<i>North American Data Model</i>
NGMDB	<i>National Geologic Map Database</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>

OGE	<i>One Geology Europe</i>
OMG	<i>Object Management Group</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
Planageo	Plano Nacional de Geologia (Angola)
ProMine	<i>Nano-Particle Products from New Mineral Resources in Europe</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
SDI	<i>Spatial Data Infrastructure</i>
SDIC	<i>Spatial Data Interest Communities</i>
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SGU	<i>Geological Survey of Sweden</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SKOS	<i>Simple Knowledge Organization System</i>
SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TC 211	<i>ISO Technical Committee 211</i>
TC 287	<i>CEN Technical Committee 287</i>
TG	<i>Technical Guidance</i>
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TWG	<i>INSPIRE Thematic Working Group</i>
UGCG	Unidade de Geologia e Cartografia Geológica
UIG	Unidade de Informação Geocientífica
UML	<i>Unified Modelling Language</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
URN	<i>Uniform Resource Name</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WCS	<i>Web Coverage Service</i>
WebSIG	Sistemas de Informação Geográfica disponibilizado na Internet
WMS	<i>Web Map Service</i>
WFS	<i>Web Feature Service</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
ZSP	Zona Sul Portuguesa

# ÍNDICE DE TEXTO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iii
<b>RESUMO</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>PALAVRAS-CHAVE</b> .....	vi
<b>KEYWORDS</b> .....	vi
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TEXTO</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos .....	5
1.3 Metodologia geral .....	5
1.4 Organização do projeto.....	7
<b>2 A INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO LNEG</b> .....	<b>8</b>
2.1 Introdução .....	8
2.2 Produção de cartografia geológica .....	9
2.3 Estruturação dos dados da cartografia geológica .....	13
2.4 Disponibilização de dados da cartografia geológica .....	14
2.5 A Diretiva INSPIRE nas atividades do LNEG .....	16
2.6 Síntese conclusiva .....	21
<b>3 INTEROPERABILIDADE E CARTOGRAFIA GEOLÓGICA</b> .....	<b>23</b>
3.1 Introdução .....	23
3.2 Convenções e normas na cartografia geológica .....	24
3.3 Interoperabilidade e harmonização dos dados .....	31
3.4 Síntese conclusiva .....	40
<b>4 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE DADOS INSPIRE À CARTOGRAFIA     GEOLÓGICA</b> .....	<b>41</b>
4.1 Modelo de dados INSPIRE UML para a Geologia .....	41

4.2	Metodologia de implementação .....	44
4.2.1	Modelação da <i>Geodatabase</i> no <i>Enterprise Architect</i> .....	46
4.2.2	Implementação da <i>Geodatabase</i> .....	62
4.3	Caso de estudo: A Antiforma do Rosário .....	64
4.3.1	Localização da área de estudo .....	65
4.3.2	Dados utilizados.....	65
4.3.3	Resultados .....	68
4.3.3.1	Simbologia e Representações Cartográficas .....	69
4.3.3.2	Produção dos mapas litostratigráfico, litológico e de idade.....	74
4.4	Síntese conclusiva .....	77
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
5.1	Discussão .....	79
5.2	Limitações e Desenvolvimentos futuros .....	80
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>93</b>
	<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Disposições de execução da Diretiva INSPIRE já aprovadas .....	3
<b>Tabela 2</b> – Conjuntos de dados geográficos e serviços da responsabilidade do LNEG .	19
<b>Tabela 3</b> – Representação hierárquica das unidades estratigráficas definidas na ISC...	25
<b>Tabela 4</b> – Principais estereótipos do Perfil UML INSPIRE. ....	41
<b>Tabela 5</b> – Principais elementos <i>Geodatabase</i> e suas correspondências em linguagem UML, com indicação do estereótipo disponibilizado no Perfil UML <i>ArcGis</i> ....	45
<b>Tabela 6</b> – Propriedades da <i>Geodatabase</i> e correspondências no modelo UML .....	45
<b>Tabela 7</b> – Características dos temas identificados a partir da análise dos dados disponíveis sobre a Antiforma do Rosário .....	66
<b>Tabela 8</b> – Temas e respetivos atributos utilizados .....	67
<b>Tabela 9</b> – Simbologia e regras de representação cartográfica das litologias dominantes do mapa litológico da Antiforma do Rosário .....	71
<b>Tabela 10</b> – Simbologia e regras de representação cartográfica das idades de base do mapa de idades da Antiforma do Rosário .....	72
<b>Tabela 11</b> – Simbologia e regras de representação cartográfica das unidades geológicas do mapa litostratigráfico da Antiforma do Rosário .....	73
<b>Tabela 12</b> – Mapeamento entre as classes e atributos do esquema de aplicação <i>GeologyCore</i> INSPIRE GE e do modelo desenvolvido neste trabalho .....	78
<b>Tabela A1</b> - Tabela estratigráfica internacional.....	94
<b>Tabela A 2.1</b> - Dicionário de litologias do projeto 1G-E .....	96
<b>Tabela A 2.2</b> - Dicionário de idades do projeto 1G-E.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Fluxograma da metodologia de trabalho .....	6
<b>Figura 2</b> – Folha 7C-Mirandela da Carta Geológica de Portugal, reduzida 4,65x .....	12
<b>Figura 3</b> – Página da Internet do serviço <i>GeoReports</i> do BGS .....	16
<b>Figura 4</b> – Visualizador de mapas do geoPortal do LNEG. Exemplo de um excerto da Carta Geológica de Portugal 1: 1000 000, edição 2010 do LNEG, sobreposta à Carta de Portugal 1:500 000 do serviço de mapas do IGP .....	20
<b>Figura 5</b> – O papel do GeoSciML na disponibilização de dados geocientíficos na web .	27
<b>Figura 6</b> – Mudança de paradigma: dos SIG à IDE .....	32
<b>Figura 7</b> – Estruturação dos dados no modelo atual da cartografia geológica.....	34
<b>Figura 8</b> – Excerto de duas Cartas geológicas do LNEG publicadas na escala 1:50 000: Folhas 28A e 28C, com indicação de exemplos de inconsistências geométricas e de nomenclatura .....	37
<b>Figura 9</b> – Classes do esquema de aplicação <i>GeologyCore</i> do tema Geologia do Anexo II do modelo INSPIRE UML consolidado .....	42
<b>Figura 10</b> – Exemplos de associações entre classes em linguagem UML: (A) Associação; (B) Agregação; (C) Composição; (D) Generalização .....	43
<b>Figura 11</b> – Estruturação UML dos elementos da <i>Geodatabase</i> no <i>Enterprise Architect</i> .....	46
<b>Figura 12</b> – Sistema de referência de coordenadas definido no <i>Enterprise Architect</i> .....	47
<b>Figura 13</b> – Modelo de dados desenvolvido neste trabalho .....	49
<b>Figura 14</b> – Diagrama UML das classes <i>MappedUnit</i> , <i>GeologicUnit</i> , <i>GeologicUnitType</i> e <i>StratigraphicRank</i> .....	51
<b>Figura 15</b> – Representação da hierarquia entre os diversos termos que definem a litostratigrafia .....	52
<b>Figura 16</b> – Diagrama UML das classes <i>GeologicUnit</i> , <i>ControlledConcept</i> , <i>GeologicUnitEvent</i> e <i>SymbolGeologicUnit</i> .....	53
<b>Figura 17</b> – Diagrama UML das classes <i>GeologicUnit</i> , <i>RockMaterial</i> , <i>LithologyDictionary</i> e <i>SymbolLithology</i> .....	55
<b>Figura 18</b> – Diagrama UML das classes <i>GeologicUnit</i> , <i>GeologicAge</i> , <i>GeochronologicRank</i> , <i>GeologicAgeDictionary</i> e <i>SymbolAge</i> .....	57

<b>Figura 19</b> – Diagrama UML das classes <i>GeologicUnit</i> , <i>GeologicUnitEvent</i> , <i>GeologicAge</i> , <i>Alteration</i> e <i>Metamorphism</i> .....	58
<b>Figura 20</b> – Diagrama UML das classes <i>Fault</i> e <i>Displacement</i> .....	59
<b>Figura 21</b> – Diagrama UML da classe <i>Contact</i> .....	60
<b>Figura 22</b> – Diagrama UML das classes <i>Resource</i> e <i>Substance</i> .....	61
<b>Figura 23</b> – Diagrama UML da classe <i>GeomorphologicUnit</i> .....	62
<b>Figura 24</b> – Elementos da <i>Geodatabase</i> no <i>ArcCatalog</i> .....	63
<b>Figura 25</b> – Localização da área de estudo, geologia adaptada da Carta Geológica de Portugal à escala 1:1 000 000 do LNEG, edição de 2010 .....	65
<b>Figura 26</b> – Modelos em <i>Model Builder</i> dos processos implementados para obtenção dos mapas litostratigráfico ( <b>A</b> ), litológico ( <b>B</b> ) e de idade ( <b>C</b> ).....	75
<b>Figura 27</b> – Ilustrações dos mapas litostratigráfico ( <b>A</b> ), litológico ( <b>B</b> ) e de idade ( <b>C</b> ), obtidos pelo modelo de dados.....	76

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

O LNEG (LNEG, 2012a) é o organismo de investigação do Estado para as áreas da Energia e Geologia. Entre as suas atribuições, e de acordo com a sua Lei orgânica (Decreto-Lei nº 354/2007), está a produção da cartografia geológica sistemática da zona emersa do território português, que é assegurada pela Unidade de Geologia e Cartografia Geológica (UGCG).

A realização deste trabalho de projeto insere-se no âmbito das atividades da UGCG, e surge da necessidade de organizar e integrar numa base de dados (BD) espacial centralizada, toda a informação associada ao processo de produção de cartas geológicas. Este procedimento enquadra-se nas políticas de dados geológicos seguidas pela maior parte dos Serviços Geológicos Europeus, que desde 2003 têm contribuído para o desenvolvimento de um modelo de dados único e harmonizado, para a cartografia geológica, com base no trabalho do *Interoperability Working Group (IWG)* da *Comission for the Managment and Application of Geoscience Information (CGI)* da *International Union of Geological Sciences (IUGS)* (Asch et al., 2004). Nos últimos anos, os avanços registados ao nível das tecnologias de informação têm permitido incrementar de forma significativa o acesso e partilha do conhecimento geológico (Loudon, 2000).

Nesse sentido, têm sido desenvolvidos esforços, no seio da comunidade de geocientistas, para melhorar o intercâmbio de dados geológicos entre produtores e utilizadores. Por exemplo, nos Estados Unidos da América o modelo/esquema *North American Data Model (NADM)* (NADM Steering Committee, 2004) foi utilizado e implementado no projeto *National Geologic Map Database (NGMDB)* (Soller e Berg, 2005) para promover a interoperabilidade entre as BD geológicas nos diferentes estados. Mais recentemente, o projeto *OneGeology (1G)* adotou o *GeoSciML (Geoscience Markup Language)* (Sen e Duffy, 2005) como norma para a troca *online* e descentralizada dos mapas geológicos, de todos os países participantes. O mapa geológico digital do Mundo, à escala 1:1000 000, disponibilizado no portal do projeto (OneGeology, 2012), resulta da integração em tempo real, dos serviços de mapas disponibilizados por cada servidor de cada país participante (Jackson, 2007).

O projeto do geoPortal do LNEG (LNEG, 2012b) é também um exemplo de aplicação das mais recentes tecnologias de informação ao serviço da geologia portuguesa. Consiste numa plataforma *web* de gestão e visualização de dados georreferenciados, que permite a partilha, pesquisa e disponibilização de informação espacial, nas áreas da Geologia e Energia.

A Comissão Europeia (CE), ciente da importância da informação espacial nas sociedades atuais e da dificuldade que existe em termos de disponibilidade, acessibilidade, qualidade e partilha de dados entre produtores e utilizadores, fez aprovar a Diretiva nº 2007/2/CE do Parlamento e Conselho Europeus a 14 de março de 2007, mais conhecida pela INSPIRE (*IN*frastructure for *S*patial *I*nfoRmation in *E*urope). Esta Diretiva determina que cada Estado Membro proceda à sua transposição jurídica. No caso português, a transposição para a lei nacional foi efetivada a 7 de agosto de 2009, através do Decreto de Lei nº 180/2009.

A entrada em vigor da INSPIRE constituiu um marco importante no campo da interoperabilidade dos conjuntos de dados geográficos (CDG) europeus e nacionais, ao estabelecer a criação de uma infraestrutura europeia de informação geográfica, com o objetivo de permitir ao cidadão europeu aceder a uma plataforma de pesquisa e manuseamento de informação espacial de índole ambiental, via Internet. Para a concretização deste objetivo, a INSPIRE estabelece os princípios e as regras comuns aos vários Estados Membros em termos de metadados, partilha e interoperabilidade de serviços e dados, serviços de rede, monitorização e relatórios sobre a aplicação da Diretiva. Nos seus Anexos I, II e III enumera, por ordem de prioridade, os temas de dados geográficos da responsabilidade das Autoridades Públicas dos vários Estados Membros, que ficam sujeitos à sua aplicação. No total, contabilizam-se 34 temas dos quais se destacam a Geologia, as Zonas de Risco Natural, os Recursos Minerais e os Recursos Energéticos, por serem os que estão mais diretamente relacionados com as atividades do LNEG.

O Comité INSPIRE, constituído por representantes dos vários Estados Membros, procede à aprovação das regras de implementação que vão sendo elaboradas, que acompanhadas pelos *Technical Guidance* (TG), contêm toda a informação específica necessária à implementação das diferentes componentes da IDE previstas na Diretiva. As regras de implementação tomam a forma de Disposições de Execução, que têm de ser cumpridas por todos os Estados Membros. Os TG não têm essa obrigação, funcionando antes como documentos técnicos que têm por objetivo orientar as Autoridades Públicas no sentido de cumprirem com os requisitos e recomendações da INSPIRE e respetivas disposição de execução.

Na Tabela 1 estão listadas as disposições de execução que já foram aprovadas, encontrando-se outras em fase final de aprovação, nomeadamente as que dizem respeito às especificações relativas à interoperabilidade de dados do tema Geologia e outros dos Anexos II e III.

A aprovação no Comité INSPIRE, de cada disposição de execução é precedida por sucessivas fases de consulta às instituições registadas, as *Spatial Data Interest Communities* (SDIC) e as *Legally Mandated Organizations* (LMO) e ao público em geral. O processo é iniciado com a elaboração das especificações de dados (DS) por diferentes

grupos de trabalho, os *Thematic Working Groups* (TWG), consoante o tema previsto na Diretiva.

<b>Princípios/Regras</b>	<b>Disposições de Execução</b>
Metadados	Regulamento (CE) Nº 1205/2008 de 3 de dezembro de 2008
Interoperabilidade de dados e serviços	Regulamento (UE) Nº 1089/2010 de 23 de novembro de 2010
Serviços de rede – Pesquisa e visualização	Regulamento (CE) Nº 976/2009 de 19 de outubro de 2009
Serviços de rede – Descarregamento e transformação	Regulamento (UE) Nº 1088/2010 de 23 de novembro de 2010
Partilha de Dados e serviços	Regulamento (UE) Nº 268/2010 de 29 de março de 2010

**Tabela 1** – Disposições de execução da Diretiva INSPIRE já aprovadas (Jornal Oficial da União Europeia, 2012).

Para o tema Geologia foi criado o *INSPIRE TWG Geology*, constituído por um conjunto de pessoas especializadas nas áreas da geologia, dos sistemas de informação, BD, etc. Este grupo de especialistas, pertencentes aos diversos Serviços Geológicos europeus e a empresas de relevo na área das geociências (públicas e privadas), têm a seu cargo a elaboração das especificações próprias e a sua disponibilização para consulta e discussão no sítio da INSPIRE (INSPIRE, 2012a).

O primeiro documento de especificações (DS-D2.8.II.4\_v2.0) (INSPIRE Thematic Working Group Geology, 2011a) foi disponibilizado a 22 de Junho de 2011, e uma nova versão (DS-D2.8.II.4\_v2.0.1) (INSPIRE Thematic Working Group Geology, 2011b) em Agosto desse mesmo ano. A 16 de Julho do ano seguinte o *TWG Geology* publicou outro documento (DS-D2.8.II/III.4\_v3.0 rc2) (INSPIRE Thematic Working Group Geology, 2012) que veio alterar as versões anteriores levando em linha de conta as contribuições das instituições registadas. Na altura em que este último documento foi disponibilizado, já este trabalho de projeto estava concluído encontrando-se em fase de testes ao modelo. Não obstante, este documento foi essencial por ter contribuído para a validação de certos elementos que este trabalho considerou nucleares, e que não eram considerados como tal no primeiro documento de especificações, tais como por exemplo a Idade geológica e as Dobras.

À semelhança dos seus congéneres europeus, o LNEG, enquanto entidade pública produtora e utilizadora de conjuntos e serviços de dados espaciais, é obrigado a cumprir com a Diretiva INSPIRE, através das seguintes ações:

- Identificação, junto da Direção Geral do Território (ex-Instituto Geográfico Português (IGP)) - Ponto de Contacto Nacional INSPIRE, dos CDG e serviços da sua responsabilidade;
- Produção e manutenção dos metadados institucionais normalizados e harmonizados de acordo com o perfil do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), em conformidade com a INSPIRE;
- Implementação de serviços de visualização e *download* de dados espaciais: *Web Map Service* (WMS) (OGC, 2012a), *Web Coverage Service* (WCS) (OGC, 2012b) e *Web Feature Service* (WFS) (OGC, 2012c);
- Disponibilização dos conjuntos de dados da sua responsabilidade, em conformidade com as disposições de execução relativas às especificações de dados aprovadas, no período de dois anos após a sua adoção, para os dados novos e de sete anos para os restantes.

Estas obrigаторiedades legais levaram o LNEG a apostar na criação de um novo geoPortal, que permitisse não só a disponibilização dos seus dados espaciais, mas também o cumprimento dos normativos da Diretiva INSPIRE, e a definir novos padrões de trabalho, que passam necessariamente pela reestruturação das suas BD institucionais.

A estrutura de dados para o armazenamento e gestão da cartografia geológica existente no LNEG, foi concebida para responder à publicação de cartas geológicas em papel, não estando portanto preparada para responder à Diretiva INSPIRE ou a projetos como o 1G.

Entre 2009 e 2011 o LNEG participou no projeto europeu *OneGeology-Europe* (1G-E), em conjunto com vários Serviços Geológicos europeus, com o objetivo de criar um mapa geológico digital dinâmico para a Europa. Este projeto contribuiu significativamente para o progresso da Diretiva INSPIRE, fomentando o desenvolvimento de sistemas e protocolos que facilitam a pesquisa, visualização, *download* e partilha de dados geológicos espaciais na Europa.

Para alcançar os objetivos do projeto, foi necessário adaptar a BD da Carta Geológica de Portugal à escala 1:1000 000 ao modelo de dados definido pela CGI, que permitiu disponibilizar os respetivos serviços de mapas WMS e WFS, de forma harmonizada com os mapas dos restantes países europeus. Tal como seria de esperar, esta ação constituiu um enorme desafio, já que o LNEG, tal como outros Serviços Geológicos europeus, tem uma longa tradição de descrever os seus dados de acordo com especificações e convenções nacionais. O assinalável sucesso deste projeto permitiu que a Instituição desse os primeiros passos na harmonização dos dados da cartografia geológica nacional, tornando-os interoperáveis com outros dados geológicos Europeus, e contribuiu significativamente para a implementação da Diretiva INSPIRE no LNEG.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho consiste na implementação do modelo de dados proposto pela INSPIRE à cartografia geológica produzida no LNEG. Pretende-se dessa forma apresentar uma “nova” estrutura de armazenamento e gestão dos dados da cartografia geológica, que permita o acesso centralizado à informação por diferentes perfis de utilizador e a sua reutilização. Esta estrutura deve contemplar as entidades que são consideradas nucleares na produção de cartografia geológica, (Unidades geológicas cartografadas - *MappedUnit*, Unidades geológicas formalizadas e não formalizadas - *GeologicUnit*, Idades geológicas - *GeologicAge*, Litologias - *RockMaterial* e Estruturas geológicas – *GeologicStructure*), mas deve ser suficientemente flexível para permitir incorporar/estender entidades relativas a outros temas, como por exemplo Recursos Minerais, Arqueologia, Paleontologia, Locais de Interesse Geológico, Sondagens, etc.. Para além disso, esta estrutura deve garantir que estará em condições de suportar a estrutura SIG atualmente utilizada na produção de cartas geológicas.

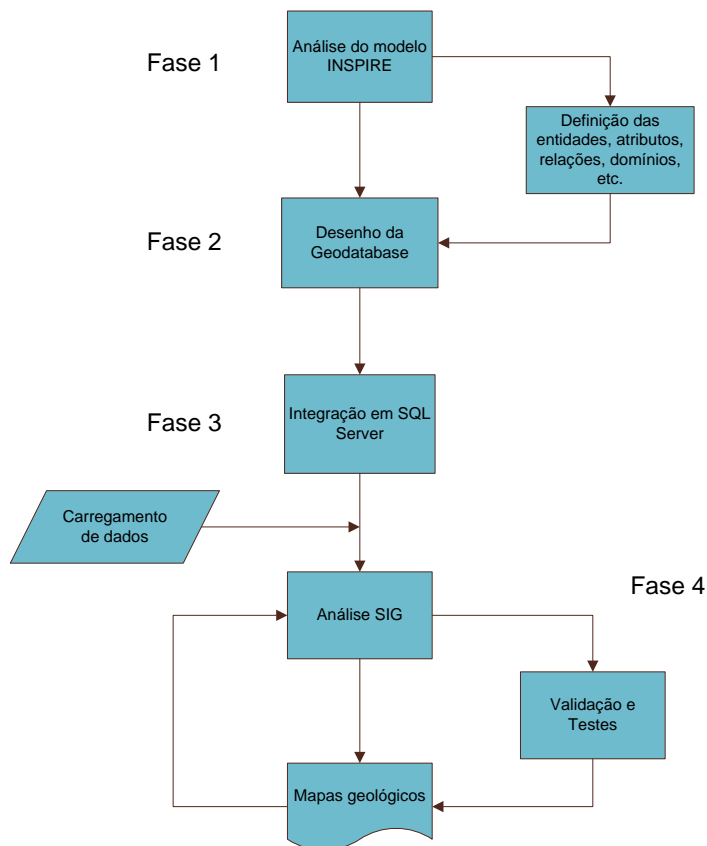
A opção pela implementação do modelo de dados geológicos da INSPIRE à cartografia geológica tem as seguintes vantagens, relativamente ao modelo existente:

- Contribui para a estruturação dos dados nacionais em BD relacionais de acordo com as normas internacionais e especificações definidas pela Comunidade Europeia;
- Contribui para a consistência dos dados partilhados;
- Facilita a disponibilização das cartas geológicas através de *GeoWebServices*;
- Possibilita realizar mais facilmente operações de análise espacial com base em critérios litológicos, idade, etc.;
- Facilita a obtenção de outros produtos derivados da informação geológica de base, como por exemplo cartas litológicas, tectónicas, geomorfológicas, etc.;
- Contribui para a harmonização dos dados geológicos nacionais, conforme as especificações europeias, permitindo a sua interoperabilidade a nível europeu e contribuindo dessa forma para o cumprimento do Artigo 7 (3) do Capítulo III da Diretiva INSPIRE na Instituição.

## 1.3 Metodologia geral

A metodologia adotada na elaboração deste trabalho está ilustrada no diagrama da Figura 1. A Fase 1 deste trabalho consistiu na análise prévia do modelo de dados para o tema da Geologia (INSPIRE GE), proposto pelo *TWG Geology*, disponível no sítio da INSPIRE (INSPIRE, 2012b), e respetivo documento de especificações DS-D2.8.II.4 (versão 2.0 e

2.01). O modelo criado com software *Enterprise Architect* da ©Sparx Systems, utiliza o diagrama de classes em UML (*Unified Modelling Language*) (Rumbaugh et al., 1999), uma linguagem universal de modelação adotada como norma pelo *Object Management Group* (OMG).



**Figura 1** - Fluxograma da metodologia de trabalho.

A Fase 2 consistiu na estruturação e desenho do esquema da *Geodatabase* em UML com recurso a uma nova tecnologia: o Perfil UML para ArcGis, desenvolvido pela *Sparx Systems* e que foi lançado em Abril de 2012 com a versão 9.3 do *Enterprise Architect* (Sparx Systems, 2012b).

A Fase 3 consistiu na implementação do modelo de dados obtido na Fase 2 à produção de cartografia geológica, tendo por base tecnologia *ArcGis* e *SQL Server*. Foi selecionada uma área de estudo, compilados todos os dados disponíveis, definidos os *inputs* do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e efetuado o respetivo carregamento de dados.

A Fase 4 consistiu na validação do modelo de dados através da realização de diversas operações de análise em ambiente SIG. Esta fase permitiu avaliar a consistência do modelo desenvolvido e aferir da sua robustez para aplicação à cartografia geológica produzida no LNEG. Foi ainda possível obter os mapas litostratigráfico, litológico e de idade para a área de estudo, com base nos respetivos critérios.

## **1.4 Organização do projeto**

Este trabalho é constituído por cinco capítulos.

O capítulo 1 descreve os motivos que levaram à realização deste trabalho, bem como o enquadramento e contexto atual. Definem-se ainda os objetivos do trabalho e apresenta-se a metodologia adotada. Este capítulo conclui-se com a descrição da estrutura do projeto.

O capítulo 2 descreve a IDE do LNEG, em termos de produção, estruturação e disponibilização de cartografia geológica.

O capítulo 3 trata da questão da harmonização e interoperabilidade dos dados da cartografia geológica.

O capítulo 4 apresenta o modelo desenvolvido, comparando-o com o INSPIRE GE no que se refere à cartografia geológica. Descreve ainda a metodologia utilizada na estruturação do modelo de dados e respetiva integração na IDE do LNEG, exemplificando com a aplicação à cartografia geológica da Antiforma do Rosário, uma estrutura geológica situada na parte portuguesa da Faixa Piritosa Ibérica. Implementa os processos de geoprocessamento para o cálculo automático das regras de representação necessárias à produção dos mapas litostratigráfico, litológico e de idade da Antiforma do Rosário. Propõe ainda um esquema de codificação da simbologia (cores e padrões) usada na produção de cartas geológicas que permite imediatamente identificar o respetivo símbolo e a regra de representação associada

Finalmente, o capítulo 5 apresenta as conclusões da realização deste estudo, uma breve discussão dos resultados obtidos bem como limitações e desenvolvimentos futuros.

## 2 A INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO LNEG

### 2.1 Introdução

O LNEG é o Laboratório de Estado com áreas de atuação nos domínios da Energia e da Geologia. No âmbito da Geologia, o LNEG sucedeu a outras instituições com outros nomes, cuja missão foi e continua a ser a de um Serviço Geológico Nacional, que se caracteriza pelo desenvolvimento de atividades de aquisição e divulgação do conhecimento da infraestrutura geológica de todo o território português. Estas atividades iniciaram-se em 1848, com a criação da primeira Comissão Geológica (Rebelo, 1998). Nessa altura, tudo estava por fazer e por isso era fundamental a aquisição sistemática do conhecimento geológico, o que só veio a acontecer a partir de 1857. Nesta linha de ação, foram mais tarde, implementados os programas de cartografia geológica sistemática do território nacional nas escalas 1:50 000 e 1:200 000, que permanecem até aos dias de hoje. Cartas geológicas a outras escalas foram também sendo produzidas, com destaque para as cartas nas escalas 1:500 000 e 1:1000 000.

Atualmente, a cartografia geológica sistemática continua a ser uma atividade primordial, uma vez que o território ainda não está completamente coberto. Trata-se de uma atividade fundamental no apoio a diversas atividades económicas, na definição de políticas ambientais e de ordenamento do território (apesar de nem sempre ser reconhecido o seu importante papel pelos decisores políticos). Os constrangimentos económicos que se têm feito sentir, principalmente nos últimos anos, conduziram a um abrandamento nas tarefas de aquisição de novos dados.

Nas últimas décadas tem-se assistido a uma evolução das tecnologias de informação e comunicação (TIC), o que levou à introdução das técnicas digitais e SIG na produção de cartas geológicas (Cunha e Porteiro, 1998), em meados dos anos noventa do século passado. Esta inovação iniciou-se no então Instituto Geológico e Mineiro, com a realização do projeto de conversão analógico-digital da Cartografia Geológica de Portugal à escala 1:25 000, que teve como objetivo incluir a cartografia geológica na rede do SNIG (Cunha e Marnoto, 1998). Este projeto, financiado pelo Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG), permitiu a conversão de 344 minutas de campo à escala 1:25 000, para formatos digitais *Computer-aided design* (CAD) e SIG, constituindo assim a primeira cobertura de cartografia geológica, no formato digital.

Na mesma altura, davam-se também os primeiros passos no desenvolvimento do sistema de informação geocientífica institucional, alavancado pelo *Geological Electronic Information eXchange System* (GEIXS) (Laiginhas et al., 1999), que deu origem ao e-Geo – o Sistema Nacional de Informação Geocientífica (Laiginhas et al., 2005). Este sistema constituiu a

primeira infraestrutura tecnológica de gestão e disponibilização de informação do Serviço Geológico Nacional, e permitia disponibilizar informação geocientífica gratuita, via Internet.

Em pleno século XXI, com o aparecimento de ferramentas como o *Google Earth*, assiste-se a uma mudança de atitude por parte dos “consumidores” de informação geográfica, que incentivou a procura de dados geológicos. Hoje em dia, as pessoas querem ter acesso às cartas geológicas através da Internet, cruzar este tipo de informação com informação geográfica de base e outra, em tempo real, sem necessidade de efetuar descarregamentos, utilizar ferramentas específicas ou pagar por informação antes de saberem se é a mais adequada para o objetivo que procuram.

Às instituições produtoras de cartografia geológica, colocam-se assim novos desafios que se resumem a três vertentes principais: aquisição, gestão e disponibilização dos dados.

A entrada em vigor da Diretiva INSPIRE, e a sua transposição para a lei nacional, veio obrigar as instituições nacionais que gerem informação espacial a cumprirem uma série de requisitos, só possível com a definição de novas metodologias de trabalho, a reformulação das estruturas e procedimentos atuais, a revisão das políticas de cedência de dados, etc.

Estes requisitos, a par dos grandes avanços nas tecnologias WebSIG, levaram o LNEG a desenvolver uma nova IDE, que veio substituir o e-Geo na disponibilização dos dados resultantes da atividade institucional – o geoPortal do LNEG.

De seguida, descreve-se cada uma das vertentes acima referidas, para o caso da cartografia geológica, mostrando-se também o que de novo tem sido feito em termos de aproveitamento das novas tecnologias de informação.

## **2.2 Produção de cartografia geológica**

Atualmente no LNEG, a produção de uma carta geológica inicia-se no gabinete onde o geólogo compila toda a informação existente, desde esboços de levantamentos geológicos já realizados por outros autores e empresas, a levantamentos geofísicos, sondagens, artigos científicos e relatórios técnicos, que complementa com a interpretação de fotografias aéreas, imagens de radar ou mesmo híper-espetrais.

Depois desta preparação, se necessário o geólogo vai para o campo, e munido das suas ferramentas tradicionais, tais como, lápis, borracha, livro de campo, lupa de bolso, martelo, bússola e, modernamente, GPS (*Global Positioning System*) e computador, percorre o terreno, localizando os afloramentos rochosos e traçando na minuta de campo (carta topográfica utilizada no campo) os limites entre os diferentes conjuntos de rochas. No livro de campo vão sendo anotados todos os dados encontrados e recolhidos, considerados úteis para a compreensão da geologia: fósseis, minerais, amostras, estruturas, etc., devidamente

documentados com fotografias. As amostras de rocha ou sedimento recolhidas são enviadas para o laboratório para serem efetuadas as análises necessárias.

Os levantamentos geológicos de base são realizados no campo sobre a Carta Militar de Portugal à escala 1:25 000 do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), através de métodos clássicos.

Segue-se novo trabalho de gabinete, onde o geólogo sobrepõe e analisa toda a informação recolhida no campo, com a informação compilada anteriormente.

Todo este processo envolve uma intensa atividade de investigação científica em vários domínios: Estratigrafia (Oliveira et al., 2004), Paleontologia (Pereira et al., 2008b), Petrologia (Rosa et al., 2008), Geoquímica (Rosa et al., 2004), Tectónica (Silva et al., 1990), etc., que se desenvolve com a colaboração de especialistas, que tanto podem pertencer ao LNEG como a outras Instituições nacionais e internacionais (e.g. universidades, laboratórios, empresas especializadas, etc.)

Este método tradicional de produção de uma carta geológica torna o processo bastante moroso, dependendo o tempo de execução essencialmente da complexidade geológica do terreno.

O LNEG continua a valorizar a produção e venda de mapas em papel, sendo a publicação da cartografia geológica realizada no formato tradicional em papel e dividida em folhas, um dos objetivos principais da UGCG.

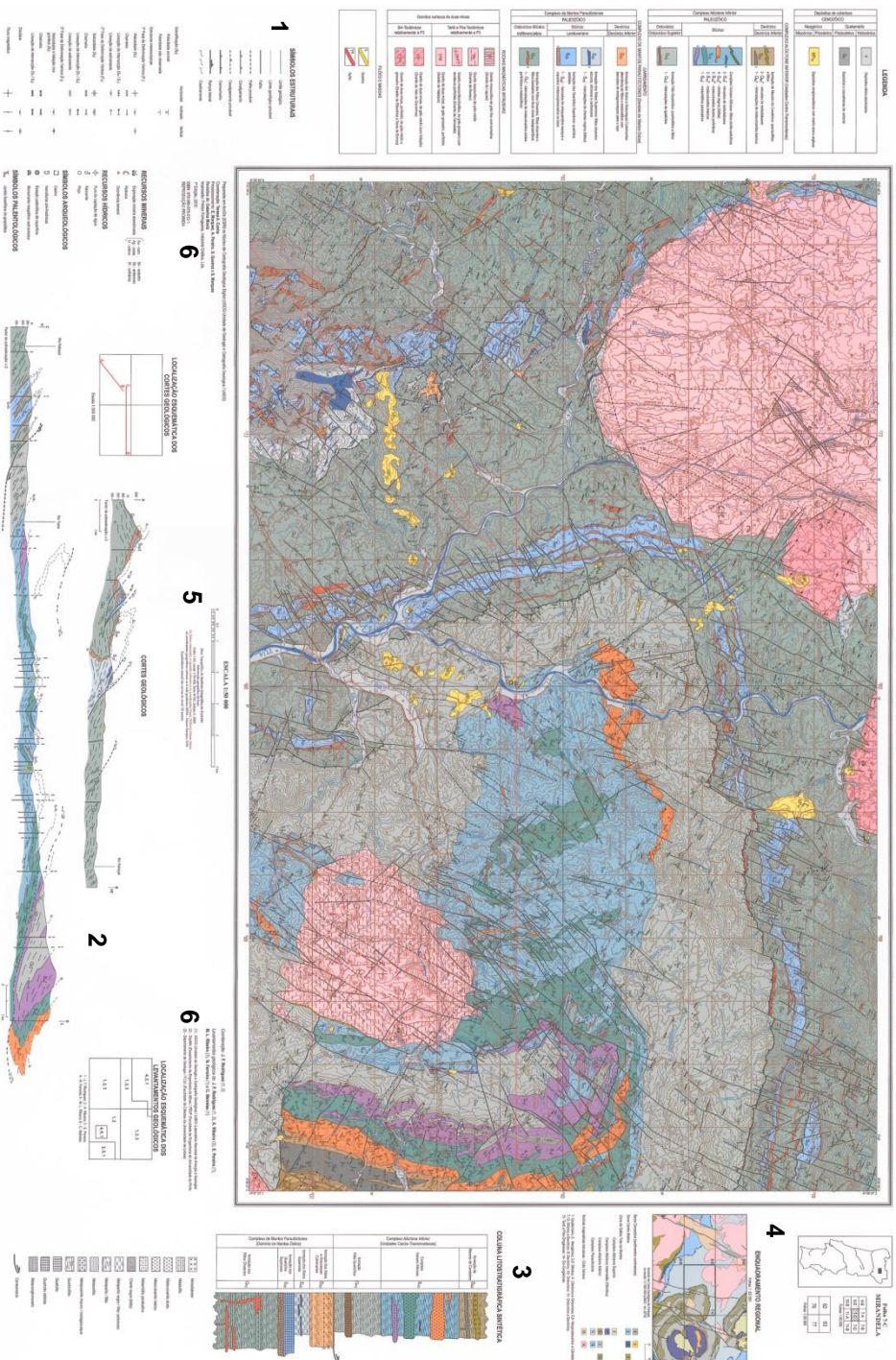
Após a finalização das fases acima descritas, inicia-se o desenho e a preparação para publicação da carta geológica, através de processos inteiramente digitais em ambiente SIG. A introdução destas técnicas na produção de cartografia geológica veio alterar todo o processo, que era até então manual e executado por desenhadores altamente especializados. Este processo consistia basicamente na redução fotográfica, generalização e adaptação dos levantamentos geológicos à carta de base utilizada para publicação da carta geológica, que era na altura a Carta Corográfica de Portugal 1:50 000, do Instituto Geográfico e Cadastral.

Atualmente, a produção de cartografia geológica digital, desde o desenho das minutas de campo, até à preparação do *layout* para impressão em tipografia, é feita com software *ArcGis Desktop* da ©ESRI, por geólogos especialistas em cartografia e SIG. Inicialmente utilizava-se software CAD da ©Bentley (*Microstation*) integrado com o *Modular Gis Environment* (MGE) da ©INTERGRAPH. De referir que a base topográfica utilizada para a publicação da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, é agora a Carta Militar de Portugal do IGeoE. A Figura 2 ilustra um exemplo de uma carta geológica na sua forma final de produção.

Uma carta geológica, produzida com recurso à tecnologia SIG, é constituída essencialmente por um conjunto de diferentes *layers* que se sobrepõem por ordem de representação: Unidades Geológicas, Base Topográfica, Estruturas, Recursos Minerais, Recursos Hídricos, Paleontologia e Arqueologia. Como se pode ver na Figura 2, o *layout* integra a carta geológica com os elementos que fazem parte da marginália, tais como Legendas, Cortes geológicos, Colunas litostratigráficas, Esquema de enquadramento geológico regional, Escala, Sistema de referência de coordenadas e Créditos, dispondo-os de forma organizada e convencionada.

A preparação da pré-impressão da carta fica concluída com a obtenção de um ficheiro PDF (*Portable Document Format*), que é enviado para a gráfica.

A migração do processo manual para o digital traduziu-se em ganhos significativos, em termos da redução dos tempos e custos de desenho e publicação de uma carta geológica. A formação especializada das pessoas que desenvolvem esta atividade é também uma vantagem na medida em que permite obter cartas geológicas mais rigorosas e consistentes. O fato da carta de base ser agora a Carta Militar de Portugal do IgeoE também contribui para a qualidade da carta geológica, uma vez que desde a fase dos levantamentos à fase de publicação, a base utilizada provém da mesma Instituição.



**Figura 2 –** Folha 7C-Mirandela da Carta Geológica de Portugal, reduzida 4,65x. (1) Legendas; (2) Cortes geológicos; (3) Coluna litostratigráfica; (4) Esquema de enquadramento geológico regional; (5) Escala e Sistema de referencição de coordenadas e (6) Créditos

## 2.3 Estruturação dos dados da cartografia geológica

As atividades relacionadas com a produção de uma carta geológica produzem inevitavelmente um importante volume de dados, apenas parcialmente representados nas cartas geológicas em papel. Os restantes dados, independentemente da sua importância e tipo, são impossíveis de colocar neste suporte, quer sejam quantitativos (análises químicas, etc.), qualitativos (descrição pormenorizada dos minerais constituintes das rochas, etc.), ou até visuais (esboços, fotografias, etc.). Atualmente, todo este vasto volume de informação encontra-se maioritariamente em formato analógico, sob a forma de mapas, notícias explicativas, livros de campo, monografias, fotografias, etc., restando apenas uma parte em suporte digital armazenada em BD.

Esta forma de gerir a informação exige aos seus utilizadores um bom conhecimento dos arquivos (só possível após alguns anos de trabalho), disponibilidade de tempo e um grande esforço na sua pesquisa e reutilização. Em alguns casos, o desconhecimento da sua existência pode até levar a nova recolha de informação no campo, com todos os custos de tempo e dinheiro que tal fato acarreta. Noutros casos, poderão existir trabalhos que não incluam toda a informação necessária, uma vez que o seu levantamento atual pode já não ser possível (por impossibilidade de acesso aos afloramentos ou por não existirem meios para o fazer).

Gradualmente, o LNEG tem investido na conversão dos seus arquivos de cartografia, do formato analógico para digital, mas o desenvolvimento de uma BD devidamente estruturada e normalizada, que integre todo o tipo de informação associado à produção das cartas geológicas ainda não é encarado, a nível estratégico, como uma atividade essencial.

Deste modo, na cartografia geológica, a gestão dos dados e informação ainda continua a ser feita através de sistemas de ficheiros, apesar da utilização dos SIG. Os dados estão armazenados num servidor departamental, apenas acessível às pessoas responsáveis pela produção da cartografia geológica digital, inviabilizando o seu acesso partilhado. Para cada carta geológica é criada uma *File Geodatabase*, independente das restantes, e sempre que há necessidade de a consultar e reutilizar em projetos e/ou na produção de cartas temáticas, fazem-se cópias dos dados, normalmente em formato *shapefile*. Esta forma de gerir os dados acarreta múltiplos problemas, de que se salientam:

- Redundância de informação: a existência de múltiplas cópias dos dados, em diferentes servidores departamentais;
- Falta de integridade da informação: não havendo armazenamento centralizado dos dados, existe uma grande probabilidade de as diferentes versões serem inconsistentes;

- Ausência de normas: existem várias formas de designar os nomes dos campos das tabelas (esta constatação é apenas um exemplo entre muitos);
- Inadequado nível de segurança: a inexistência de um armazenamento centralizado pode dar origem à divulgação de documentos reservados; a falta de *backups* regulares pode levar à perda da informação;
- Ausência de uma visão institucional: a falta de uma BD central ou a inexistência de BD que comuniquem entre si, tal como no modelo distribuído, impossibilita a criação de sistemas de informação credíveis.

A utilização dos SIG na produção de cartas geológicas permite integrar de uma forma centralizada toda a informação geológica recolhida, na medida em que permite organizá-la em BD (Tiainen et al., 2008). No entanto, para que o seu acesso seja eficaz e rápido, tal como hoje se exige, as BD devem estar devidamente estruturadas e serem suportadas por SGBD (Sistema de Gestão de Base de Dados Espaciais). Deverá ser possível a qualquer utilizador aceder ao servidor que contém a BD, diretamente ou através de aplicações desenvolvidas para o efeito, devendo a sua interação com a BD (visualização, edição ou administração) depender apenas do nível de acesso que lhe tiver sido atribuído pelo administrador do sistema.

## **2.4 Disponibilização de dados da cartografia geológica**

A carta geológica clássica, de que se apresenta um exemplo na Figura 2, é o documento mais utilizado na preservação e divulgação do conhecimento geológico do País. É assim desde os tempos da fundação da Geologia em Portugal. No entanto, o advento do digital trouxe inúmeras vantagens, que se traduzem nas mais variadas formas de produção, como por exemplo:

- Possibilidade de utilizar e disponibilizar os mapas geológicos noutros formatos, viabilizando a sua aplicação nos mais variados projetos (e.g. Cartografia geológica para a Área Metropolitana de Lisboa e Área Metropolitana de Leiria, projeto do Douro Vinhateiro);
- Venda de cartografia geológica em formato digital, a um universo alargado de utilizadores de informação digital e de SIG. Este fato constituiu uma importante mais-valia em termos financeiros para a Instituição, que começou a vender produtos digitais a partir do ano 2000;
- Possibilidade de disponibilizar os mapas do Serviço Geológico nacional noutras plataformas (como a Internet), e de permitir o seu cruzamento com outros temas e visualização conjunta da informação de instituições congéneres de outros países.

O suporte digital tem vindo a substituir o papel em todas as vertentes de produção de cartas geológicas, e deu ao LNEG a possibilidade de usufruir de uma nova forma de preservar o seu vasto património cartográfico. Contudo, a principal vantagem do digital é a de permitir outras formas de disponibilização dos mapas geológicos (e.g. publicação das cartas geológicas na Internet, uso do correio eletrónico e de serviços de descarregamento, CD ROM) e o desenvolvimento de novas interfaces de trabalho que vão muito para além da simples replicação do papel.

Em vez de modelos padronizados, pouco flexíveis e somente utilizáveis por pessoas devidamente qualificadas, passou a ser possível disponibilizar uma grande variedade de produtos, mais orientados para as necessidades específicas do utilizador e, por isso, não tão exigente do ponto de vista da sua interpretação e aproveitamento. Os produtos variam da carta geológica tradicional, constituída pela sobreposição de todos os *layers* que a integram, até cartas mais simplificadas derivadas daquela, nos formatos imagem (JPEG/TIF) e vetor SIG (*Geodatabase/Shapefile*) ou CAD (Dxf/Dwg/Dgn), limitadas pelos limites convencionais da divisão cartográfica, ou quaisquer outros limites (e.g. limites de freguesia, concelho).

A cartografia geológica também pode ser sobreposta a modelos digitais de terreno, proporcionando assim uma forma diferente de apreciar a geologia de uma determinada região (Ribeiro e Ramalho, 2009). O formato digital permite ainda disponibilizar outro tipo de conjuntos de dados geológicos, que não podem ser obtidos diretamente das cartas geológicas, a não ser com a ajuda de conhecimento especializado (e.g. representação do espaço subterrâneo a três dimensões (3D)).

Para além disso é ainda possível disponibilizar, mais facilmente e a menor custo, relatórios específicos sobre a geologia de determinados locais, com informação tão diversificada quanto o necessário, desde que esteja compilada em BD devidamente estruturadas e que comuniquem entre si, tal como já vem sendo feito no *British Geological Survey* (BGS) com o serviço *GeoReports* disponibilizado na Internet, cuja página de entrada é mostrada na Figura 3.

Os exemplos de possíveis aplicações práticas da cartografia geológica a questões emergentes, que advêm do fato de vivermos em sociedade, são imensos: na resolução de problemas ambientais, na prevenção de catástrofes naturais, no aproveitamento de recursos energéticos, etc. Neste âmbito, o formato digital permite desenvolver novas formas de visualização e análise da geologia. Por este motivo, a cartografia geológica em formato digital passou a ser a atividade nuclear que serve de base a todo o sistema de geoinformação do LNEG e não apenas uma outra forma de desenhar cartas geológicas.

The screenshot shows the BGS GeoReports website. The top left features the BGS logo and the text 'British Geological Survey' and 'NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL'. The main header is 'BGS GeoReports — your starting point for land investigations'. Below this is a quote: "Don't be surprised by geology – get a GeoReport". A central image shows a person in a red shirt and white hard hat working with a large piece of equipment, likely a borehole. Below the image is the text 'Bespoke Point Prognosis reports'. The page is divided into several sections: 'Site navigation' with links like 'GeoReports home page' and 'Choose report type'; 'Standard reports' listing various report types like 'Radon: England and Wales'; 'Bespoke reports' listing 'Bespoke Point Prognosis' and others; and a 'Basket' section indicating 'Your basket is empty'. At the bottom, there is contact information for GeoReports, including a phone number, fax, and email address.

Figura 3 – Página da Internet que dá acesso ao serviço *GeoReports* do BGS (BGS, 2012).

A Internet é, cada vez mais, o meio preferencial para a disponibilização da informação, sendo o geoPortal do LNEG um exemplo disso para o caso da informação geocientífica, dado que atualmente disponibiliza diversas Cartas Geológicas de Portugal, a variadas escalas (1:50 000 e 1:200 000 em formato *raster* e 1:500 000 e 1:1000 000 em formato vetorial). Estas cartas encontram-se disponíveis para consulta e visualização, através de serviços WMS e podem ser consultadas gratuitamente através do Visualizador de Mapas (LNEG, 2012b).

O geoPortal do LNEG pode ainda disponibilizar serviços WFS, que permitem descarregar os dados da carta geológica em formato vetor, de acordo com a política institucional de disponibilização dos dados.

A disponibilização e acesso a dados geológicos espaciais levantam questões legais e de políticas de cedência de dados que estão na ordem do dia (Janssen e Kuczerawy, 2012): Que informação deve ser disponibilizada? Quais os formatos? Em que moldes? Qual deve ser gratuita? Que preços devem ser aplicados? São questões que merecem atenção e devem ser alvo de estudos mais aprofundados. A Diretiva INSPIRE veio dar respostas a algumas delas, que não serão desenvolvidas neste trabalho por estarem fora do seu âmbito.

## 2.5 A Diretiva INSPIRE nas atividades do LNEG

A INSPIRE deve ser encarada pelo LNEG como uma oportunidade, no sentido de melhorar as estruturas de dados espaciais, tirando desse fato mais proveitos em termos do seu

aproveitamento. A INSPIRE vai igualmente permitir uma divulgação mais ampla da geologia, sendo a Internet o meio que o irá permitir.

Para atingir este objetivo, a INSPIRE sublinha a necessidade de, sempre que possível, as Instituições produtoras de dados espaciais recorrerem a especificações, normas, protocolos e linguagens comuns a todos os Estados Membros. Todos estes normativos estão a ser definidos em conjunto por várias organizações internacionais de normalização, tais como a *International Organization for Standardization (ISO)*, nomeadamente o Comité Técnico 211 (TC 211) para a informação geográfica digital, a *Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC)*, o *Comité Européen de Normalisation (CEN)* e o *World Wide Web Consortium (W3C)*.

Embora a ISO e a OGC operem de forma diferente, produzindo diferentes tipos de normas, reúnem esforços num trabalho conjunto para promover a harmonização de elementos de interesse comum. Por exemplo, os serviços WFS, WMS e a *Geographic Markup Language (GML)* da OGC, deram origem às normas ISO 19142, ISO 19128 e ISO 19136, respetivamente (Open Geospatial Consortium, 2012).

O Comité Técnico 287 (TC 287) da CEN tem um papel importante na aprovação e adoção das normas internacionais TC 211 na Europa. Sempre que uma norma ISO é adotada na Europa, é acrescentado o prefixo EN antes do número da norma (e.g. EN ISO 19142).

Em todos os documentos de especificações INSPIRE são tidas em conta diversas normas, nomeadamente as da família ISO 19100 que tratam de informação geográfica digital, de que são exemplos (ISO, 2012):

- A ISO 19125 – *Geographic information – Simple Feature Access*, que uniformiza a maioria dos termos associados aos elementos primitivos das bases de dados SIG: pontos, linhas e polígonos;
- A ISO 19115 – *Geographic information – Metadata*, usada como norma de referência nas especificações para a recolha de metadados dos CDG e a ISO 19119 para os metadados dos serviços de rede;
- A ISO 19128 – *Geographic information – Web Map Service Interface*, um serviço de mapas *Web*, mais conhecido por WMS, que permite a visualização e a integração de mapas (*mashup*), provenientes de diferentes servidores de dados. Com os serviços WMS, o utilizador não acede aos dados, mas sim a uma representação dos mesmos: o mapa é uma imagem;
- A ISO 19142 – *Geographic information – Web Feature Service Interface*, um serviço de mapas *Web*, mais conhecido por WFS, que ao contrário do WMS permite o acesso, *download* e manipulação dos dados;

- A ISO 19136 – *Geographic information – Geography Markup Language*, é recomendada no processo de codificação (*encoding*) da informação geográfica, que consiste na sua tradução para uma linguagem computacional. Esta norma permite a transferência e distribuição na Internet dos CDG entre os vários sistemas de informação (DS-D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, DTDS, 2012). A extensão desta linguagem a outras áreas do conhecimento que lidam com informação espacial, no domínio das ciências geológicas, tem dado origem a normas específicas, de que são exemplos a GeoSciML para a Cartografia Geológica, a EarthResouceML para os Recursos Minerais, a GroundWaterML para a Hidrogeologia, a BoreholeML para as Sondagens, etc.

Um aspeto importante da Diretiva é a sua aplicação apenas aos CDG já existentes em formato digital, não existindo portanto a obrigação de recolha ou digitalização de novos dados.

A Unidade de Informação Geocientífica (UIG) é uma unidade transversal do LNEG, cuja missão consiste em assegurar a estruturação, implementação, gestão e disponibilização da informação geocientífica. A UIG tem desempenhado um papel de coordenação das ações de um grupo de trabalho, criado para pôr em marcha a implementação da INSPIRE no LNEG, e assim cumprir com as disposições de execução que vão sendo aprovadas pelo Comité Europeu.

A primeira ação deste grupo de trabalho foi a de identificar, junto do Ponto de Contato Nacional INSPIRE, os conjuntos de dados e serviços da responsabilidade da Instituição. Na Tabela 2 estão esquematizados todos os CDG e serviços da responsabilidade do LNEG, que integram os Anexos II e III da INSPIRE.

A segunda ação consistiu na produção dos metadados para aqueles CDG e serviços, tendo sido utilizado o editor de metadados para informação geográfica nacional (MIG), que se baseia no Perfil MIG criado pelo IGP. Esta ferramenta permite criar metadados normalizados e conformes com a Diretiva INSPIRE. Na criação dos metadados para a geologia foram sentidas algumas dificuldades, como por exemplo a falta de listas controladas de palavras-chave.

A terceira ação refere-se à criação dos vários serviços de dados institucionais de pesquisa, visualização e *download*. Para implementação destes serviços a UIG utiliza o *ArcGis Server*, podendo estes serviços ser posteriormente visualizados no geoPortal do LNEG, ou integrados nos SIG de outras instituições, através de um *Uniform Resource Locator* (URL) próprio.

O geoPortal do LNEG é uma plataforma web, constituído por três componentes principais: (1) *Pesquisa de Metadados*; (2) *Bases de Dados Online*; (3) *Visualizador de Mapas*.

A *Pesquisa de Metadados* é um serviço de pesquisa *Catalogue Service Web (CSW)* (OGC, 2012d), que se baseia no Catálogo de Metadados de CDG e serviços de mapas institucionais. Este catálogo dá a conhecer a existência e disponibilidade da informação espacial do LNEG e também constitui um registo centralizado dessa mesma informação. Cada metadado possui um URL único que o localiza na Internet através de um registo no catálogo.

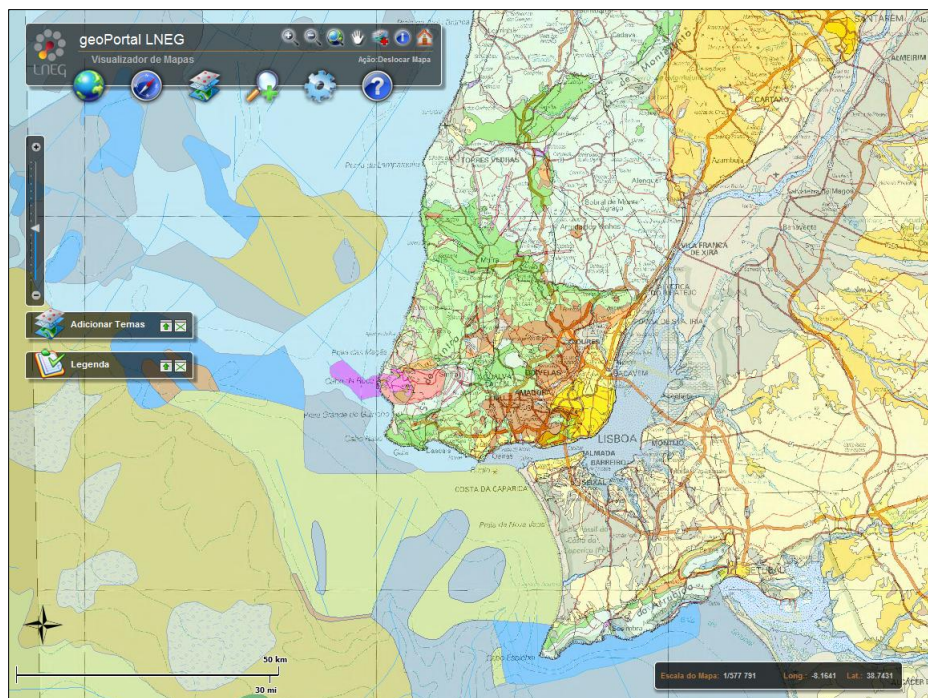
A componente *Bases de Dados Online* disponibiliza um conjunto de aplicações que possibilitam a consulta, acesso e análise de dados institucionais.

O *Visualizador de Mapas* permite a consulta da informação espacial do LNEG, sob a forma de mapas, e ainda efetuar o cruzamento e análise da informação com outros dados provenientes de outras instituições, ou inseridos pelo utilizador.

	<b>Conjuntos de dados geográficos</b>	<b>Serviços</b>
<b>Anexo II</b>	<p><b>II.4 Geologia</b></p> <p><b>Recursos Hidrogeológicos</b>            Cartas Hidrogeológicas de Portugal à escala 1:200 000            Carta das Fontes e do Risco de Contaminação da Região de Entre-Douro-e-Minho</p> <p><b>Cartografia Geológica e Temática</b>            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            Carta Geológica de Portugal à escala 1:200 000            Carta Geológica 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            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</p>	<p>Geoportal do LNEG            Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000 (WMS)            Carta Geológica de Portugal à escala 1:1 000 000 (WMS)            Base de Dados dos Recursos Hidrogeológicos (WMS)</p>
<b>Anexo III</b>	<p><b>III.12 Zonas de risco natural</b>            Carta Neotectónica de Portugal, à escala 1:1 000 000</p> <p><b>III.21 Recursos minerais</b>            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</p>	<p>Geoportal do LNEG</p> <p>Geoportal do LNEG            Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses - SIORMINP (WMS)</p>

**Tabela 2** – Conjuntos de dados geográficos e serviços da responsabilidade do LNEG (SNIG, 2012a).

Na Figura 4 pode observar-se um extrato da Carta Geológica de Portugal à escala 1:1000 000, publicada no geoPortal do LNEG através de um serviço WMS e que pode ser vista no *Visualizador de Mapas*.



**Figura 4** – Visualizador de mapas do geoPortal do LNEG. Exemplo de um excerto da Carta Geológica de Portugal 1: 1000 000, edição 2010 do LNEG, sobreposta à Carta de Portugal 1:500 000 do serviço de mapas do IGP (LNEG, 2012b).

Além da disponibilização dos seus metadados no geoPortal, o LNEG procede ainda à sua publicação no Catálogo de Informação Geográfica Nacional do SNIG (SNIG, 2012b), que funciona como uma BD de todos os metadados de informação geográfica do território nacional. A publicação dos metadados no SNIG é feita por *harvesting*, que consiste num sistema em que os metadados são guardados num diretório *web* do LNEG, e periodicamente o do SNIG analisa a data de publicação dos metadados e carrega todos aqueles que são posteriores à última data do *harvesting*.

O *harvesting* é a ferramenta adequada para a partilha de metadados com o SNIG, dado que a atualização dos metadados é controlada inteiramente pelo LNEG e os dados encontram-se sempre atualizados no SNIG.

A quarta ação consiste na harmonização dos CDG com as especificações que forem adotadas pela INSPIRE. Uma vez que as especificações de dados finais para o tema Geologia ainda não foram aprovadas, o presente trabalho constitui uma importante base de trabalho para a implementação desta ação, sendo um primeiro esboço (baseado numa versão preliminar) para o desenho da futura BD a implementar na produção de cartografia geológica.

No contexto da INSPIRE o processo de harmonizar os CDG pode ser alcançado de duas formas: (1) Adaptando a BD existente ao modelo de dados INSPIRE GE, normalizado e harmonizado por toda a Comunidade Europeia; (2) Criando serviços de transformação que efetuam o mapeamento entre os dados de origem e o esquema de BD INSPIRE, o que significa que os dados originais podem permanecer inalterados (Open Geospatial Consortium, 2012).

A quinta e última ação consistirá na disponibilização dos CDG e serviços normalizados e harmonizados em toda a Comunidade Europeia, permitindo dessa forma a sua interoperabilidade. De acordo com o calendário INSPIRE esta ação terá de ocorrer até 2020.

## 2.6 Síntese conclusiva

O método de produção de mapas geológicos no LNEG tem evoluído ao longo dos anos, e de forma mais significativa com a introdução de novas tecnologias de informação, de que são exemplo as técnicas de aquisição de dados através da interpretação de imagens de satélite (Pereira et al., 2008a), a utilização dos SIG no desenho, processamento, análise dos dados e preparação da pré-impressão e o aparecimento de novas e cada vez mais potentes soluções WebSIG, que têm promovido a intensificação da partilha e integração de dados espaciais, de que o geoPortal do LNEG é um exemplo.

A par destas tecnologias que têm vindo a ser usadas, umas com mais sucesso do que outras, existem algumas que têm sido testadas pontualmente, nomeadamente as plataformas portáteis de aquisição de dados com *Personal Digital Assistant* (PDA) ou computador portátil, equipado com GPS. Estas ferramentas merecem uma atenção cuidada, na medida em que podem ser uma mais-valia em projetos internacionais que o LNEG pode vir a integrar (e.g. Planageo).

Em relação à INSPIRE, pode dizer-se que o LNEG está no bom caminho se bem que ainda agora o iniciou. A sua implementação no LNEG tem seguido uma abordagem por fases, em consonância com o esquema do modelo de referência INSPIRE (Architecture and Standards Working Group, 2002). Primeiramente foram produzidos e recolhidos os metadados dos CDG e serviços geridos pelo LNEG. Em paralelo, foi implementado o geoPortal do LNEG, que disponibiliza um conjunto de serviços de pesquisa, visualização e descarregamento para esses mesmos dados.

Logo após a aprovação, pelo Comité INSPIRE, das disposições de execução relativas às especificações de dados para a Geologia, que está previsto acontecer até final de 2013, o LNEG tem um período de dois anos para disponibilizar os dados novos, e de sete anos para os restantes. Em paralelo deverá proceder gradualmente à harmonização dos CDG, de forma a torná-los interoperáveis em toda a Europa.

Em relação a este ponto, a INSPIRE prevê duas formas de o concretizar, através da criação de serviços de transformação, ou pela reestruturação dos CDG de acordo com o modelo proposto pelas especificações INSPIRE.

No próximo capítulo será descrita a abordagem adotada neste trabalho e serão apontadas as razões que o justificam.

## 3 INTEROPERABILIDADE E CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

### 3.1 Introdução

As técnicas subjacentes à realização de cartografia geológica fazem parte do conhecimento geral dos geólogos. As áreas a mapear apresentam condições variáveis de afloramento do substrato rochoso, que pode estar coberto por solos, vegetação mais ou menos densa, aglomerados urbanos, etc.. Num cenário como este, o geólogo não dispõe de todos os elementos para desenhar no mapa os vários objetos que constituem uma carta geológica. O mais comum é existirem apenas alguns afloramentos, considerados elementos-chave, que permitam estudar as características geológicas das rochas, identificar eventuais formações geológicas distintas, traçando assim o seu contato. O estudo planeado dos vários afloramentos possibilita o estabelecimento de comparações entre as características geológicas das formações presentes, estabelecendo-se assim a respetiva extensão e representação na área a mapear. O conjunto de dados obtidos, conjugado com outra informação disponível para a região (e.g. geofísica, geoquímica, fotografias aéreas, sondagens), e aliados à experiência e conhecimento do geólogo, permitem elaborar um modelo mental 3D da geologia da região, ou mesmo modelos a quatro dimensões (4D), sempre que seja possível considerar o fator tempo.

Porém, uma carta geológica resulta essencialmente da transferência dos modelos 3D ou 4D, idealizados pelo geólogo, para a representação plana a duas dimensões (2D). Atualmente, são vários os projetos de investigação em modelação espacial que recorrem a software de modelação para representar a geologia em 3D e 4D (Calcagno et al., 2008; Caumon, 2010; Mallet, 2004; Zanchi et al., 2009). Contudo, seja qual for o método e o suporte utilizado para representar a informação geológica, o resultado tem sempre uma componente de abstração suscetível de condicionar a interpretação final.

Uma carta geológica é assim, um modelo de representação da geologia de uma determinada região, cuja conceção depende, essencialmente, dos seguintes fatores:

- Da quantidade e qualidade dos afloramentos que são possíveis de observar no campo, pois como foi dito o geólogo pode não ter acesso às unidades geológicas que afloram na região;
- Do melhor ou pior entendimento das interpretações dos diversos intervenientes, muitas vezes baseadas na “intuição geológica” de cada um, particularmente quando há escassez de afloramentos ou dificuldade na recolha de dados;
- Da evolução do conhecimento no domínio da Geologia, muito acelerado a partir do estabelecimento da teoria da Tectónica das Placas, nos anos sessenta do século passado;

- Da escala de representação, uma vez que o detalhe e rigor dos levantamentos geológicos de uma carta geológica de grande escala são muito maiores do que quando são realizados a uma escala menor;
- Da base topográfica utilizada em todas as etapas de produção, uma vez que esta interfere diretamente na representação dos vários elementos geológicos presentes numa carta geológica;
- Da tecnologia utilizada na sua produção.

Neste capítulo faz-se uma síntese das principais normas aplicadas à cartografia geológica, e da evolução que tem ocorrido neste domínio. A participação do LNEG em projetos internacionais, tem contribuído para a capacitação da Instituição na adoção de *standards* de dados e serviços, essencial para o cumprimento da Diretiva INSPIRE.

Um aspeto igualmente importante para que o LNEG cumpra com esta Diretiva é a harmonização dos dados da cartografia geológica em relação ao modelo de dados INSPIRE, de modo a assegurar a sua interoperabilidade. No ponto 3.3, descreve-se uma metodologia a aplicar na harmonização dos dados da cartografia geológica.

A par do processo de harmonização dos dados da cartografia geológica, a INSPIRE recomenda a verificação da consistência dos dados a outros níveis que serão apresentados também no ponto 3.3.

### **3.2 Convenções e normas na cartografia geológica**

A necessidade de representar num plano as entidades geológicas presentes na natureza, com o maior rigor possível e legibilidade, obrigou à formalização de uma “linguagem” própria, baseada em códigos e símbolos, que foi sendo desenvolvida ao longo dos séculos.

O *International Geological Congress* (IGC) nasceu em 1878, com a intenção de promover um fórum para a uniformização da nomenclatura e símbolos geológicos usados nos mapas e relatórios (Riccardi, 2011).

Cerca de um século mais tarde, o trabalho da *International Subcommission on Stratigraphic Classification* (ISSC) da IUGS levou à publicação do *International Stratigraphic Guide* (ISG) em 1976, que resultou do consenso da comunidade internacional de geociências acerca dos princípios, regras, métodos e nomenclatura a aplicar na definição da sequência estratigráfica global.

Este trabalho da ISSC permitiu assim a criação de um código de boas práticas, “*a recommended approach to stratigraphic classification, terminology and procedure – not as a “code”*” (Murphy e Salvador, 1999), para ser usado na produção de cartografia geológica.

Para além do ISG, a IUGS tem também promovido e financiado diversos trabalhos desenvolvidos por outras subcomissões, das quais se destacam duas pelo papel que têm tido na unificação dos vários sistemas de classificação das rochas ígneas e metamórficas:

- *A Subcommission on the Systematic of Igneous Rocks*, a quem se deve o trabalho - *Classification and nomenclature of Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms* (Maitre, 2002);
- *A Subcommission on the Systematic of Metamorphic Rocks*, a quem se deve o trabalho - *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms* (Fettes e Desmons, 2007).

De destaque é também o trabalho da *International Commission on Stratigraphy* (ICS) da IUGS no desenvolvimento e manutenção do *International Stratigraphic Chart* (ISC) (International Union of Geological Sciences, 2012), que resulta na publicação anual de uma nova versão. No Anexo 1 apresenta-se a versão de 2012 deste documento que é designado em português por Tabela Estratigráfica Internacional.

A Tabela Estratigráfica Internacional é uma ferramenta fundamental para a cartografia geológica, na medida em que representa a sucessão no tempo das unidades cronostratigráficas formalizadas a nível mundial e hierarquizadas em função das idades e de acontecimentos geológicos de importância mundial reconhecidos nas rochas. Esta hierarquia consiste numa nomenclatura específica, Éon, Era, Período, Época e Idade, utilizada para designar o tempo e correspondentes Eonotema, Eratema, Sistema, Série e Andar para designar as sucessões estratigráficas formadas durante esse tempo, respetivamente. A Tabela 3 representa a hierarquia que existe entre estes termos.

<b>Unidades cronostratigráficas</b>	<b>Unidades geocronológicas</b>	<b>Nome em Português</b>	<b>Idade em Ma</b>
Eonotema	Éon	Fanerozóico	0,0 a 542,0
Eratema	Era	Paleozóico	251,0 a 542,0
Sistema	Período	Devónico	359,2 a 416,0
Série	Época	Devónico Superior	359,2 a 385,3
Andar	Idade	Fameniano	359,2 a 374,5

**Tabela 3** – Representação hierárquica das unidades estratigráficas definidas na ISC, com indicação de alguns exemplos em português e respetiva idade em milhões de anos (Ma).

O trabalho de campo e investigação geológica associada visam essencialmente, reconstituir a história geológica de uma região, País, Continente, e em última análise da Terra, a partir de dados pontuais e dispersos no espaço e no tempo.

Uma analogia interessante e de fácil compreensão consiste em comparar a Terra a um livro, em que faltam a maior parte das folhas. O ISC é uma escala de tempo onde se assinala, de forma tão contínua e completa quanto possível, o resultado da restituição de cada uma das

folhas ao livro, que contêm os acontecimentos geológicos de importância mundial, que ocorreram na Terra desde a sua formação, há 4 600 Ma, até à atualidade.

Na ISC cada unidade de tempo é representada por uma cor, cujos códigos RGB – *Red, Green, Blue* e CMYK – *Cyan, Magenta, Yellow, Black* são definidos pela *Commission of the Geological Map of the World* (CGMW). Estas cores só se aplicam às formações sedimentares e metamórficas por serem as únicas rochas que conservam estruturas suscetíveis de se poder proceder à reconstrução da sua posição original – os estratos ou camadas. Segundo o Princípio da Horizontalidade Original de Nicolaus Steno (1638-1686), a formação dos estratos ocorre sempre próximo da horizontal, paralelamente à superfície de deposição.

A génese das rochas ígneas não segue o Princípio da Horizontalidade Original, pelo que os critérios para a sua classificação são completamente diferentes dos das rochas sedimentares e metamórficas. A representação destas rochas nas cartas geológicas obedece a sistemas de classificação, baseados na composição química, na composição mineralógica e na dimensão dos minerais e sua disposição espacial (textura), adotados em cada País segundo convenções próprias. Por exemplo, em Portugal a cor usada, para representar um granito, é o rosa, mas noutros países é o vermelho.

De acordo com a IUGS, o ISC é um “*standard of reference for the dating rocks everywhere and for relating rocks everywhere to world geologic history*” (International Subcommittee on Stratigraphic Classification, 1994), e como tal deve ser adotado como norma no processo de comunicação no seio da comunidade geocientífica (Riccardi, 2011).

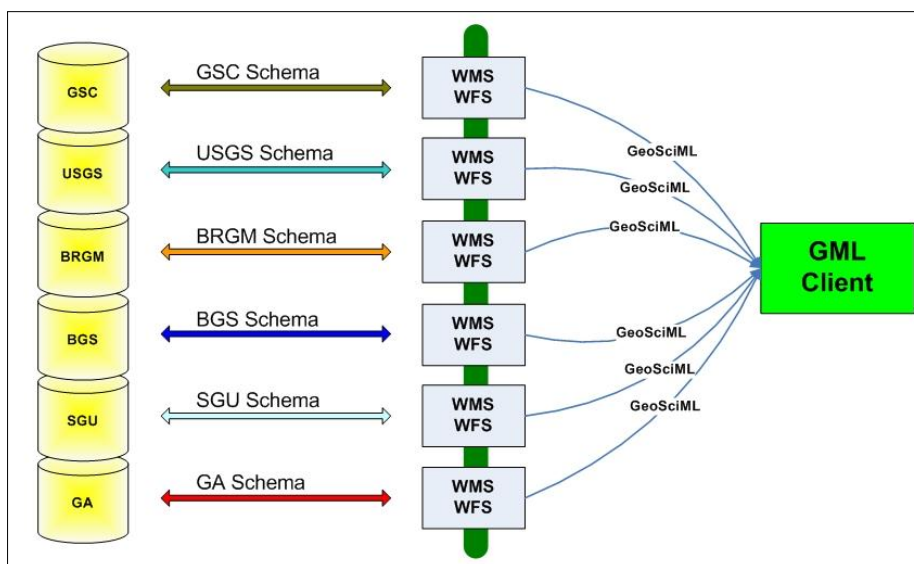
Com o crescimento exponencial da Internet e com o surgimento dos modernos WebSIG (que permitem a consulta de informação geocientífica de modo muito fácil e rápido), começou a ser possível cruzar dados de diversas proveniências, através destas tecnologias. Neste contexto, começaram a surgir necessidades de normalização e harmonização de dados e serviços com vista à partilha dos mesmos e à interoperabilidade dos sistemas de informação geocientífica dos vários Serviços Geológicos mundiais.

A CGI é uma comissão da IUGS, criada para o estudo e criação de normas relativas à interoperabilidade de informação geológica entre os vários serviços geológicos mundiais e outras entidades de âmbito geocientífico. O início dos trabalhos deu-se num encontro internacional de Serviços Geológicos de vários Países que ocorreu em Edimburgo em 2003. A CGI tem tido um papel fundamental no estabelecimento de uma infraestrutura interoperável de dados geológicos digitais a nível europeu.

A sua ação deve-se ao trabalho do *Interoperability Working Group* (CGI/IWG) constituído por membros do BGS (*British Geological Survey*, Inglaterra), BRGM (*Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, França), CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*, Austrália), GA (*Geoscience Australia*), GSC (*Geological Survey of*

Canada), APAT (*Italian Agency for Environmental Protection and for Technical Services*, Itália), JGS (*Japanese Geological Survey*), SGU (*Geological Survey of Sweden*) e do USGS (*United States Geological Survey*).

A CGI/IWG tem vindo a desenvolver um modelo concetual comum para as geociências que está na base da norma GeoSciML, também desenvolvida por este grupo, para transferir dados geocientíficos armazenados nas diferentes BD através da Internet (ver Figura 5).



**Figura 5** – O papel do GeoSciML na disponibilização de dados geocientíficos na web, (Laxton, 2008).

Na Figura 5 estão representados os sistemas de informação de alguns serviços geológicos, com diferentes BD a comunicar para o exterior. A estruturação dos dados é diferente em cada Serviço Geológico, estando dependente de muitos fatores, entre os quais o SIG que têm implementado. O formato de saída dos mapas e restante informação associada também varia de país para país. Estes motivos, associados à falta de normalização e harmonização da informação, contribuem para o aparecimento de dificuldades que se manifestam a vários níveis, sempre que é necessário partilhar informação entre diferentes serviços geológicos, (e.g. sistema, sintaxe, estrutura, semântica e representação).

A CGI/IWG iniciou a resolução deste problema com o desenvolvimento de um modelo concetual de dados, comum e normalizado (que adota várias normas internacionais) para as geociências, com base em modelos já existentes e a funcionar, resultantes dos muitos anos de trabalho de alguns Serviços Geológicos no desenvolvimento de BD. A ideia subjacente ao desenvolvimento deste modelo de dados é a de tornar possível a comunicação entre as BD, já implementadas nos vários Serviços Geológicos, de forma coerente e harmonizada (Laxton, 2008).

Portanto, o modelo CGI resulta da discussão e trabalho de um grupo internacional que começou por definir as entidades a modelar (e.g. falhas), suas propriedades (e.g. direção e

sentido do movimento) e relações entre elas (e.g. as falhas são um tipo de estruturas geológicas). Inicialmente foi decidido que o modelo iria abarcar os aspetos e conceitos que constituem as principais componentes de um mapa geológico, tais como as unidades geológicas, as estruturas geológicas, a litologia, a idade mas também as sondagens e os dados resultantes das observações e medições no campo e laboratório. O modelo tem evoluído, sendo que a versão mais atual é a 3.0, com a incorporação de outras componentes que normalmente não estão representadas numa carta geológica (e.g. geomorfologia). Este modelo é muitas vezes designado por GeoSciML (GeoSciML, 2012).

Simultaneamente foi preciso resolver a falta de harmonização dos significados dos termos geológicos e classificações das rochas usadas nas cartas geológicas. Por exemplo, um argilito segundo a escala de Wentworth (Wentworth, 1922) aplica-se a uma rocha em que mais de 50% dos seus constituintes (minerais de argila) têm dimensões inferiores a 0,004 mm. No entanto, segundo a norma ISO 14688 (usada na classificação dos solos), um argilito é uma rocha em que mais de 50% dos seus minerais têm dimensões inferiores a 0,002 mm. Para evitar este tipo de discrepâncias, em que o mesmo termo tem um significado diferente, e outras em que vários termos são usados para designar o mesmo conceito, o *Concept Definition Working Group* (CDWG) da CGI/IWG desenvolveu uma série de vocabulários controlados para serem usados por todos os serviços geológicos. O trabalho deste grupo continua em franco desenvolvimento de modo a contemplar outros termos que ainda não foram incluídos nos vocabulários. Para a litologia já existem dois vocabulários: o *Lithology 200811* e o *Lithology 201012*, lançados em Novembro de 2008 e em Dezembro de 2010, respetivamente.

Um vocabulário controlado é uma lista de termos e respetivas definições, a que se pode juntar outro tipo de informação, tais como sinónimos, as referências bibliográficas de origem de cada termo e relações hierárquicas entre eles. Um vocabulário é controlado quando, a juntar a toda esta informação, existe um URI (*Uniform Resource Identifier*) único para cada termo. Um URI é um recurso que permite identificar, independentemente da localização geográfica, cada um dos termos numa espécie de catálogo de conceitos gerido e mantido por uma instituição. Por exemplo, o URI para localizar o argilito é <http://resource.geosciml.org/classifier/cgi/lithology/argilite>, que identifica e caracteriza a rocha designada argilito no “catálogo” *lithology* da CGI, seja qual for o idioma de pesquisa.

Os vocabulários foram compilados e desenvolvidos em aplicações *opensource* (e.g. Protégé) que utilizam modelos SKOS-RDF (*Simple Knowledge Organization System - Resource Description Framework*), uma norma do W3C que especifica a linguagem usada no domínio da Semântica para a Web (Berners-Lee et al., 2001; Hendler, 2003).

Os vocabulários geológicos variam de simples léxicos, taxonomias, *thesaurus* a ontologias desenvolvidos por especialistas do domínio do conhecimento da Geologia.

Um léxico é uma listagem de termos e respectivas definições. Um exemplo bem conhecido no domínio da Geologia é o *Glossary of Geology* do *American Geoscience Institute* (Neuendorf et al., 2005).

A taxonomia é um tipo de vocabulário mais desenvolvido que um léxico, cujo exemplo mais conhecido é a de Lineus, que classifica hierarquicamente os seres vivos existentes na Terra.

Um *thesaurus* é um vocabulário que pode acrescentar mais relações para além das estabelecidas numa taxonomia. No domínio da Geologia um exemplo é o *Multilingual Thesaurus of Geosciences* (Gravesteyn et al., 1995), que tem cerca de 6000 termos geológicos em língua inglesa, agrupados em categorias, e traduzidos para o francês, alemão, italiano, russo e espanhol.

Gruber (1993) e Guarino (1997) definem ontologias como especificações explícitas de conceitos necessárias para a partilha entre sistemas do conhecimento de um determinado domínio – “*ontology as shared conceptualizations of domain knowledge*”. As ontologias são teorias lógicas que explicam como um indivíduo, grupo, linguagem ou ciência entende um determinado domínio, através de vocabulários próprios que definem entidades, classes, propriedades, predicados, funções e relações entre os diferentes tipos de associações: de equivalência (sinonímia), de especificidade (contido em) ou generalidade (contém), entre outros (Fonseca et al., 2000).

Atualmente, a tecnologia SKOS é cada vez mais usada em Geologia, vejam-se os exemplos da sua aplicação em projetos (e.g. 1G-E, AuScope, GEON), e que constam na bibliografia (e.g. Ludascher et al., 2003; Ma et al., 2012; Woodcock et al., 2010).

Os vocabulários desenvolvidos pelo CDWG estão disponíveis na Internet (CGI, 2012), tendo sido usados na implementação do modelo desenvolvido neste trabalho, uma vez que a definição dos vocabulários INSPIRE ainda não está concluída. Cada um dos termos utilizados tem um URI ou um URN (*Uniform Resource Name*), que gradualmente está a ser substituído pelo URI.

Ao nível da sintaxe, o CGI/IWG desenvolveu uma linguagem de marcação que já é uma norma no processo de transferência *online* de dados da cartografia geológica - o GeoSciML. O objetivo primordial foi desenvolver uma forma simples e normalizada de codificar os elementos básicos da cartografia geológica do tipo polígono, linha e ponto. Ao fazê-lo acabou com as diferentes formas possíveis de codificação (*encoding*) da mesma informação (diferentes para cada software), dando assim um passo decisivo para a interoperabilidade entre dados provenientes de vários Serviços Geológicos.

Para os casos em que já existe um modelo de dados implementado, o GeoSciML funciona como uma interface no estabelecimento de correspondências entre os objetos da BD

original e o modelo CGI, de maneira a preservar a estrutura da BD original. Nos casos em que não existe um modelo de dados formalizado, o procedimento passa pela reestruturação dos próprios dados, de acordo com o esquema proposto pela CGI/IWG.

No âmbito do projeto 1G-E, o modelo de dados usado derivou do modelo CGI/IWG, em que apenas foram selecionadas as entidades e propriedades necessárias ao projeto (Serrano et al., 2009).

O GeoSciML também serviu de base para o desenvolvimento do modelo INSPIRE GE pelo TWG para o tema da Geologia, para o que muito contribuiu o facto de ter sido construído de acordo com as normas internacionais. No entanto, existem outros requisitos que têm de ser cumpridos de acordo com as especificações técnicas da INSPIRE (DS-D2.5: Generic Conceptual Model, DTDS, 2010; DS-D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, DTDS, 2012).

Bem menos conhecidas são as normas ISO 710-1 à 710-7 (ISO, 1974a, b, c, 1982, 1984a, b, 1989), que contêm um conjunto de símbolos gráficos elementares para representar as principais rochas sedimentares, ígneas e metamórficas, assim como os elementos estruturais e minerais, em mapas, plantas e cortes geológicos. O objetivo destas normas, não é o de representar todas as combinações de símbolos possíveis, uma tarefa quase impossível de concretizar devido à enorme variedade de rochas que existe na natureza, mas formalizar um conjunto de regras para serem usadas de forma consistente, sempre que há necessidade de criar novas combinações de símbolos a partir de um conjunto de símbolos elementares.

A Norma do *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) dos Estados Unidos da América, *Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization* (Federal Geographic Data Committee, 2006), constitui uma referência para o desenvolvimento de um catálogo nacional ou mesmo europeu de símbolos e procedimentos na preparação digital de cartografia geológica, no âmbito da INSPIRE.

Um estudo efetuado pelo *Forum of European Geological Surveys Directors* (FOREGS) (Jackson e Asch, 2002) revelou que a maior parte dos Serviços Geológicos europeus não utilizavam as normas internacionais na produção digital das cartas geológicas, e que existiam muitas normas que foram sendo desenvolvidas, umas (poucas) de carácter nacional e outras que são usadas apenas por uma Instituição, existindo mesmo casos de utilização simultânea de várias normas dentro de uma mesma Instituição.

As respostas aos questionários elaborados por aqueles autores revelaram que a norma internacional mais utilizada era o ISC, para designar os termos relativos às idades das rochas.

No entanto, apesar do ISC ser uma norma internacional nem sempre é respeitada como tal. A “confusão” é tão grande que já se sentiu a necessidade de desenvolver uma BD para estabelecer as equivalências entre os termos da ISC e os usados, quer no passado quer atualmente, por diferentes regiões - a *GeoWhen Database* (Rohde, 2003 - 2005). No texto introdutório do site deste projeto pode ler-se “*Welcome to the GeoWhen Database, an attempt to sort out the mess that man has made of the geologic timescale*”.

Se é assim em relação às idades, embora a tendência seja cada vez mais a de adotar a norma, também é assim em relação às cores, ou seja, cada país tem o seu sistema de cores próprio que aplica nas suas cartas geológicas, apesar de a recomendação ser a de usar os códigos da CGMW. Por exemplo, se é verdade que, de uma maneira geral, os polígonos azuis numa carta geológica de um País europeu, indicam formações geológicas do Jurássico, já não é assim para a América do Norte que usa a cor verde, que por sua vez é usada nas cartas geológicas europeias para indicar as formações cretácicas.

O trabalho da CGI/IWG é posterior ao estudo da FOREGS, e tem sido determinante para a capacitação dos Serviços Geológicos na adoção de vários tipos de normas: normas de jure (*de jure standards*), certificadas por instituições de normalização como a ISO/TC211 e a CEN/TC 287, e normas de facto (*de facto standards*), que ainda não foram formalizadas pelas instituições de normalização, mas que devido à sua utilização global são consideradas normas (e.g. *shapefile, dxf*).

A entidade responsável pela certificação das normas em Portugal é o Instituto Português de Qualidade (IPQ), na Alemanha é o *German Institute for Standardization* (DIN), em Inglaterra é o *British Standards Publications* (BSI), nos Estados Unidos da América é o *American National Standards Institute* (ANSI), etc. Estas entidades são responsáveis pela criação de normas nacionais, no entanto, atualmente já dão prioridade às normas internacionais caso elas existam. Por exemplo, quando uma norma ISO é adotada em Portugal ela é traduzida para o português e à designação da norma é acrescentado o prefixo NP.

### **3.3 Interoperabilidade e harmonização dos dados**

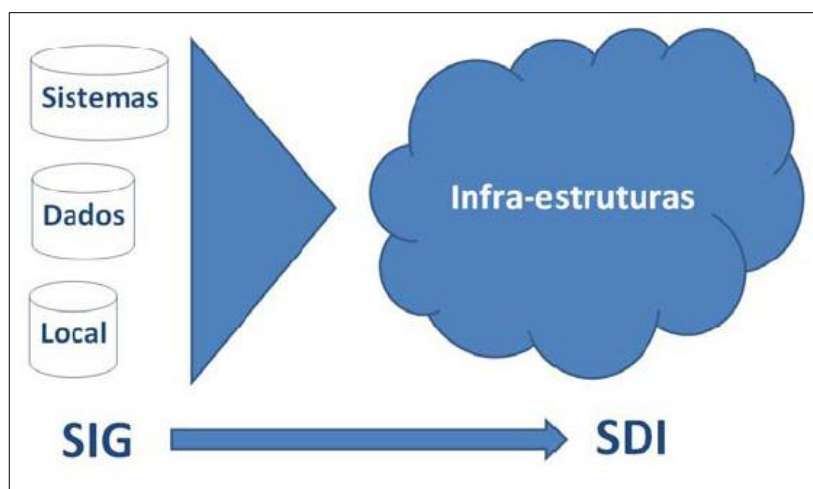
Enquanto o objetivo da UGCG foi apenas normalizar procedimentos para publicação de cartas geológicas em papel, a tecnologia SIG permitiu obter ganhos de eficácia (redução drástica do tempo de execução) e eficiência (redução drástica dos custos de produção), relativamente aos métodos tradicionais usados anteriormente.

No entanto, a substituição gradual do papel pelos produtos digitais, aliada à tendência global da sua disponibilização pela Internet, atraiu um novo tipo de utilizadores mais exigente, que coloca maior ênfase na análise e geoprocessamento da informação do que na simples visualização. Esta mudança tem obrigado a uma adaptação constante da tecnologia

utilizada, ao *reskilling* e ao aumento de *know-how* de todos os intervenientes no processo de produção de uma carta geológica.

A participação do LNEG em projetos internacionais (e.g. 1G, 1G-E, GeoSeas, EuroGeosource, ProMine) tem contribuído para esta mudança, e está a ser determinante para a capacitação da Instituição na adoção de *standards* de dados e serviços.

Segundo Julião (2010), estamos perante uma mudança de paradigma no que se refere à produção, gestão, exploração e disseminação da informação geográfica, onde há um papel preponderante das IDE (ver Figura 6).



**Figura 6** – Mudança de paradigma: dos SIG à IDE (SDI de *Spatial Data Infrastructure*) (Julião, 2010).

A futura (breve) necessidade de implementar no LNEG uma infraestrutura de informação geológica, que cumpra com as disposições de execução da Diretiva INSPIRE, vem reforçar a necessidade de adoção de normas internacionais de forma a tornar possível a interoperabilidade dos sistemas e dos dados usados.

A INSPIRE define interoperabilidade como “a possibilidade de os conjuntos de dados geográficos serem combinados, e de os serviços interagirem, sem intervenção manual repetitiva, de tal forma que o resultado seja coerente e o valor acrescentado dos conjuntos e serviços de dados seja reforçado” (Directiva nº 2007/2/EC). Portanto, segundo a INSPIRE a interoperabilidade é alcançada se houver:

- Interação dos serviços de forma a permitir o cruzamento dos CDG;
- Coerência e utilidade nos resultados obtidos desse cruzamento.

A coerência dos resultados obtidos do cruzamento dos dados da cartografia geológica, provenientes dos servidores de cada uma das instituições produtoras, irá depender da sua harmonização, que pode ser alcançada de duas formas:

- Modificação/adaptação dos dados de origem ao modelo de dados INSPIRE GE, normalizado e harmonizado por toda a Comunidade Europeia;
- Criação de serviços de transformação que permitam a disponibilização dos dados (não normalizados) de acordo com o modelo de dados INSPIRE (Open Geospatial Consortium, 2012).

Os serviços de transformação recorrem a software específico que estabelece as correspondências entre os esquemas de BD, o de origem e o da INSPIRE. Estes serviços podem funcionar *online* ou *offline*, ficando a opção ao critério dos produtores, sendo que se optarem pelos serviços *online* a transformação é efetuada *on-the-fly*. Se pelo contrário optarem pelos serviços *offline* a transformação é feita sobre uma vista (*view*) do esquema da BD original, que é providenciada apenas quando existem pedidos de *download*. Os serviços de transformação têm a vantagem de preservar a estrutura original dos dados, que continua assim a cumprir com o objetivo para que foi prevista (Tóth et al., 2012).

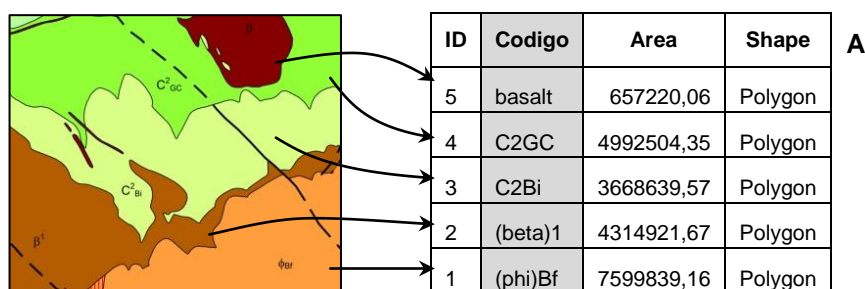
Existem casos em que não se justifica, ou não é possível, a criação de serviços de transformação, sendo mais fácil a adoção do modelo INSPIRE para a produção de novos dados e a migração dos restantes dados para essa estrutura.

No caso do LNEG, o recurso à implementação de serviços de transformação, *online* ou *offline*, não é a melhor opção por quatro motivos principais:

- O atual modelo de dados da cartografia geológica não responde a todas as especificações definidas pela INSPIRE, tornando-se assim necessário acrescentar tabelas, atributos e relações novas;
- A forma como os dados estão estruturados coloca dificuldades ao automatismo que se pretende com os serviços de transformação;
- O modelo de dados da cartografia geológica no LNEG, até há pouco tempo, destinava-se essencialmente à publicação de cartas em papel, pelo que não há a necessidade de o manter para outras funções;
- Na Instituição não existe *know-how* especializado a nível de técnicos informáticos para o desenvolvimento e implementação destes serviços de transformação, pelo que se torna mais fácil a adoção do modelo INSPIRE, que pode posteriormente ser estendido de acordo com as necessidades da cartografia geológica.

De seguida a Figura 7 pretende ilustrar de forma esquemática a maneira como os dados da cartografia geológica estão organizados, no modelo de dados que é atualmente utilizado para produção de cartografia geológica. Para isso escolheu-se a entidade unidade geológica, uma das principais componentes de uma carta geológica.

As unidades geológicas representam as sequências rochosas (ou litológicas), que ocupam áreas com limites definidos no terreno e, sempre que possível, no tempo. As unidades geológicas são representadas num mapa por polígonos de diferentes cores e padrões, consoante a idade que possuem e a litologia de que são constituídas (ver Figura 7). Todos os polígonos de um mapa geológico estão associados a uma tabela espacial através do campo ID, que funciona como chave-primária dessa tabela (ver tabela A da Figura 7). Cada um destes polígonos é também definido por um código que identifica cada uma das unidades geológicas que aparecem no mapa. Esta propriedade está definida na BD através do campo **Codigo**, e que funciona como chave-estrangeira desta tabela (ver tabela A da Figura 7).



Codigo	Descricao litologica	Eonotema	Eratema	Sistema	Serie	Andar
(phi)Bf	Formação de Benfica: conglomerados, arenitos e argilitos	Fanerozóico	Cenozóico	Paleogénico	Eocénico a Oligocénico	-
(beta)1	Complexo Vulcânico de Lisboa: escoadas basálticas, piroclastos e intercalações sedimentares	Fanerozóico	Mesozóico	Cretácico	Cretácico Superior	-
C2Bi	Formação de Bica: calcários com rudistas (inclui o nível com Neolobites vibrayeanus)	Fanerozóico	Mesozóico	Cretácico	Cretácico Superior	Cenomaniano superior
C2GC	Formações de Galé e de Caneças indiferenciadas: calcários, margas, arenitos e dolomitos	Fanerozóico	Mesozóico	Cretácico	Cretácico	Albiano superior a Cenomaniano médio
basalt	Filões e massas de basalto, microgabrodolerito	-	-	-	-	-

**Figura 7** – Estruturação dos dados no modelo atual da cartografia geológica. **(A)** Tabela de atributos (espacial); **(B)** Tabela alfanumérica (não espacial).

As propriedades litologia e idade de cada unidade geológica estão descritas numa segunda tabela alfanumérica (tabela B da Figura 7). A propriedade litologia está definida na BD através do campo **Descricao litologica**, enquanto a propriedade idade está decomposta em cinco campos, de modo a representar cada um dos níveis hierárquicos que compõem uma unidade cronostratigráfica (Eonotema, Eratema, Sistema, Série e Andar). Esta tabela

contém ainda o campo **Código** que identifica cada uma das unidades geológicas de forma única, e representa a chave-primária desta tabela. Este código é definido por uma letra ou associações de letras e/ou números, atribuídos em função da idade, do local onde foi definida e/ou da litologia de cada unidade geológica.

A relação entre as tabelas A e B (representadas na Figura 7) é efetuada por recurso às chaves primária da tabela B e estrangeira da tabela A, ou seja, ao campo **Código**, através de uma operação de *join* da tabela A com a B.

Da análise do modelo de dados para a cartografia geológica verifica-se que existem algumas inconsistências ao nível da estruturação dos dados, na medida em que não cumpre com as regras de Codd (Codd, 1970), que permitem no essencial estruturar os dados em modelos relacionais (organizados em tabelas que se relacionam).

De acordo com Codd, todos os valores introduzidos numa tabela têm de ser “atómicos”, isto é, uma dada célula de uma tabela relacional não pode conter mais do que um valor. Na tabela B da Figura 7 a unidade geológica identificada pelo código “(phi)Bf” é descrita como “Conglomerados, arenitos e argilitos”, o que está em contradição com a regra de Codd, por possuir três valores na mesma célula (conglomerados, arenitos e argilitos). A idade também contém grupos repetidos (ver campo Serie da primeira linha da tabela B da Figura 7). Um outro problema que ocorre também na tabela B é o fato de haver repetição dos termos referentes à idade sempre que existam unidades geológicas litologicamente distintas da mesma idade. Em modelação de BD relacionais diz-se que esta tabela não está normalizada, em conformidade com as regras definidas para o modelo relacional por Codd.

Para cada carta geológica o procedimento é o mesmo ao modelar a entidade unidade geológica: é criada uma nova tabela alfanumérica com os campos Código, Descrição litológica e Idade das unidades geológicas que apenas aparecem naquela carta. Se por algum motivo a idade de uma unidade geológica que aparece em várias cartas geológicas é alterada, será necessário atualizar todos os registos da idade em todas as tabelas de dados alfanuméricos associadas a cada uma das cartas geológicas. Neste tipo de procedimento existe sempre o perigo de atualizar algumas tabelas deixando outras de fora desta operação.

Devido às razões apontadas, numa primeira fase a harmonização dos dados da cartografia geológica só é possível com a modificação da atual estrutura para a nova estrutura proposta pela INSPIRE.

Neste processo é necessário, sempre que possível, estabelecer correspondências entre as tabelas e atributos originais e os propostos, sendo igualmente necessário adicionar novas tabelas, atributos e relações entre tabelas, tal como indicado nas especificações para o tema Geologia. Numa fase posterior, é necessário procurar as equivalências de significado entre os termos (e.g. idade, litologia) usados em Portugal e os propostos nos vocabulários

definidos pela INSPIRE, ou por outra instituição que já os tenha formalizado e com a qual a INSPIRE mantém protocolos. Se tal não for possível, uma vez que há termos que são específicos da geologia portuguesa, é necessário garantir o registo desses termos nos vocabulários INSPIRE.

Só assim será possível obter um modelo de dados harmonizado para a produção de cartografia geológica, em conformidade com a INSPIRE.

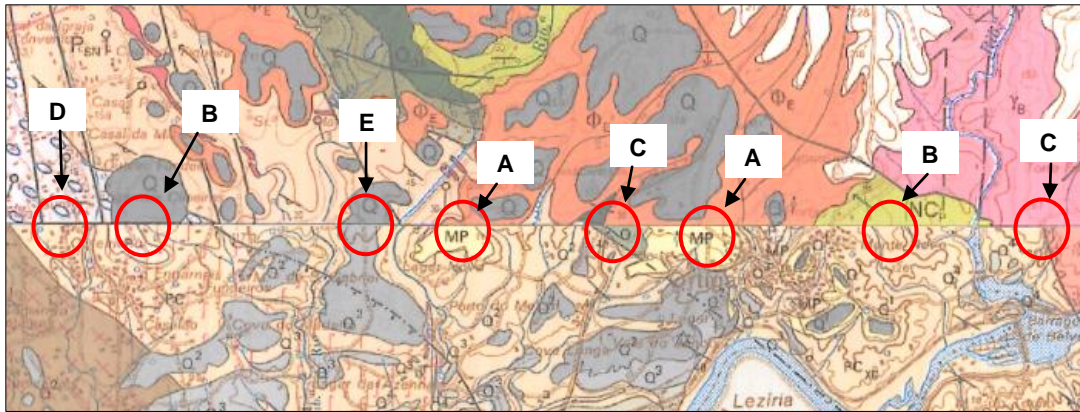
Na cartografia geológica produzida no LNEG existem outros tipos de inconsistências para além das acabadas de referir, que se salientam quando se pretende integrar numa única IDE o conjunto de folhas que constituem a cobertura geológica do País. De seguida na Figura 8, recorre-se a um excerto de duas cartas geológicas produzidas em alturas distintas, por diferentes autores, para apresentar alguns exemplos deste tipo de inconsistências que, de uma maneira geral, são comuns à cartografia geológica produzida nos Serviços Geológicos dos restantes países europeus.

As Folhas apresentadas pertencem à Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, sendo a Folha 28A (Mação) do ano 2000 e a Folha 28C (Gavião) do ano de 1983 (o desfasamento temporal entre estas duas folhas é de apenas 17 anos). Na Figura 8 estão assinalados, com círculos vermelhos, vários problemas de falta de continuidade, quer na forma como cada uma das unidades geológicas é designada quer em termos da sua representação geométrica (forma, cores e padrões), são as chamadas inconsistências de nomenclatura e geométricas.

São várias as razões que explicam a existência deste tipo de inconsistências:

- Diferentes interpretações dos autores de cada uma das cartas;
- Diferentes sistemas de classificação das rochas e formações geológicas;
- Evolução do conhecimento geológico que se torna mais evidente quando se justapõem cartas produzidas em épocas distintas;
- Evolução dos métodos de produção de cartas geológicas.

No contexto da INSPIRE, o tipo de descontinuidades que advêm da evolução do conhecimento geológico (inconsistências do tipo A da Figura 8), não são consideradas verdadeiras inconsistências (DS-D2.5: Generic Conceptual Model, DTDS, 2010). (No futuro, este tipo de descontinuidades irá continuar a existir uma vez que são próprias do avanço da ciência). A INSPIRE não obriga à sua resolução uma vez que não prevê a recolha de novos dados no campo.



**Figura 8** – Excerto de duas Cartas geológicas do LNEG publicadas na escala 1:50 000: Folhas 28A (em cima) e 28C (em baixo), com indicação de exemplos de inconsistências geométricas (A, B, C e D) e de nomenclatura (E).

As inconsistências do tipo B exemplificadas na Figura 8 são causadas pelas diferentes interpretações dos autores de cada uma das cartas, que se podem resolver através da harmonização dos critérios usados pelos diferentes autores na recolha de novos levantamentos geológicos.

As inconsistências do tipo C (ver Figura 8) existem na cartografia mais antiga, devido ao facto de, no passado, a produção de uma carta geológica não levar em linha de conta as cartas vizinhas. Ou seja, quando se produzia uma carta, não se fazia a harmonização das geometrias entre as cartas vizinhas, levando à falta de continuidade dos polígonos das unidades geológicas, que eram desenhados pelo limite de folha. Este tipo de inconsistências pode ser de fácil resolução mas envolve sempre trabalho de edição e em alguns casos até novas atualizações de campo.

As inconsistências do tipo D (ver Figura 8) ocorrem devido ao uso de diferentes classificações das rochas. Os autores da Folha 28C consideraram que o afloramento é de paragneisses enquanto os autores da Folha 28A consideraram ser de ortogneisses. Tanto os paragneisses como os ortogneisses são rochas metamórficas. No entanto, elas diferem uma da outra uma vez que o paragneisse resulta do metamorfismo de uma rocha sedimentar enquanto o ortogneisse resulta do metamorfismo de uma rocha ígnea, pelo que a sua diferenciação pode não ser fácil.

As inconsistências de nomenclatura (tipo E da Figura 8) resultam da falta de harmonização da nomenclatura atribuída às unidades geológicas. Na Figura 8 pode verificar-se que o rótulo atribuído ao depósito de terraço (representado nas duas folhas pela cor cinzenta) é diferente consoante a Folha (“Q<sup>2</sup>” na Folha 28C e “Q” na Folha 28A).

A par do processo de harmonização dos dados da cartografia geológica a que a INSPIRE obriga e que já foi descrito, a INSPIRE recomenda a verificação da consistência dos dados a outros níveis (DS-D2.5: Generic Conceptual Model, DTDS, 2010):

- Consistência na representação das relações espaciais entre os vários elementos de uma carta geológica. Um exemplo deste tipo de consistência verifica-se quando na representação de um cavalgamento (falha inversa originada por um campo de tensões que coloca as rochas por cima de outras) numa carta, se respeita a relação verificada entre duas unidades geológicas que foram afetadas por este tipo de estrutura, isto é, os pequenos triângulos que se associam a uma linha para representar graficamente um cavalgamento numa carta estão orientados para o lado do bloco de rochas que subiu.
- Consistência dos dados da cartografia geológica em diferentes escalas de representação (*inter-representation consistency*). A INSPIRE recomenda a consistência entre as geometrias e as nomenclaturas adotadas a várias escalas. Para avaliar a consistência dos levantamentos geológicos adquiridos à escala 1:25 000 e publicados nas escalas 1:50 000, 1:200 000, 1:500 000 e 1:1000 000 é necessário, identificar e formalizar as relações espaciais que existem entre os elementos geológicos representados a várias escalas. Só com base nesse conhecimento é possível verificar a existência de consistência na representação dos elementos geológicos a todas as escalas. Esta é uma área que necessita de estudos de investigação para tentar perceber se para a cartografia geológica é possível formalizar as relações espaciais entre os vários elementos representados em mapas a diferentes escalas.
- Consistência na representação dos elementos geológicos sobre a base topográfica de referência (*inter-theme consistency*). A produção de uma carta geológica está sempre dependente da base topográfica de referência, nomeadamente, do sistema de referência, drenagem, topografia, etc.. A representação dos levantamentos geológicos num mapa topográfico é efetuada de maneira a garantir a consistência espacial entre os dados, ou seja, mantêm-se as posições relativas e geométricas entre os objetos. Com a intenção de corrigir procedimentos antigos, pelos quais os levantamentos geológicos eram publicados sobre uma base topográfica de uma instituição diferente daquela de onde provém a base de aquisição dos dados, atualmente optou-se pelo uso de bases topográficas da mesma instituição. Em princípio, este procedimento tem a vantagem de contribuir para uma maior consistência na representação dos dados da cartografia geológica em relação aos dados de base, quando se transferem os levantamentos geológicos das minutas de campo para a respetiva base de publicação (da escala 1:25 000 para a escala 1:50 000).

- Consistência transfronteiriça, ou seja, garantir a coerência entre a cartografia geológica do país com a dos países adjacentes.

Com a intenção de harmonizar a representação dos elementos gráficos do tipo área, linha, ponto e texto presentes numa carta geológica, a UGCG tem vindo a desenvolver um catálogo de normas para a definição das cores, padrões, estilos de linha, tipos de letra, etc., a utilizar na impressão de uma carta geológica (Cunha, 2008).

Este catálogo baseia-se na simbologia convencional que tem sido usada na publicação de cartas geológicas, sendo uma ferramenta valiosa na preparação digital das cartas geológicas para impressão *offset*.

As cores definidas neste catálogo são apresentadas nos dois sistemas de cores mais vulgarmente usados, o RGB e o CMYK. Este último sistema é usado nos processos de impressão *offset* das cartas geológicas, que difere muito do processo tradicional que era usado anteriormente (cores diretas). A adoção do sistema CMYK obrigou à reformulação do esquema de cores que era usado, pelo que é normal que existam diferenças no registo das cores das cartas geológicas produzidas antes e após a sua introdução.

Numa carta geológica utilizam-se frequentemente padrões, que são normalmente usados para distinguir unidades geológicas da mesma idade. Os padrões são constituídos pela justaposição de vários símbolos elementares idênticos ou diferentes, dispostos de forma regular ou aleatória, do mesmo tamanho ou não, orientados ou não, que caracterizam, sempre que possível, as propriedades das rochas representadas.

Apesar dos esforços na harmonização deste tipo de simbologia, constata-se que nem sempre são seguidas as normas internacionais para representar todos os elementos de uma carta geológica. O esquema de cores da carta geológica nacional não adota os códigos de cores recomendados pelo CGMW, à semelhança de outros países que possuem os seus próprios esquemas de cores convencionais.

No entanto, a INSPIRE recomenda que devem ser adotados os códigos de cor do CGMW para representar as unidades geológicas numa carta geológica. Em relação aos padrões e restante simbologia a recomendação vai no sentido de adotar as regras existentes que já foram harmonizadas (DS-D2.6: Methodology for the development of data specifications, DTDS, 2008).

No presente trabalho adotaram-se os códigos de cor do CGMW e normas internacionais para a demais simbologia, sempre que existam. Para os casos em que as normas internacionais são omissas, optou-se por usar os esquemas adotados no projeto 1G-E.

### 3.4 Síntese conclusiva

Neste capítulo foram abordadas as questões da harmonização e normalização dos dados da cartografia geológica, descrito o estado de arte em termos da aplicação de normas à cartografia geológica a nível europeu, com ênfase para o trabalho da CGI no desenvolvimento do GeoSciML e sua importância no contexto da interoperabilidade dos dados geológicos.

A INSPIRE define interoperabilidade como “a possibilidade de os conjuntos de dados geográficos serem combinados, e de os serviços interagirem, sem intervenção manual repetitiva, de tal forma que o resultado seja coerente e o valor acrescentado dos conjuntos e serviços de dados seja reforçado” (Directiva nº 2007/2/EC). A definição reforça que para existir interoperabilidade dos dados espaciais, provenientes dos servidores de cada instituição produtora, é necessário garantir a sua coerência e utilidade.

A coerência dos resultados obtidos irá depender da sua harmonização que, no caso do LNEG, deve passar pela modificação da atual estrutura de dados para a nova estrutura proposta pela INSPIRE, que pode posteriormente ser estendida de acordo com as necessidades da produção de cartografia geológica.

Neste processo é necessário, estabelecer correspondências entre as tabelas e atributos originais e os propostos, sendo igualmente necessário adicionar novas tabelas, atributos e relações entre tabelas, tendo por base as especificações de dados finais. Numa fase posterior, é necessário procurar as equivalências de significado entre os termos originais e os propostos nos vocabulários definidos pela INSPIRE, ou por outras instituições que já os tenham formalizado e com as quais a INSPIRE mantém protocolos. Para os termos que são específicos da geologia portuguesa, é necessário garantir o seu registo nos vocabulários INSPIRE.

A par do processo de harmonização dos dados da cartografia geológica, a INSPIRE recomenda também a verificação da consistência dos dados a outros níveis:

- Consistência na representação das relações espaciais entre os vários elementos de uma carta geológica;
- Consistência dos dados da cartografia geológica em diferentes escalas de representação (*inter-representation consistency*);
- Consistência na representação dos elementos geológicos sobre a base topográfica de referência (*inter-theme consistency*);
- Consistência transfronteiriça, ou seja, garantir a coerência entre a cartografia geológica do país com a vizinha Espanha.

## 4 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE DADOS INSPIRE À CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

### 4.1 Modelo de dados INSPIRE UML para a Geologia

O modelo de dados INSPIRE GE foi descarregado do site da INSPIRE (INSPIRE, 2012). Para efeitos de escrita deste capítulo optou-se pela versão mais recente, que foi disponibilizada em Julho de 2012. Esta versão do modelo é composta por três pacotes: *GeologyCore*, *HydrogeologyCore* e *GeophysicsCore*, que utilizam a linguagem universal de modelação UML, (Requisito 19) (DS-D2.5: Generic Conceptual Model, DTDS, 2010), conforme a ISO 19103 e 19109 (Requisito 21) (DS-D2.5: Generic Conceptual Model, DTDS, 2010). Estas normas especificam um conjunto de ferramentas, tais como estereótipos, marcas e restrições que permitem definir diferentes perfis UML.

Na Tabela 4 listam-se os principais estereótipos definidos no Perfil UML INSPIRE, que está a ser utilizado pelos diversos TWG na modelação dos esquemas de aplicação para cada um dos temas.

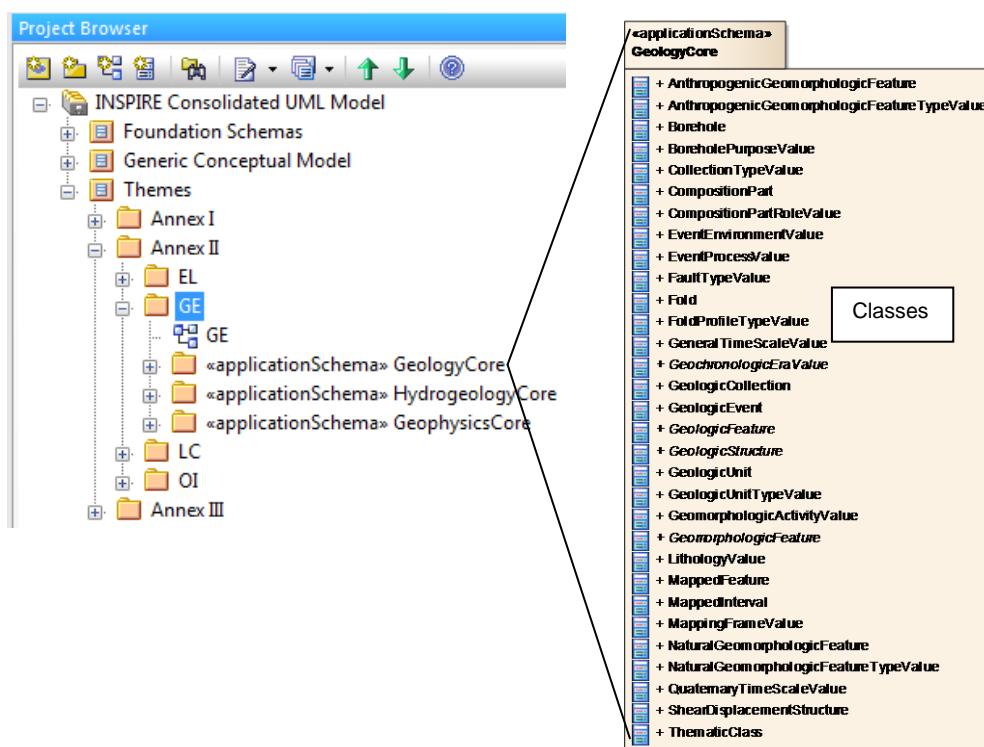
Estereótipo	Modelo UML	Descrição
<i>applicationSchema</i>	Pacote	Esquema de aplicação
<i>featureType</i>	Classe	Classe do tipo espacial
<i>type</i>	Classe	Classe do tipo abstrata
<i>dataType</i>	Classe	Classe não espacial
<i>enumeration</i>	Classe	Um tipo de dados cujas instâncias formam uma lista fixa de valores literais
<i>codeList</i>	Classe	Um tipo de dados cujas instâncias formam uma lista aberta que pode ser alargada
<i>voidable</i>	Atributo, papel da associação	Um tipo de dados cujas instâncias não estão disponíveis. Pode também ser aplicado às associações.
<i>lifeCycleInfo</i>	Atributo, papel da associação	Um tipo de dados a aplicar no caso em que os dados têm um ciclo de vida. Pode também ser aplicado às associações.
<i>version</i>	Papel da associação	Um tipo de associação que especifica a versão do conjunto de dados espaciais.

**Tabela 4** – Principais estereótipos do Perfil UML INSPIRE, (DS-D2.5, DTDS, 2010).

No decurso deste trabalho apenas será analisado o esquema de aplicação *GeologyCore*, por ser o que contém as entidades geológicas (*GeologicFeature*): Unidade Cartografada (*MappedFeature*), Unidade Geológica (*GeologicUnit*); Estrutura Geológica (*GeologicStructure*), Litologia (*RockMaterial*) e Idade (*GeologicEvent*), que são nucleares na produção de cartas geológicas. Para além destas entidades, este esquema contempla também a Sondagem (*Borehole*) e a Geomorfologia (*GeomorphologicFeature*). Neste

trabalho, optou-se por não modelar as sondagens, dada a extensão da informação a tratar e por já estar em curso um trabalho no LNEG, que tem precisamente por objetivo modelar esta entidade.

A Figura 9 mostra a estruturação do modelo UML consolidado da INSPIRE para o tema Geologia do Anexo II. Trata-se de uma estrutura em árvore, constituída por vários pacotes, divididos em subpacotes, que por sua vez contêm as classes e respetivas associações.



**Figura 9** – Classes do esquema de aplicação *GeologyCore* do tema Geologia (GE) do Anexo II do modelo INSPIRE UML consolidado. Representação obtida do *Enterprise Architect*.

A UML disponibiliza o diagrama de classes para modelar a estrutura dos dados. Uma classe é representada graficamente por uma caixa, constituída por três secções, uma para definir o nome da classe, uma para colocar os atributos e outra para definir as operações que podem ser efetuadas sobre os objetos que constituem a classe. Nos modelos de dados INSPIRE não foram especificadas quaisquer operações, pelo que no modelo desenvolvido neste trabalho também não.

Num diagrama de classes, as relações entre classes são designadas por associações, que se caracterizam por uma notação e semântica bem definida. Na Figura 10 ilustram-se os principais tipos de associações. Uma associação é definida por um nome, pelos papéis desempenhados por cada uma das classes na relação, e por uma multiplicidade que indica quantos objetos da classe participam na relação. A multiplicidade pode assumir muitas formas, mas as mais comuns são (Neves e Neill, 2004):

- 0..1 – opcional;

- 1..1 – obrigatório existir um objeto (também representada utilizando apenas o número 1);
- 0..\* - zero ou infinitos objetos da classe (também representada apenas por \*);
- 1..\* - um ou infinitos objetos da classe.

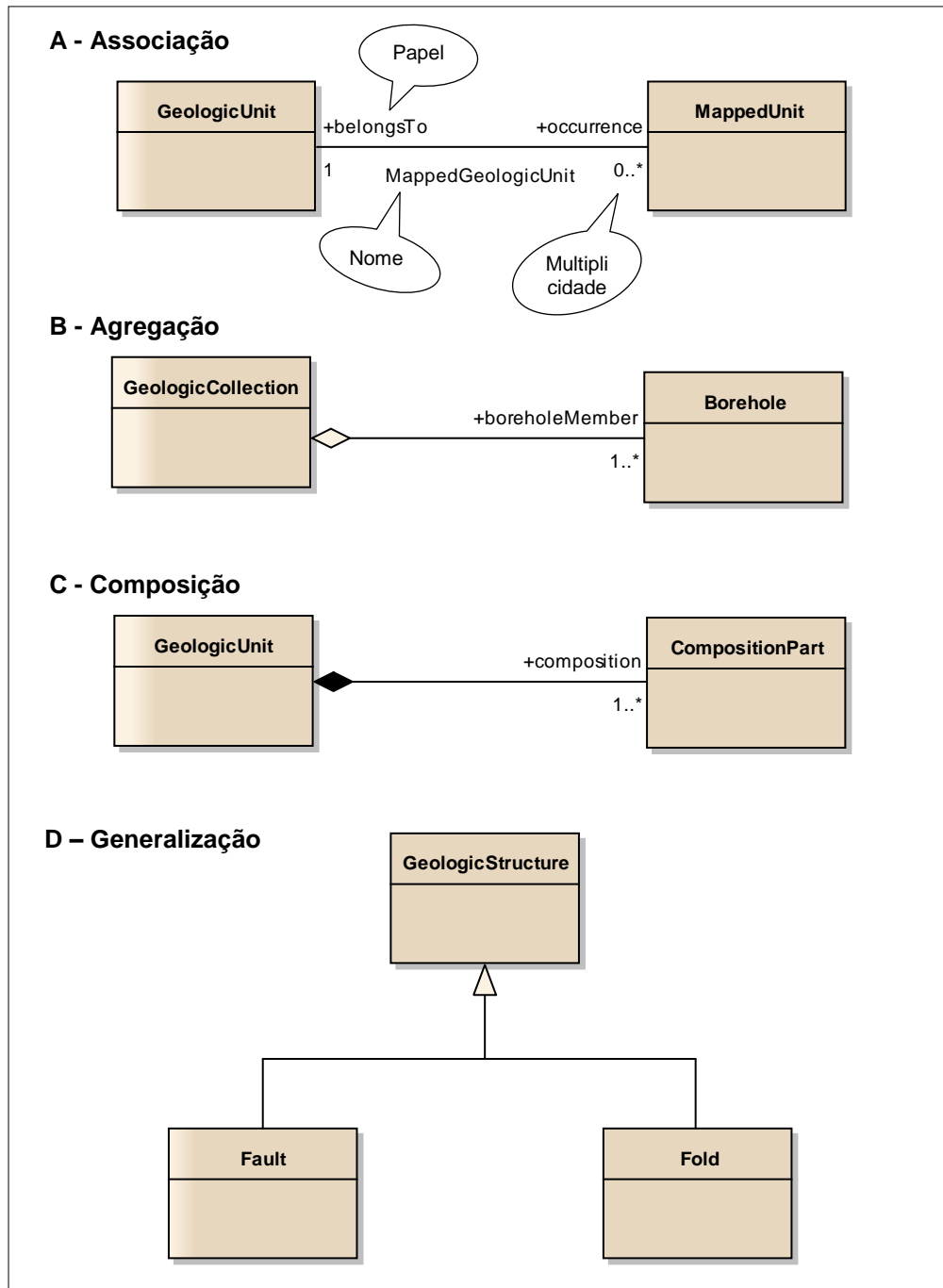


Figura 10 – Exemplos de associações entre classes em linguagem UML: (A) Associação; (B) Agregação; (C) Composição; (D) Generalização.

A associação representada na Figura 10A é do tipo “um para muitos”, visto que uma unidade geológica pode ter várias representações gráficas mapeadas (0..\*) (*occurrence*), mas uma unidade gráfica mapeada apenas pertence (*belongsTo*) a uma unidade geológica.

Uma agregação é um caso particular de associação entre uma classe e seus constituintes. A Figura 10B mostra que uma ou mais sondagens (1..\*) (*Borehole*), fazem parte de uma coleção geológica de sondagens. Nesta associação, as restantes coleções geológicas existem independentemente da existência de sondagens, por exemplo as coleções de mapas, minerais, fósseis, etc., não dependem da existência de sondagens.

A composição é também um caso particular de associação, que tal como na agregação, associa a classe aos seus constituintes, existindo neste caso dependência entre a classe e os respetivos constituintes. No caso apresentado na Figura 10C, as unidades geológicas (*GeologicUnit*) são compostas pelos seus constituintes (*CompositionPart*), não podendo existir uns sem os outros.

A generalização é um tipo de associação que representa uma hierarquia. Todas as subclasses herdam os atributos da classe, podendo ter também outros atributos definidos. No exemplo da Figura 10D, tanto as falhas (*Fault*) como as dobras (*Fold*) são especializações das estruturas geológicas (*GeologicStructure*) que se relacionam entre si através de uma generalização.

## 4.2 Metodologia de implementação

Atualmente, o SIG que suporta a produção de cartografia geológica tem por base o software *ArcGis Desktop*. O formato de BD utilizado é a *File Geodatabase*, pelo que a metodologia desenvolvida neste trabalho visa transpor o modelo INSPIRE UML para *Geodatabase*, com recurso ao software *Enterprise Architect* da ©Sparx Systems. Esta tecnologia permite também importar esquemas de *Geodatabase* já existentes, possibilitando assim uma melhor visualização das *features classes* e suas relações.

Como o processo de transpor o modelo INSPIRE UML para *Geodatabase* não é direto, foi necessário desenhar a estrutura de dados numa BD relacional, com as ferramentas disponibilizadas no Perfil UML para *ArcGis* (Sparx Systems, 2012b), tendo por base as correspondências dos elementos e propriedades do modelo UML na *Geodatabase*, apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Em UML é possível modelar classes do tipo abstrato que não têm correspondência com nenhum elemento da *Geodatabase*. No entanto, dada a sua necessidade para agrupar atributos comuns a várias classes, o Perfil UML *ArcGis* disponibiliza este tipo de classes podendo ser modeladas no *Enterprise Architect*.

<b>Geodatabase</b>	<b>Modelo UML</b>	<b>Estereótipo</b>
<i>ArcGis Workspace</i>	Pacote	<i>ArcGis</i>
<i>Feature Dataset</i>	Pacote	<i>FeatureDataset</i>
<i>Raster Dataset</i>	Pacote	<i>RasterDataset</i>
<i>Topology</i>	Pacote	<i>Topology</i>
<i>Feature Class</i>	Classe	<i>Point, Polyline, Polygon, Multipatch</i>
<i>Subtype</i>	Classe e Generalização	<i>Subtype</i>
<i>Table (Object Class)</i>	Classe	<i>ObjectClass</i>
<i>Coded Value Domain</i>	Classe	<i>CodedValueDomain</i>
<i>Range Domain</i>	Classe	<i>RangeDomain</i>
<i>Spatial Reference</i>	Classe	<i>SpatialReference</i>
<i>Field</i>	Atributo	<i>Field</i>
<i>Subtype Field</i>	Atributo	<i>SubtypeField</i>
<i>Domain Coded Value</i>	Atributo	<i>DomainCodedValue</i>
<i>Relationship Class</i>	Associação; Classe associativa	<i>RelationshipClass</i>

**Tabela 5** – Principais elementos *Geodatabase* e suas correspondências em linguagem UML, com indicação do estereótipo disponibilizado no Perfil UML *ArcGis*, (Sparx Systems, 2012a).

<b>Propriedades da Geodatabase</b>	<b>Propriedades do Modelo UML</b>
Nome da <i>Feature Dataset</i>	Nome do Pacote
Nome da <i>Feature Class</i> ou da <i>Table</i>	Nome da Classe
Alias da <i>Feature Class</i> , <i>Table</i> ou <i>Relationship Class</i>	Alias da Classe e da Associação
Nome da <i>Relationship Class</i>	Nome da Associação
Cardinalidade da <i>Relationship Class</i>	Multiplicidade da associação
<i>Relationship Class Forward Path Label</i>	<i>Association Source Role</i> (Papel da classe de partida na classe de destino)
<i>Relationship Class Backward Path Label</i>	<i>Association Target Role</i> (Papel da classe de destino na classe de partida)
<i>Relationship Class Notification</i>	<i>Association Direction</i> (Direção da associação)
<i>Field Type</i> (Tipo de campo)	<i>Attribute Type</i> (Tipo de atributo)
( <i>Domain Coded Value</i> ) Code	<i>Attribute Initial Value</i> (Valor pré-definido)

**Tabela 6** – Propriedades da *Geodatabase* e correspondências no modelo UML, (Sparx Systems, 2012a).

O diagrama de classes assim obtido permitiu representar de forma esquemática os seguintes elementos da *Geodatabase*: *Feature Dataset*; *Feature Classe*; *Subtype*; *Table*; *Relationship Classe* e *Domain*. Para além destes elementos foi também criada Topologia, de forma a assegurar que são mantidas as relações topológicas entre os vários objetos espaciais que compõem a carta geológica.

Terminada a fase de modelação o esquema da BD obtido foi exportado para um ficheiro XML e importado através do *ArcCatalog* no formato *Geodatabase*.

#### 4.2.1 Modelação da Geodatabase no Enterprise Architect

Ao criar um novo modelo no *Enterprise Architect*, é definida automaticamente uma área de trabalho (*ArcGis Workspace*) que representa a *Geodatabase*. Neste *workspace* são criados três pacotes:

- *Feature Dataset*;
- Sistema de referência de coordenadas;
- Domínios.

Dentro da *Feature Dataset* foram ainda criados os pacotes da topologia e dos subtipos, para armazenar todas as *Features Classes* que participam na topologia e todos os subtipos. Por uma questão de organização, as *features* não espaciais (*ObjectClass*) foram criadas fora da *Feature Dataset*. A Figura 11 apresenta a estrutura que foi definida e que vai ser transposta para *Geodatabase* na fase de implementação.

O sistema de referência de coordenadas adotado é o ETRS 1989 Portugal TM06, que se baseia na projeção transversa de Mercator e no Sistema Europeu de Referência Terrestre de 1989, que utiliza o elipsoide de referência GRS80, e está de acordo com a disposição de execução INSPIRE relativa à interoperabilidade dos conjuntos e serviços de dados geográficos (Regulamento (UE) N° 1089/2010).

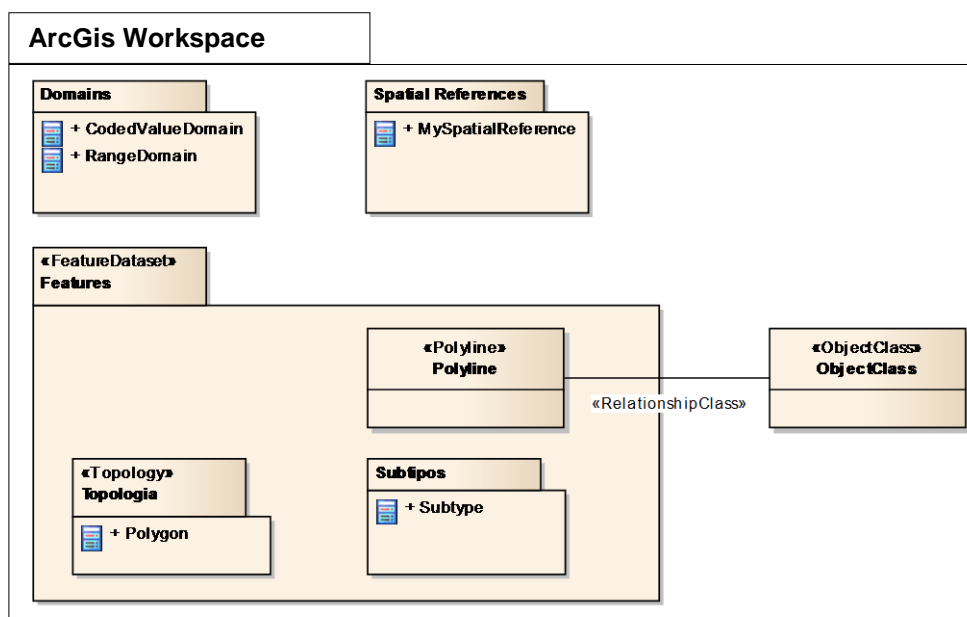


Figura 11 – Estruturação UML dos elementos da *Geodatabase* no *Enterprise Architect*.

No *Enterprise Architect* é possível definir o sistema de referência de coordenadas e associá-lo à *Feature Dataset*, permitindo assim a referência geográfica de todas as *features* espaciais (ver Figura 12).

«SpatialReference» ETRS89 Portugal TM06
<p style="text-align: center;"><b>tags</b></p> <p>CoordinateSystemType = ProjectedCoordinateSystem  HighPrecision = true  LeftLongitude =  MOrigin = -100000  MScale = 10000  MTolerance = 0.001  WKID = 3763  WKT = &lt;memo&gt;  XOrigin = -5623200  XYScale = 10000  XYTolerance = 0.001  YOrigin = -14394800  ZOrigin = -100000  ZScale = 10000  ZTolerance = 0.001</p>

**Figura 12** – Sistema de referência de coordenadas definido no *Enterprise Architect*.

Para todas as classes espaciais foi criado um atributo ID como chave-primária. Nas especificações INSPIRE, este atributo é designado *inspireID* e a sua definição segue regras específicas, que para o tema da Geologia ainda não estão completamente definidas, pelo que os ID usados foram definidos de modo a garantir duas regras fundamentais: serem únicos e não nulos.

Os nomes dos pacotes, classes, atributos e associações do modelo de dados estão em inglês, de acordo com o Requisito 48 do documento DS-D2.5 da INSPIRE, que obriga o uso da língua inglesa para designar todos os elementos dos esquemas de aplicação.

A INSPIRE adota a convenção do *UpperCamelCase* para designar as classes e as respetivas associações, e o *lowerCamelCase* para designar os atributos e os papéis das classes nas associações. As classes do tipo domínio diferenciam-se pelo sufixo *Value* que é acrescentado ao nome da classe.

Apresentam-se de seguida as classes, seus atributos e associações modeladas com base:

- No esquema de aplicação *GeologyCore* do modelo INSPIRE GE e respetivas especificações (documento DS-D2.8.II.4);
- No modelo de dados GeoSciML (GeoSciML, 2012);
- Outras especificações da cartografia geológica portuguesa.

No total, o modelo desenvolvido neste trabalho, representado na Figura 13, contém cinco pacotes, sete classes abstratas, nove classes espaciais, doze subtipos, dezoito classes não espaciais, duas classes associativas e cinquenta domínios. Para facilitar a sua visualização e compreensão foi dividido em partes, tendo sido construídos os diagramas representados nas Figuras 14, 16 a 23, seguindo-se a descrição dos principais pontos-chave.

No diagrama da Figura 14 estão representadas as classes:

- Unidade Cartografada (*MappedUnit*) que é representada pelos diferentes polígonos que compõem um mapa, pelo identificador da unidade geológica (*geologicUnitID*) e por um rótulo (*label*) que corresponde ao símbolo textual no mapa. Esta classe foi dividida em dois subtipos, um para os afloramentos principais (*PrincipalUnitOutcrop*) e o outro para as áreas que se sobrepõem àqueles (*SuperimposedUnitOutcrop*);
- Unidade Geológica (*GeologicUnit*) que armazena a informação alfanumérica das unidades cartografadas, nomeadamente o código da unidade geológica (*code*), o identificador do tipo de unidade (*geologicUnitTypeID*), o identificador da categoria estratigráfica (*stratigraphicRankID*), o identificador da representação cartográfica (*symbolGeologicUnitID*), os identificadores das idades relativas de base (*olderAgeID*) e de topo (*youngerAgeID*), as idades absolutas de base (*numericOlderAge*) e de topo (*numericyoungerAge*), a condição da unidade em termos da sua formalização (*purpose*), etc. O atributo *code* assume os valores do domínio *GeologicUnitCodeValue* que contém todos os códigos textuais das unidades geológicas. O atributo *purpose* assume obrigatoriamente um dos três termos do domínio *PurposeValue*: *definingNorm* para as unidades geológicas formalmente formalizadas, *typicalNorm* para as unidades geológicas informalmente formalizadas ou *instance* para as unidades geológicas não formalizadas;
- Tipo de Unidade Geológica (*GeologicUnitType*) que classifica as unidades geológicas pelo tipo (*type*) em Litológicas, Litostratigráficas, Cronostratigráficas, etc.. Cada tipo contém um atributo (*fatherID*) para identificar a hierarquia existente entre cada um dos registos e um código descritivo (*HKey*) que indica o nível hierárquico de cada registo.
- Categoria Estratigráfica (*StratigraphicRank*) que classifica as unidades geológicas em Grupos, Formações, Membros, etc. Cada *rank* contém um atributo (*fatherID*) para identificar a hierarquia existente entre cada um dos registos e um código descritivo (*HKey*) que indica o nível hierárquico de cada registo.

A associação que existe entre as unidades geológicas (*GeologicUnit*) e as suas representações gráficas (*MappedUnit*) é do tipo “um para muitos”, uma vez que uma unidade geológica pode ter várias representações gráficas mapeadas. Esta associação é definida pelo identificador da unidade geológica (*geologicUnitID*).

A associação existente entre o Tipo de Unidade Geológica (*GeologicUnitType*) e a Unidade Geológica (*GeologicUnit*) é de “um para muitos”, uma vez que existem muitas unidades geológicas do mesmo tipo, mas uma unidade geológica não pode pertencer simultaneamente a vários tipos. Esta associação é definida pelo identificador do tipo de unidade geológica (*geologicUnitTypeID*).

A hierarquia existente entre os vários tipos de unidades geológicas é representada pela associação *Father*, que associa cada tipo ao nível hierárquico superior (*fatherID*).





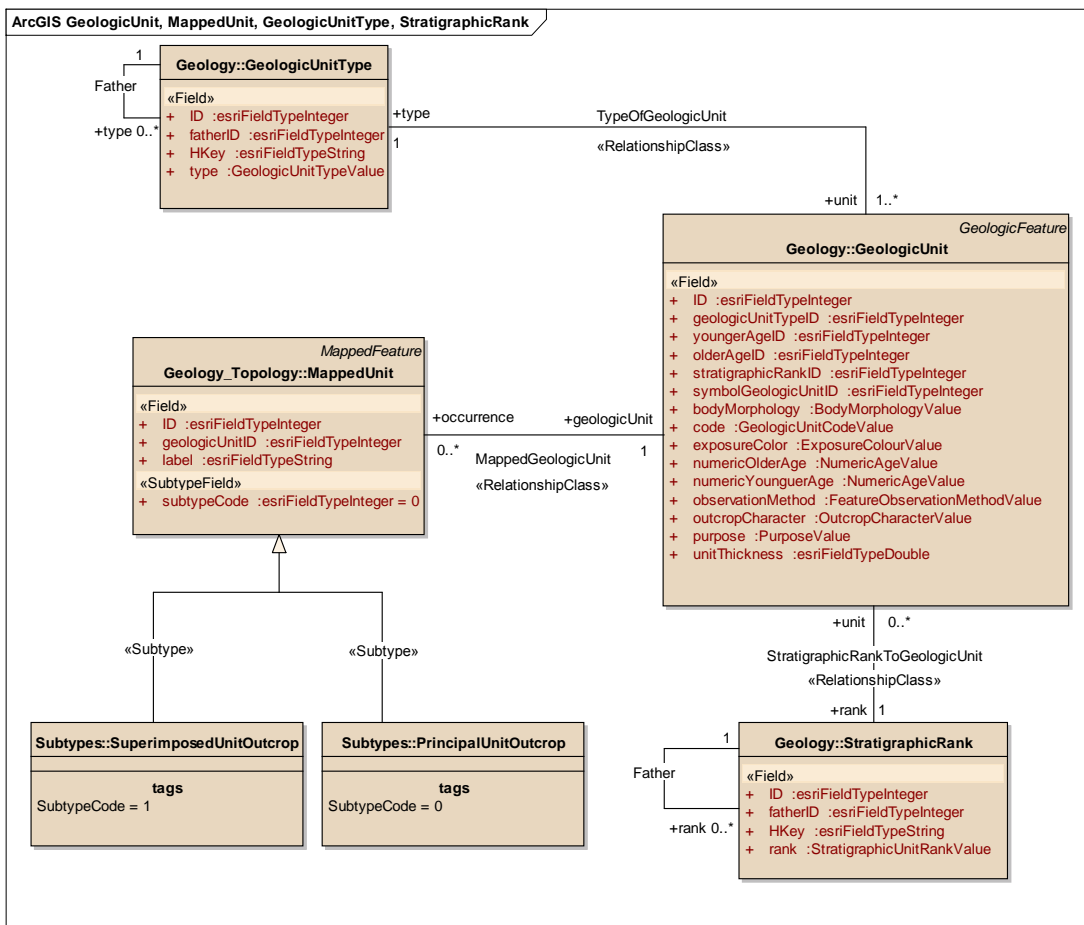
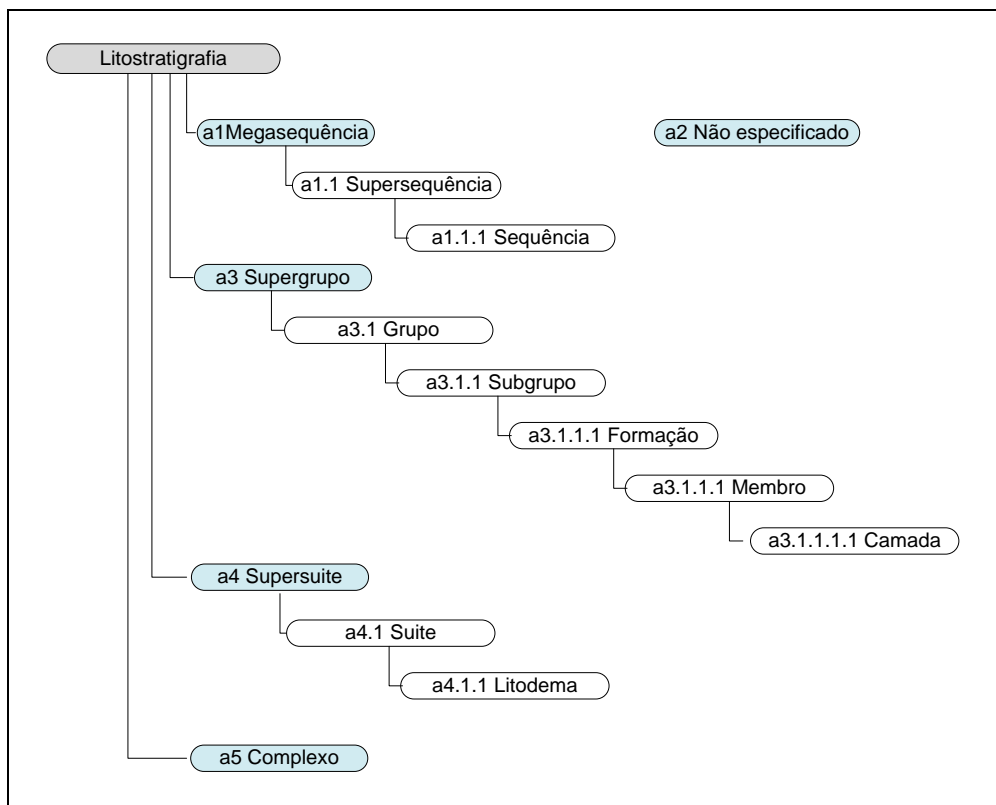


Figura 14 – Diagrama UML das classes *MappedUnit*, *GeologicUnit*, *GeologicUnitType* e *StratigraphicRank*.

A associação entre a Categoria Estratigráfica (*StratigraphicRank*) e a Unidade Geológica (*GeologicUnit*) é do tipo “um para muitos”, uma vez que existem muitas unidades geológicas com o mesmo *rank*, mas uma unidade geológica não pode pertencer simultaneamente a vários *rank*s. Esta associação é definida pelo identificador da categoria estratigráfica (*stratigraphicRankID*).

A hierarquia existente entre as categorias estratigráficas é representada pela associação *Father*, que associa cada *rank* ao nível hierárquico superior (*fatherID*). Por exemplo, no caso das Unidades Litostratigráficas, a Formação tem no atributo *fatherID*, o identificador de Subgrupo, que por sua vez tem no seu *fatherID*, o identificador do Grupo que por sua vez tem no seu *fatherID* o identificador do Supergrupo. Esta hierarquização é fundamental para a realização de pesquisas com base nestes critérios. A Figura 15 ilustra a hierarquia entre as várias unidades litostratigráficas.



**Figura 15** – Representação da hierarquia entre os diversos termos que definem a litostratigrafia.

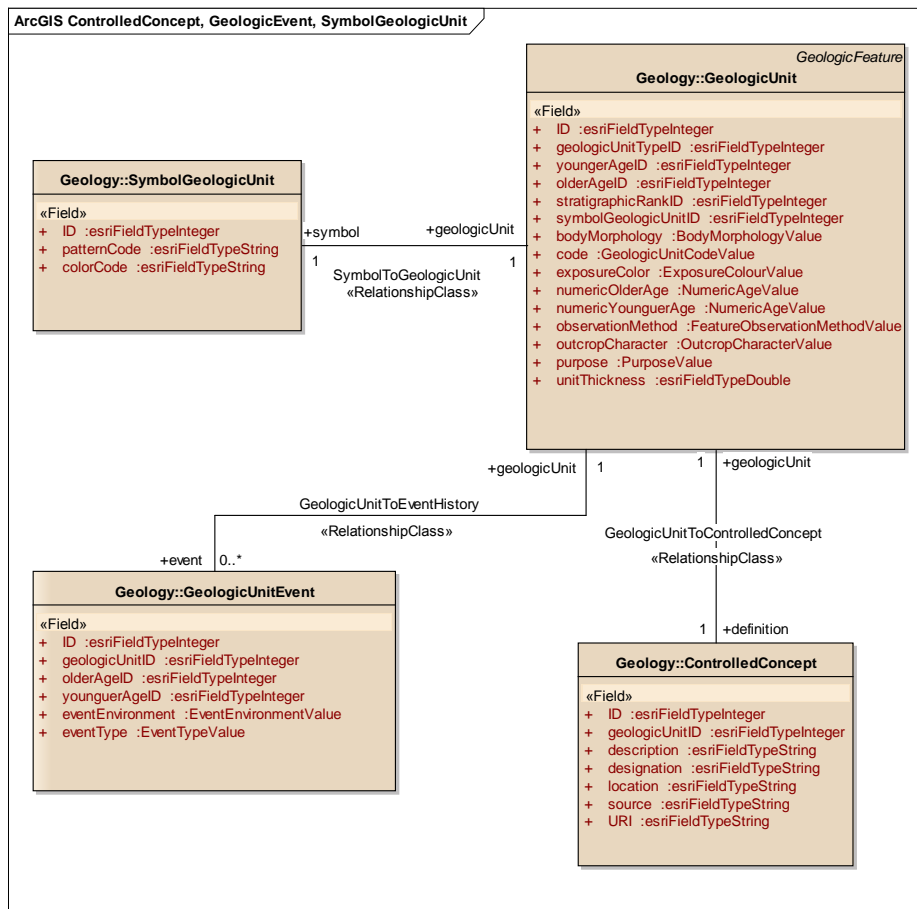
No diagrama da Figura 16 estão representadas as classes:

- Unidade Geológica (*GeologicUnit*);
- Vocabulário de uso controlado (*ControlledConcept*) para definir as unidades geológicas, nomeadamente o identificador da unidade geológica (*geologicUnitID*), o nome (*designation*), o local onde foi definida (*location*), a descrição livre da unidade (*description*), a referência (*source*) onde ela foi definida, e ainda o URI para cada unidade geológica;
- Evento Geológico (*GeologicUnitEvent*) para caracterizar todos os eventos que afetaram as unidades geológicas ao longo do tempo geológico, nomeadamente o tipo de evento (*eventType*), o ambiente geológico (*eventEnvironment*), os identificadores das idades de início (*olderAgeID*) e do fim (*youngerAgeID*) do evento;
- Simbologia (*SymbolGeologicUnit*) para definir as cores e padrões utilizados na representação das unidades geológicas num mapa.

A associação entre a Unidade Geológica (*GeologicUnit*) e o Vocabulário de uso controlado (*ControlledConcept*) é do tipo “um para um”, uma vez que para cada unidade geológica existe uma definição única. Esta associação é definida através do atributo identificador da unidade geológica (*geologicUnitID*).

A associação entre as unidades geológicas e os eventos geológicos é do tipo “um para muitos”, uma vez que uma unidade geológica incorpora a ação de muitos eventos, que se foram sucedendo no tempo geológico. Esta associação é definida através do atributo identificador da unidade geológica (*geologicUnitID*).

A associação entre a Simbologia (*SymbolGeologicUnit*) e a Unidade Geológica (*GeologicUnit*) é do tipo “um para um”, uma vez que uma unidade geológica é representada num mapa por uma única combinação de símbolos. Esta associação é definida pelo identificador do símbolo (*symbolGeologicUnitID*) que corresponde à regra de representação cartográfica de cada unidade geológica.



**Figura 16** – Diagrama UML das classes *GeologicUnit*, *ControlledConcept*, *GeologicUnitEvent* e *SymbolGeologicUnit*.

No diagrama da Figura 17 estão representadas as classes:

- Unidade Geológica (*GeologicUnit*);
- Litologia (*RockMaterial*) que descreve os constituintes litológicos das unidades geológicas. Esta classe contém um atributo (*fatherID*) para identificar a hierarquia existente entre os termos litológicos definidos no dicionário de litologias (*LithologyDictionary*);

- Dicionário da litologia (*LithologyDictionary*) que contém todas as litologias em português (*lithologyPT*) e em inglês (*lithologyEN*), os URI e o código (*HKey*) do nível hierárquico de cada litologia;
- Simbologia (*SymbolLithology*) para definir as cores utilizadas na representação das litologias num mapa.

A associação entre as litologias e as unidades geológicas é do tipo “muitos para muitos”, uma vez que uma litologia pode ocorrer em várias unidades geológicas e uma unidade geológica pode ser constituída por várias litologias. Esta associação implicou a criação de uma classe associativa (*GeologicUnitLithology*), para armazenar a ligação entre as unidades geológicas e as litologias, que tem uma chave primária composta, definida a partir do identificador único da litologia (*lithologyID*) e do identificador único da unidade geológica (*geologicUnitID*). Esta tabela também contém o papel (*role*) das litologias na unidade (e.g. componente único, parcial) e a sua proporção relativa (*proportion*) (e.g. total, predominante, subordinada). O papel das litologias está definido no domínio *CompositionPartRoleValue* e a proporção das mesmas no domínio *ProportionValue*. Esta estrutura possibilita a realização de pesquisas, permitindo por exemplo determinar quais as unidades que contêm uma determinada litologia e verificar se o componente litológico é único ou parcial e se é predominante ou não, numa determinada unidade geológica.

A hierarquia entre as litologias é representada pela associação *Father*, que associa 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”.

A associação entre a Litologia (*RockMaterial*) e o Dicionário da litologia (*LithologyDictionary*) é do tipo “um para um”, uma vez que uma litologia é identificada por um único termo cuja definição consta no dicionário. No Anexo 2, está representada a tabela dicionário das litologias, tal como foi definida no projeto 1G-E, tendo-se adicionado o campo (*ruleID*) que contém o identificador da regra de representação cartográfica de cada litologia.

A associação entre a Simbologia (*SymbolLithology*) e o Dicionário de litologias (*LithologyDictionary*) é do tipo “um para um”, uma vez que uma litologia é representada por uma única cor num mapa. Esta associação é definida pelo identificador da cor (*symbolLithologyID*) que corresponde à regra de representação cartográfica de cada litologia.

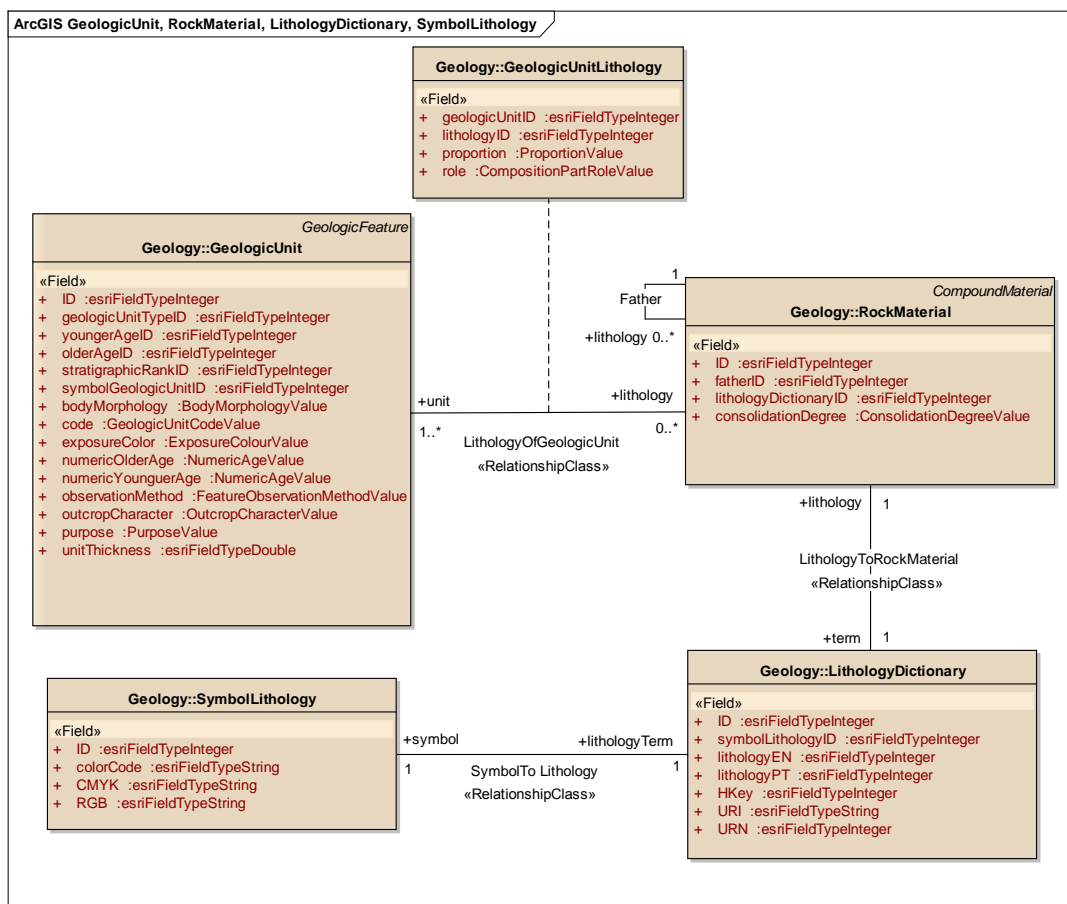


Figura 17 – Diagrama UML das classes *GeologicUnit*, *RockMaterial*, *LithologyDictionary* e *SymbolLithology*.

No diagrama da Figura 18 estão representadas as classes:

- Unidade Geológica (*GeologicUnit*);
- Idade geológica (*GeologicAge*) que descreve as idades definidas na ISC, esta classe contém um atributo (*fatherID*) para identificar a hierarquia existente entre os termos de idade definidos no dicionário de idades (*GeologicAgeDictionary*);
- Dicionário da idade (*GeologicAgeDictionary*) que contém todas as idades em português (*agePT*) e em inglês (*ageEN*), os URI e o código (*HKey*) do nível hierárquico de cada idade e ainda os atributos *olderBoundary* e *youngerBoundary*, para definir em Ma o limite inferior e superior de cada uma das idades;
- Categoria Geocronológica (*GeochronologicRank*) que caracteriza cada uma das idades em Éon, Era, Período, Época e Idade. Cada *rank* contém um atributo (*fatherID*) para identificar a hierarquia existente entre cada um dos registos e um código descritivo (*HKey*) que indica o nível hierárquico de cada registo.
- Simbologia (*SymbolAge*) para definir as cores utilizadas na representação das idades num mapa.

Para definir a idade da base (mais antiga) e do topo (mais recente e coincidente com a idade da base da unidade superior) das unidades geológicas, foram estabelecidas duas relações do tipo “um para muitos”, entre as idades e as unidades geológicas. Estas relações são definidas pelos identificadores da idade inferior (*olderAgeID*) e da idade superior (*youngerAgeID*) das unidades geológicas.

A hierarquia entre os termos da idade é representada pela associação *Father*, que associa cada idade ao nível hierárquico superior (*fatherID*). Por exemplo, o “Jurássico” tem no atributo *fatherID*, o identificador de “Mesozóico”, que por sua vez tem no seu *fatherID*, o identificador do “Fanerozóico”.

A associação entre a Idade (*GeologicAge*) e o Dicionário das idades (*GeologicAgeDictionary*) é do tipo “um para um”, uma vez que uma idade é identificada por um único termo cuja definição consta no dicionário. No Anexo 2, está representada a tabela dicionário das idades, tal como foi definida no projeto 1G-E, tendo-se adicionado o campo (*ruleID*) que contém o identificador da regra de representação cartográfica de cada idade.

A associação entre as categorias geocronológicas (*GeochronologicRank*) e a idade (*GeologicAge*) é do tipo “um para muitos”, uma vez que uma idade pertence a uma só categoria (*rank*), mas uma categoria contém muitas idades.

A hierarquia entre os termos Éon, Era, Período, Época e Idade é representada pela associação *Father*, que associa cada um dos termos ao nível hierárquico superior (*fatherID*).

A associação entre a Simbologia (*SymbolAge*) e o Dicionário de idades (*GeologicAgeDictionary*) é do tipo “um para um”, uma vez que uma idade é representada por uma única cor num mapa. Esta associação é definida pelo identificador da cor (*symbolAgeID*) que corresponde à regra de representação cartográfica de cada idade.

No diagrama da Figura 19 estão representadas as classes:

- Idade geológica (*GeologicAge*);
- Evento Geológico (*GeologicUnitEvent*);
- Alteração (*Alteration*) para caracterizar o processo de alteração das unidades geológicas, nomeadamente o tipo de alteração (*type*), o grau de alteração (*grade*), a distribuição da alteração (*distribution*) e o produto de alteração (*product*);
- Metamorfismo (*Metamorphism*) para caracterizar o processo de metamorfismo das unidades geológicas, nomeadamente o tipo de metamorfismo (*type*), o grau de metamorfismo (*grade*), a fácies metamórfica (*facies*), a pressão máxima (*peakPressure*), a temperatura máxima (*peakTemperature*) e o protólito (*protolithLithology*).

Para definir a idade de início e do fim do evento, foram estabelecidas duas relações do tipo “um para muitos”, entre as idades e os eventos geológicos. Estas relações são definidas pelos identificadores da idade de início (olderAgeID) e do fim (youngerAgeID) do evento.

Os eventos geológicos associados às unidades geológicas são de vários tipos. Neste trabalho foram modelados apenas o metamorfismo e a alteração.

A associação entre o Evento Geológico (*GeologicUnitEvent*) e o Metamorfismo (*Metamorphism*) é do tipo “um para um”, uma vez que um episódio de metamorfismo é um evento geológico, definido pelo identificador do evento (*GeologicUnitEventID*).

A associação entre o Evento Geológico (*GeologicUnitEvent*) e a Alteração (*Alteration*) é do tipo “um para um”, uma vez que um episódio de alteração é um evento geológico, definido pelo identificador do evento (*GeologicUnitEventID*).

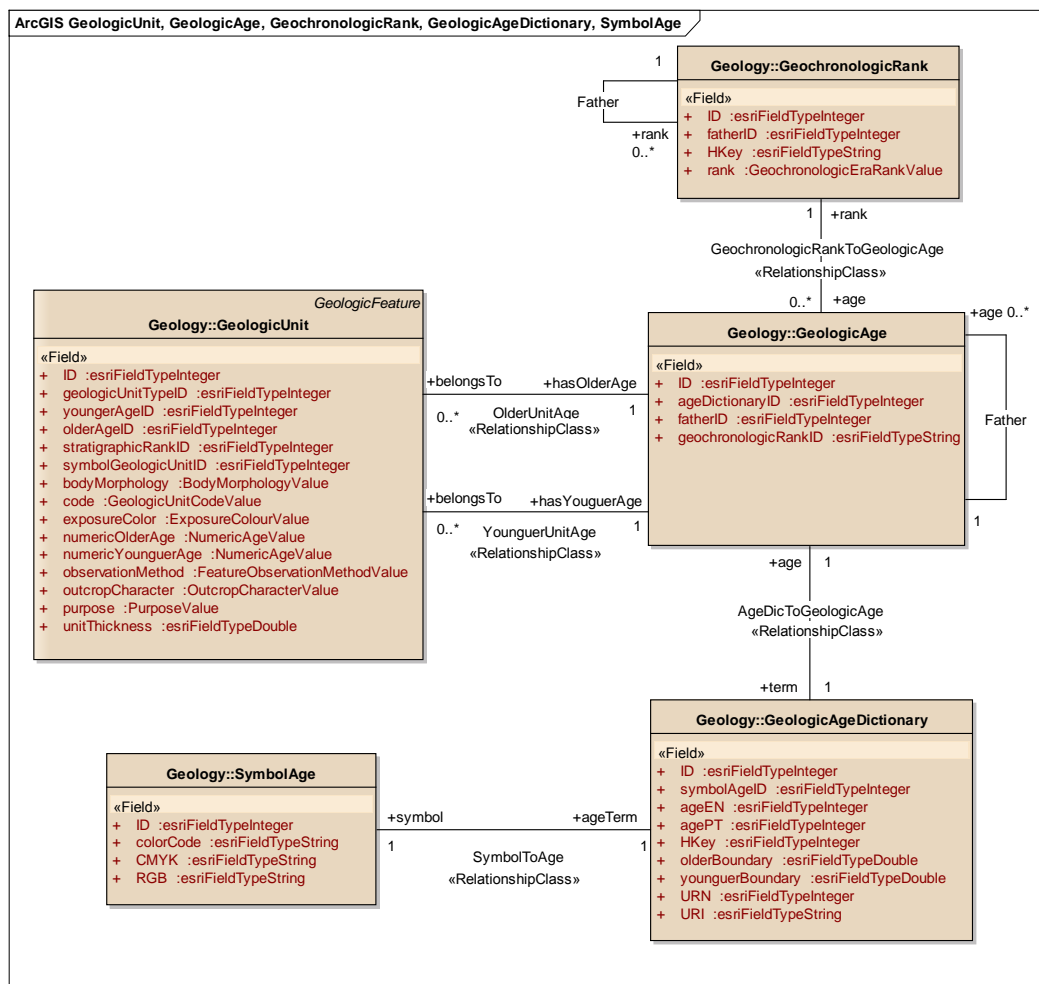


Figura 18 – Diagrama UML das classes *GeologicUnit*, *GeologicAge*, *GeochronologicRank*, *GeologicAgeDictionary* e *SymbolAge*.



- Cinemática (*Displacement*) para caracterizar o movimento da falha, o deslocamento máximo estimado (*estimatedMaximumDisplacement*), etc..

Normalmente, as cartas geológicas contêm outros tipos de estruturas, tais como as dobras (*Fold*), as foliações (*Foliation*), as estratificações (*Bedding*) e as lineações (*Lineation*), que também foram modeladas mas por uma questão de economia de espaço não foram representadas no diagrama da Figura 20.

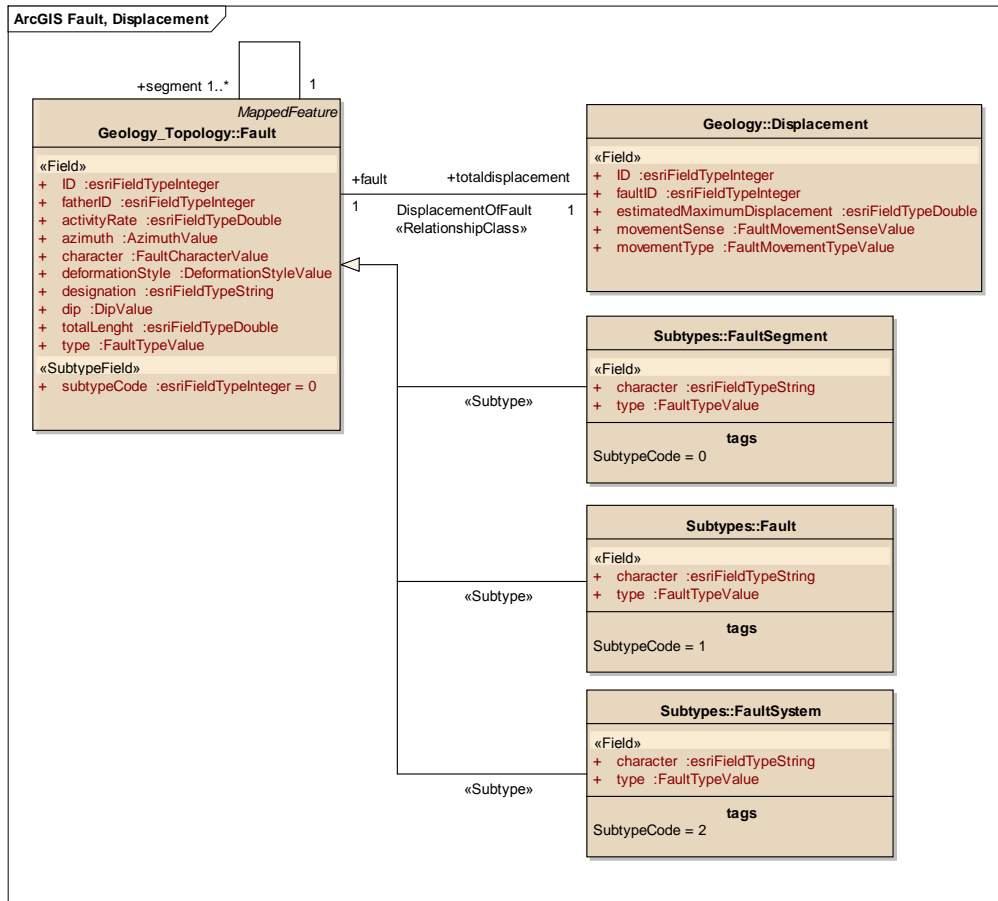


Figura 20 – Diagrama UML das classes *Fault* e *Displacement*.

A associação entre Falha (*Fault*) e o Deslocamento (*Displacement*) é do tipo “um para um”, uma vez que uma falha é caracterizada por uma cinemática própria. Esta associação é definida pelo identificador da falha (*faultID*).

A associação da falha (*Fault*) com ela própria permite definir o segmento “Pai” (*fatherID*) de cada troço de falha.

No diagrama da Figura 21 está representada a classe dos contactos geológicos (*Contact*) entre as várias unidades cartografadas. O Contato é um tipo de estrutura geológica, representada graficamente por linhas que envolvem cada um dos polígonos das unidades cartografadas. Estas linhas têm espessuras e estilos variados consoante o tipo de contato

(type) e o grau de certeza posicional (*character*). Esta classe foi subdividida em três subtipos:

- Contatos de origem (*GeneticContactTrace*), tais como os estratigráficos, intrusivos, gravíticos, etc.;
- Contactos por falha (*FaultTrace*);
- Topográficos (*ExtentBoundaryTrace*) (limites de rios, lagoas, limite de costa, limite de folha, incontornáveis na produção de mapas geológicos).

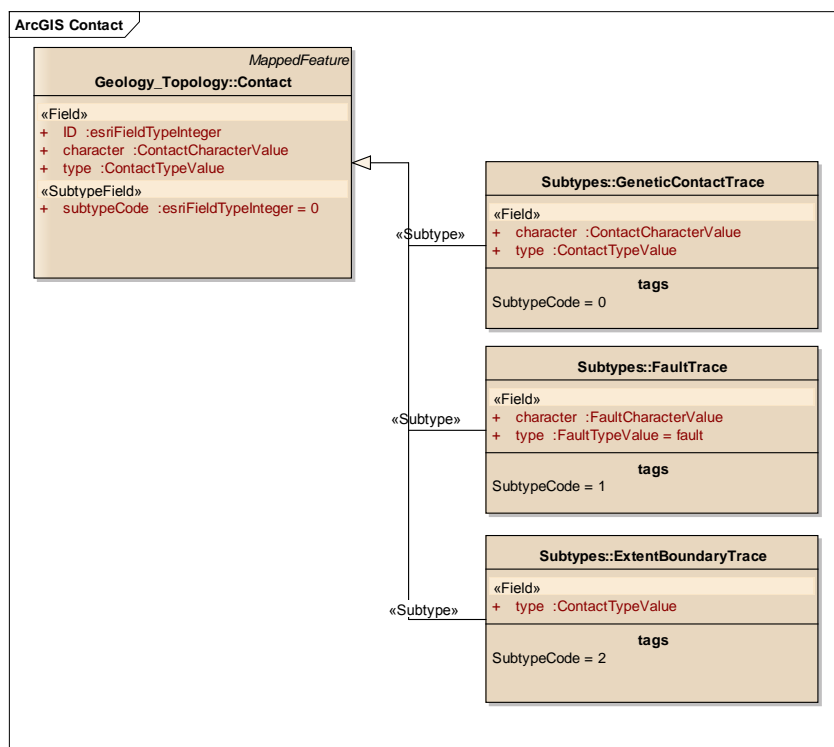


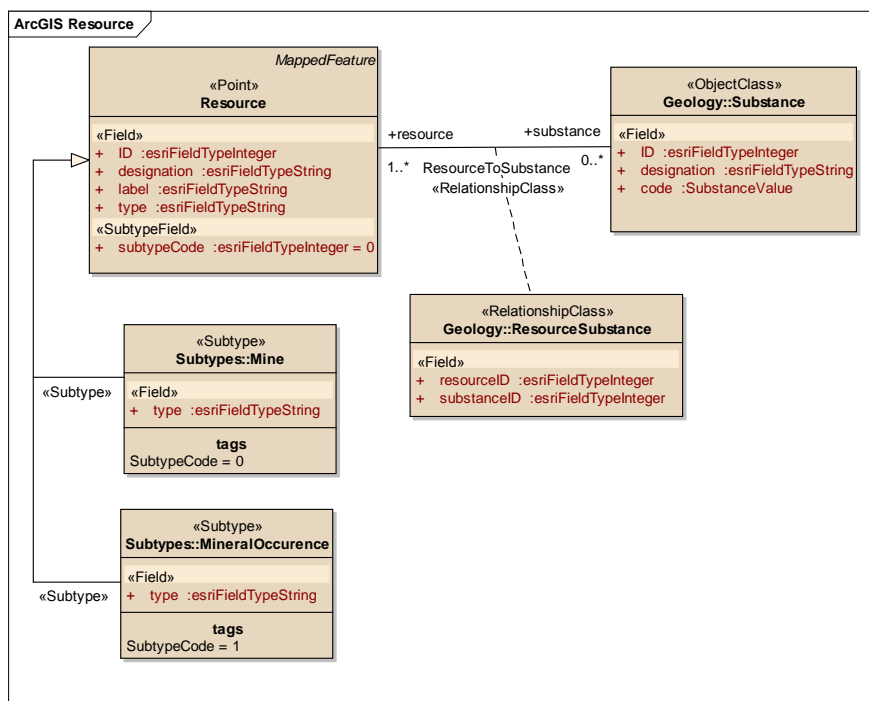
Figura 21 – Diagrama UML da classe *Contact*.

No diagrama da Figura 22 estão representadas as classes:

- Recurso (*Resource*) para caracterizar os recursos minerais, através dos atributos nome (*designation*), tipo de recurso (*type*) e rótulo da substância explorada (*label*). Esta classe foi dividida em dois subtipos para distinguir as minas (*Mine*) das ocorrências minerais (*MineralOccurrence*);
- Substância (*Substance*) para caracterizar as substâncias associadas aos recursos, tais como o Cobre, Chumbo, Carvão, Areias, etc.

A associação entre os recursos minerais e as substâncias é do tipo “muitos para muitos”, uma vez que um determinado recurso pode incluir várias substâncias e uma mesma substância pode ser explorada, ou ocorrer em vários recursos. Esta associação implicou a criação de uma classe associativa (*ResourceSubstance*) para armazenar a ligação entre as

duas classes, definida pelos identificadores únicos do recurso (*resourceID*) e da substância (*substanceID*).



**Figura 22** – Diagrama UML das classes *Resource* e *Substance*.

No diagrama da Figura 23 está representada a classe da Unidade Geomorfológica (*GeomorphologicUnit*) que é representada graficamente por polígonos. Esta classe foi dividida em dois subtipos: as unidades geomorfológicas naturais (*NaturalGeomorphologicFeature*) e as unidades geomorfológicas artificiais (*AnthropogenicGeomorphologicFeature*). Neste modelo foram somente modeladas as unidades geomorfológicas do tipo polígono, mas existem outras do tipo linha e ponto que podem ser modeladas futuramente.

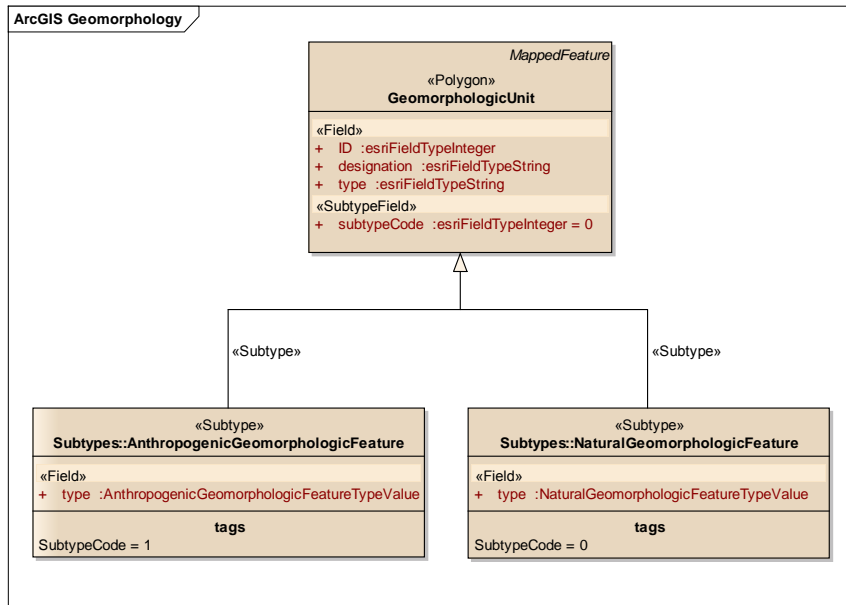


Figura 23 – Diagrama UML da classe *GeomorphologicUnit*.

#### 4.2.2 Implementação da *Geodatabase*

Nesta fase, o esquema de BD obtido anteriormente foi exportado para um ficheiro XML e importado através do *ArcCatalog* no formato *Geodatabase*. Esta *geodatabase* foi previamente criada com recurso ao *ArcSDE (Arc Spatial Database Engine)* e implementada em *SQL Server 2008*, tendo-se escolhido esta tecnologia por ser o SGBD utilizado na IDE do LNEG, ser multiutilizador e ainda pela possibilidade de criar versionamento dos dados.

Foi assim criada a *Feature Dataset Geology*, para armazenar todas as *Feature classes* do tipo polígono, linha e ponto. As classes do tipo *ObjectClass* foram convertidas em tabelas, enquanto os domínios (*CodedValueDomain* e *RangeDomain*) foram transpostos para a *Geodatabase*. Todos os atributos foram convertidos em campos das tabelas, as associações em *Relationship classes* e as classes associativas em tabelas de relação. As classes abstratas por definição não são implementadas. A Figura 24 mostra no *ArcCatalog* a estruturação dos elementos na *Geodatabase*.

A transposição das generalizações entre as classes abstratas e as suas especializações foi conseguida através da herança dos atributos da classe “Pai” pelas classes “Filhas”. A título de exemplo, refere-se o caso da generalização entre a *Feature Mapeada (MappedFeature)* e as classes: *Foliação (Foliation)*; *Lineação (Lineation)*; *Estratificação (Bedding)*; *Dobra (Fold)*; *Contacto (Contact)*; *Falha (Fault)*; *Unidade Cartografada (MappedUnit)*; *Recurso (Resource)* e *Unidade Geomorfológica (GeomorphologicUnit)*, em que todos os atributos, exatidão posicional (*positionalAccuracy*); escala (*resolutionScale*); superfície de projeção (*mappingFrame*) e método de obtenção (*observationMethod*), pertencentes à classe mais

geral (*MappedFeature*), passaram a fazer parte de todas as suas especializações, aquando da transposição para a *Geodatabase*.

A associação “*Father*”, que relaciona uma dada classe com ela própria, não é diretamente implementada no *ArcGis*, a sua transposição para *Geodatabase* só foi possível com os campos *HKey* e *fatherID* que contêm a hierarquia entre as várias instâncias da classe.

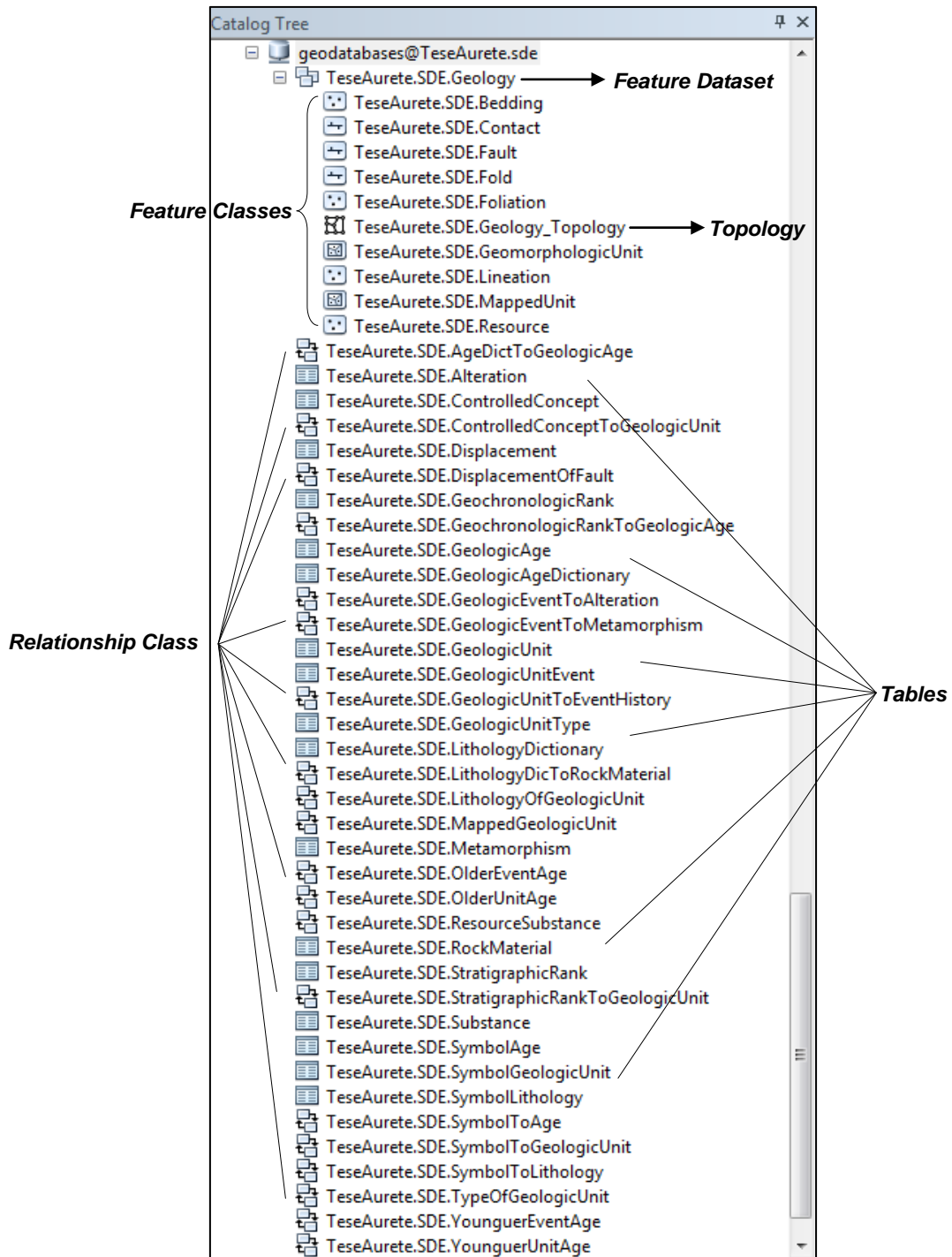


Figura 24 – Elementos da *Geodatabase* no *ArcCatalog*.

Na *Feature Dataset* foi ainda criada a topologia, de forma a assegurar as relações topológicas de adjacência e coincidência entre as *feature classes*, e evitar assim erros de edição espacial.

Para as unidades cartografadas foram definidas as seguintes regras:

- “*Must not overlap*” – não deve haver sobreposição dos polígonos adjacentes;
- “*Must not have gaps*” – não deve haver espaços vazios entre os polígonos adjacentes;
- “*Boundary Must Be Covered By*” – os polígonos devem estar delimitados pelos contactos geológicos.

Para as falhas foram asseguradas as regras:

- “*Must not self-intersect*” – as falhas não se podem auto-intersectar;
- “*May have dangles*” – as falhas podem ter pontas soltas;
- “*Must not intersect with*” – as falhas rejeitam os contactos originais (*GeneticContactTrace*).

Para os contactos foram definidas as regras:

- “*Must not have dangles*” - os contactos delimitam sempre diferentes unidades cartografadas;
- “*Must Not Intersect Or Touch Interior*” – os contactos não se podem intersectar ou tocar;
- “*Must Be Covered by Feature Class Of*” – os contactos por falha devem coincidir exatamente com o troço de falha respetivo.

### **4.3 Caso de estudo: A Antiforma do Rosário**

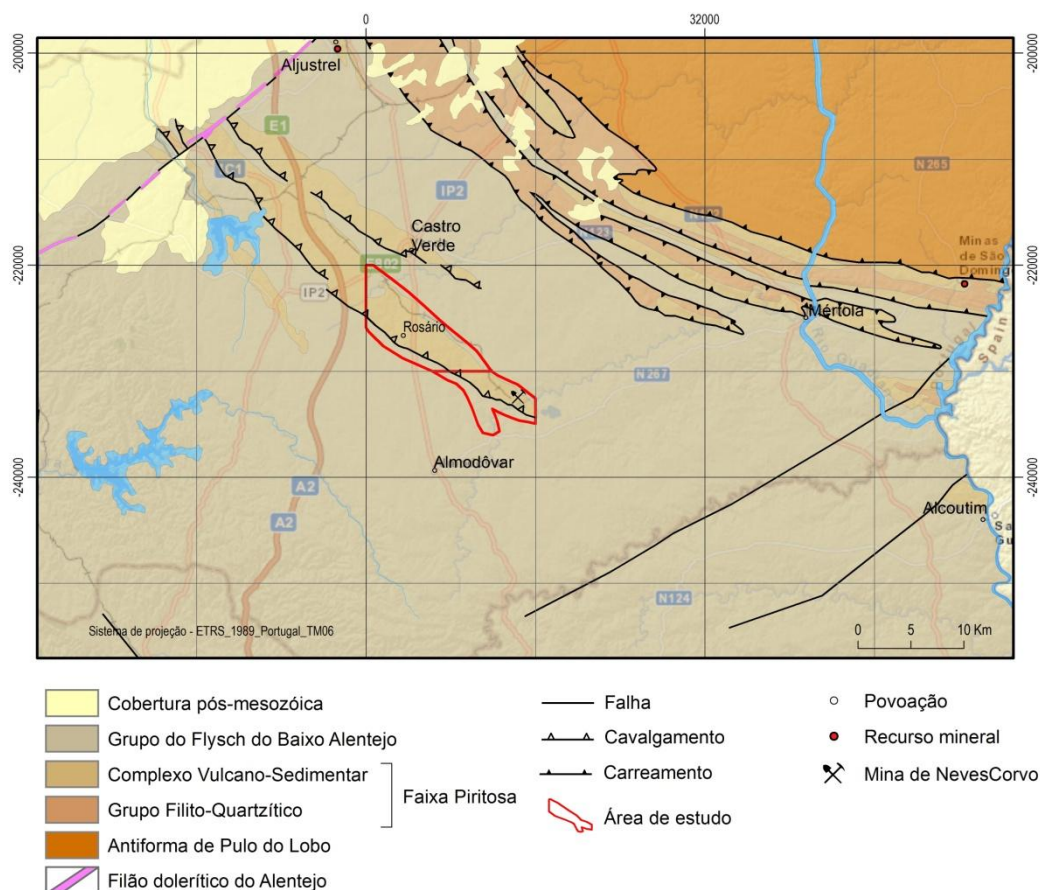
Para avaliar a capacidade de resposta do modelo na produção de mapas geológicos, é necessário proceder ao seu carregamento e efetuar as operações de geoprocessamento necessárias.

A aplicação prática do modelo desenvolvido foi efetuada com os dados da cartografia geológica da Antiforma do Rosário. Esta opção deve-se a três razões principais:

- Área muito estudada devido ao seu potencial mineiro, de que resulta grande quantidade de informação, muita dela já em formato digital, reunindo assim condições adequadas para a aplicação da Diretiva INSPIRE;
- A Antiforma do Rosário faz parte da Folha 46C – Almodôvar, da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, cuja produção está em curso;
- Apoio da equipa de geólogos que trabalha na área.

### 4.3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo fica situada no concelho de Castro Verde, Alentejo, e insere-se no contexto geológico da Antiforma do Rosário que pertence à Faixa Piritosa Ibérica, um dos principais Domínios Tectono-Estratigráficos da Zona Sul Portuguesa (ZSP) (ver Figura 25). Na extremidade SE desta Antiforma situa-se a mina de Neves Corvo, uma das principais minas produtoras de cobre do mundo.



**Figura 25** – Localização da área de estudo, geologia adaptada da Carta Geológica de Portugal à escala 1:1 000 000 do LNEG, edição de 2010.

### 4.3.2 Dados utilizados

Foram utilizados dados do LNEG, nomeadamente a cartografia geológica à escala 1:25 000 contida nas folhas nº 556 e 564, no formato vetorial (*shapefile*), e o relatório final do projeto VolcRosário produzido para a Lundin (Rosa et al., 2011). Nesta fase foi igualmente essencial o conhecimento de campo do Professor Doutor José Tomás Oliveira, geólogo responsável por esta cartografia.

A preparação dos dados foi precedida de uma fase de análise da informação recolhida, que permitiu dividir a informação nos temas esquematizados na Tabela 7. Os temas da Tabela 7

assinalados com um asterisco não foram utilizados mas poderão ser implementados futuramente.

Dos temas apresentados na Tabela 7, foram selecionados cinco, tendo os restantes sido criados e/ou desdobrados, em função dos requisitos do modelo desenvolvido neste trabalho e tendo por base a informação disponível. A Tabela 8 apresenta os temas e respetivos atributos utilizados na aplicação do modelo desenvolvido ao caso de estudo.

<b>Tema</b>	<b>Modelo</b>	<b>Formato</b>	<b>Sistema de referência de coordenadas</b>	<b>Fonte</b>	<b>Escala</b>	<b>Ano</b>
Estratigrafia	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Palinostratigrafia*	Tabular	Tabela	-	LNEG	-	2011
Geoquímica*	Tabular	Tabela	-	LNEG	-	2011
Geocronologia*	Tabular	Tabela	-	LNEG	-	2011
Contacto	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Falha	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Dobra	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Estratificação	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Xistosidade	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Amostra*	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Sondagem*	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Recurso Mineral	Vetorial	shapefile	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	2010
Fotografia*	Digital	JPG	-	LNEG	-	2010
Minuta de campo*	Matricial	JPG	Lisboa- Hayford- Gauss- lgeoE	LNEG	1:25 000	1998

**Tabela 7** – Características dos temas identificados a partir da análise dos dados disponíveis sobre a Antiforma do Rosário. Os temas assinalados com um \* não foram considerados na aplicação do modelo de dados.

Na estrutura existente, a informação litológica estava agrupada no mesmo campo da tabela de atributos do tema da Estratigrafia, passando a estar na nova estrutura individualizada e associada à unidade geológica que é constituída por cada uma das litologias.

Relativamente à idade, para cada unidade geológica existia um atributo nominativo que incluía a descrição da idade da base e do topo, que na nova estrutura foi substituído por dois campos identificadores da idade inferior e da idade superior.

Em relação aos termos usados, foi estabelecida a correspondência entre os conceitos portugueses e ingleses dos vocabulários usados. Este processo foi mais ou menos direto, havendo apenas a salientar a necessidade de adaptar alguns termos litológicos ao termo mais geral do dicionário de litologias, 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 dicionário de litologias usado.

<b>Tema</b>	<b>Atributos</b>
Unidade cartografada	Identificador, Código da unidade geológica, Método de obtenção, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Rótulo.
Unidade geológica	Identificador, Código da unidade geológica, Nome, Condição da unidade, Referência bibliográfica onde foi definida, Local onde definida, Método de obtenção, URI, Espessura em metros, Categoria estratigráfica, Tipo de unidade geológica, Morfologia, Cor do afloramento, Qualidade do afloramento, Regra de representação.
Idade	Identificador, Código da unidade geológica, Idade absoluta inferior e superior em Ma, Idade relativa inferior e superior, URI, Regra de representação.
Litologia	Identificador, Código da unidade geológica, Litótipo, URI, Proporção das litologias, Papel das litologias, Composição litológica, Categoria genética, Grau de consolidação, Regra de representação.
Alteração	Identificador, Código da unidade geológica, Tipo de alteração, Grau de alteração, Distribuição da alteração, Produto de alteração.
Metamorfismo	Identificador, Código da unidade geológica, Fácies metamórfica, Grau de metamorfismo, Valores máximos de pressão e temperatura, Protólito.
Contacto	Identificador, Tipo de contacto, Caráter do contacto, Método de obtenção, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Regra de representação.
Falha	Identificador, Nome, Tipo de falha, Caráter da falha, Estilo de deformação, Comprimento total, Azimute, Inclinação, Taxa de atividade, Deslocamento máximo estimado, Tipo e sentido do movimento, Método de obtenção, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Regra de representação.
Dobra	Identificador, Tipo de dobra, Método de obtenção, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Regra de representação.
Estratificação	Identificador, Tipo de estratificação, Método de obtenção, Método de medição, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Azimute, Inclinação, Polaridade, Rótulo, Regra de representação.
Xistosidade	Identificador, Tipo de xistosidade, Método de obtenção, Método de medição, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Azimute, Inclinação, Rótulo, Regra de representação.
Recurso mineral	Identificador, Nome, Tipo de recurso, Substância explorada, Método de obtenção, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Rótulo, Regra de representação.
Geomorfologia	Identificador, Tipo de unidade geomorfológica, Nome, Método de obtenção, Exatidão posicional, Resolução, Superfície de projeção, Regra de representação.

**Tabela 8** – Temas e respetivos atributos utilizados.

Alguns campos não puderam ser preenchidos por ainda não terem sido definidos, por exemplo os URI das Formações Geológicas.

Os troços de falha tiveram de ser agregados em segmentos de falha e para cada um foi inferido o tipo e sentido do movimento.

### 4.3.3 Resultados

A aplicação do modelo ao caso de estudo teve três objetivos principais:

- Servir de exemplo real à implementação do modelo na cartografia geológica;
- Permitir testar a efetiva capacidade de resposta do modelo desenvolvido;
- Permitir obter os mapas litostratigráfico, litológico e de idade da área de estudo.

A metodologia de aplicação do modelo à área de estudo processou-se de forma faseada, através das ferramentas disponibilizadas pelo ArcToolbox, que possibilitaram efetuar as seguintes operações:

- Projeção dos temas originais do sistema Lisboa-Hayford-Gaus-IgeoE, para o sistema ETRS 1989 Portugal TM06, com a ferramenta *Project (Data Management Tools->Projections and Transformations->Feature->Projection)* e o método de transformação de Bursa-Wolf;
- Preenchimento dos domínios com os termos correspondentes dos vocabulários usados, com a ferramenta *Table to Domain (Data Management Tools->Domains ->Table to Domain)*;
- Carregamento dos Dicionários de litologias, idades e formações com a ferramenta *Append (Data Management Tools->General->Append)*;
- Carregamento das *feature classes* e tabelas alfanuméricas com a ferramenta *Append (Data Management Tools->General->Append)*;
- Preenchimento das chaves estrangeiras, com as ferramentas *Join (Data Management Tools->Joins->Add Join)* e *Calculate Field (Data Management Tools->Fields->Calculate Field)*
- Preenchimento das tabelas de relação, com a ferramenta *Table To Relationship Class (Data Management Tools->Relationship Classes->Table To Relationship Class)*;
- Aplicação das representações cartográficas, com a ferramenta *Add Representation (Cartography Tools->Representation Management->Add Representation)*, optando pela importação do ficheiro *lyr* com as regras de representação previamente criadas;
- Cálculo das regras de representação (processo ilustrado na Figura 26 e explicado no ponto 4.3.3.2).

#### 4.3.3.1 Simbologia e Representações Cartográficas

Na produção de cartas geológicas são utilizados símbolos próprios para representar os elementos gráficos, do tipo ponto, linha e polígono, que compõem um mapa. A maneira como os símbolos são criados vai determinar a qualidade do mapa impresso, pelo que o processo de criação de simbologia é ao mesmo tempo uma técnica e uma arte. A ESRI disponibiliza as representações cartográficas que permitem criar simbologia com a qualidade necessária à publicação de cartas geológicas. Esta ferramenta permite também associar múltiplas representações cartográficas à *Geodatabase*, procedimento necessário à produção temática de mapas geológicos.

Na UGCG, as representações cartográficas e respetivas regras têm sido criadas à medida das necessidades, tendo por base o Catálogo de Normas para a Cartografia Geológica Digital (Cunha, 2008), cuja atualização está em curso. Cada regra é associada a um número que muda de cada vez que a regra é adicionada a um novo mapa. No entanto, é possível criar regras com identificadores únicos, que possibilitam representar a mesma regra pelo mesmo número, sempre que é adicionada a um novo mapa com a adoção do seguinte procedimento:

- Definição da simbologia e regras de representação a atribuir a todas as unidades geológicas que constituem a sequência estratigráfica portuguesa, se possível a todas as escalas de publicação da cartografia geológica;
- Criação de múltiplas representações cartográficas e respetivos ficheiros *lyr* para cada escala de publicação de cartografia geológica;

No momento de produzir um novo mapa geológico as operações a efetuar são as seguintes:

- Adição das representações cartográficas, com a ferramenta *Add Representation (Cartography Tools->Representation Management->Add Representation)*, optando pela importação do ficheiro *lyr* criado anteriormente;
- Cálculo das regras de representação para cada um dos polígonos da Unidade Cartografada, com a ferramenta *Calculate Representation Value (Cartography Tools->Representation Management-> Calculate Representation Value)*.

Neste trabalho, para a litologia e idade foram definidos os códigos das cores (*colorCode*) e criadas as regras de representação, com base nas especificações do projeto 1G-E (ver Tabelas 9 e 10).

Os códigos de cor foram estabelecidos de modo a permitir identificar imediatamente a respetiva cor. Assim, o esquema de codificação proposto para a litologia contém a sigla da entidade que definiu a cor, a letra L que indica que é uma cor atribuída a uma litologia e o número da regra de representação. Por exemplo, o código OGE-L076 atribuído ao “Dolerito”

indica que a cor foi definida no projeto 1G-E e identifica uma litologia representada pela regra número 76.

Para a idade, o esquema de codificação seguido foi o mesmo da litologia, apenas substituindo o L pela letra A de *Age*. Por exemplo, o código ISC-A001 atribuído ao Holocénico está definido na ISC e identifica uma idade representada pela regra número 1.

Para a litostratigrafia, foram definidos os símbolos (cor e/ou padrão) e criadas as regras de representação, para todas as unidades geológicas que ocorrem na área de estudo, com base nos seguintes documentos, por ordem de prioridade:



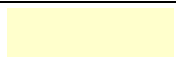










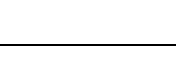




- Normas ISO 710-2 - *Representation of sedimentary rocks* e ISO 710-3 - *Representation of magmatic rocks*;
- Especificações do projeto 1G-E (Asch et al., 2010);
- Catálogo de Normas para a Cartografia Geológica Digital do LNEG.

Também foram definidos os códigos das cores (*colorCode*) e padrões (*patternCode*) da simbologia adotada representada na Tabela 11.

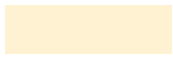
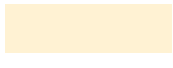
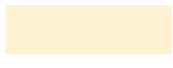








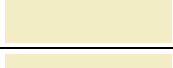



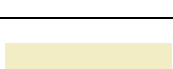
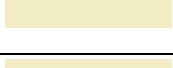

Os códigos das cores das unidades litostratigráficas foram estabelecidos da mesma forma que para a litologia e idade. Os padrões foram divididos em categorias consoante a natureza da rocha, sendo que a cada categoria foi atribuído um número seguido de uma letra que identifica a cor do padrão. Por exemplo, o código 80-P é utilizado para representar o “Cascalho”, que é uma rocha detrítica não consolidada, logo representada pelo arranjo irregular de símbolos cuja forma e dimensão faz lembrar os grãos do cascalho, segundo a Norma ISO 710-2. A letra P indica a cor preta dos símbolos.

No modelo de BD desenvolvido, as regras de representação foram armazenadas como chaves primárias (*ID*) das tabelas de simbologia, (*SymbolGeologicUnit*), (*SymbolLithology*) e (*SymbolAge*), tendo sido posteriormente associadas à Unidade Geológica (*GeologicUnit*), à Litologia (*LithologyDictionary*) e à Idade (*GeologicAgeDictionary*), como chaves estrangeiras identificadas pelos campos *symbolGeologicUnitID*, *symbolLithologyID* e *symbolAgeID*.

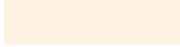
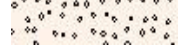
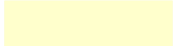

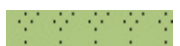



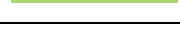









Esta estruturação é fundamental para o cálculo automático das regras de representação cartográfica de cada um dos polígonos da Unidade Cartografada. Este procedimento é explicado no próximo ponto.

ID da regra	Representação	Unidade geológica	Litologia	Proporção	Código da cor
82		Aluvião	Areia	Dominante	OGE-L082
81		Depósitos de ranha	Cascalho	Principal	OGE-L081
81		Depósitos de vertente	Cascalho	Total	OGE-L081
101		Formação de Mértola	Arenito impuro	Predominante	OGE-L101
139		Formação de Brancanes	Xisto	Dominante	OGE-L139
139		Formação de Godinho	Xisto e tufito	Variável	OGE-L139
139		Unidade dos Xistos Borra de Vinho	Xisto	Total	OGE-L139
105		Formação de Grandaços	Argilito laminado	Principal	OGE-L105
105		Formação de Ribeira de Cobres	Argilito laminado	Principal	OGE-L105
76		Dolerito	Rocha dolerítica	Total	OGE-L076
121		Jaspe	Rocha sedimentar siliciosa não detrítica	Total	OGE-L121
121		Cherte	Rocha sedimentar siliciosa não detrítica	Total	OGE-L121
47		Vulcanito ácido	Riolito	Dominante	OGE-L047
57		Vulcanito básico	Basalto	Dominante	OGE-L057
139		Unidade dos Xistos Negros Carbonosos	Xisto	Total	OGE-L139
119		Calcários do Monte Forno da Cal	Calcário impuro	Total	OGE-L119
137		Formação Filito-Quartzítica	Filito	Principal	OGE-L137
139		Membro da Ribeira de Barrancão	Xisto	Dominante	OGE-L139

**Tabela 9** – Simbologia e regras de representação cartográfica das litologias dominantes do mapa litológico da Antiforma do Rosário, representado na Figura 27B.

ID da regra	Representação	Unidade geológica	Idade da base	Código da cor
2		Aluvião	Plistocénico Superior	ISC-A002
2		Depósitos de ranha	Plistocénico Superior	ISC-A002
2		Depósitos de vertente	Plistocénico Superior	ISC-A002
95		Jaspe	Viseano	ISC-A095
95		Formação de Mértola	Viseano	ISC-A095
95		Formação de Brancanes	Viseano	ISC-A095
95		Formação de Godinho	Viseano	ISC-A095
95		Unidade dos Xistos Borra de Vinho	Viseano	ISC-A095
95		Formação de Grandaços	Viseano	ISC-A095
95		Formação de Ribeira de Cobres	Viseano	ISC-A095
95		Cherte	Viseano	ISC-A095
99		Dolerito	Fameniano	ISC-A099
99		Vulcanito ácido	Fameniano	ISC-A099
99		Vulcanito básico	Fameniano	ISC-A099
99		Unidade dos Xistos Negros Carbonosos	Fameniano	ISC-A099
99		Calcários do Monte Forno da Cal	Fameniano	ISC-A099
99		Formação Filito-Quartzítica	Fameniano	ISC-A099
99		Membro de Ribeira de Barrancão	Fameniano	ISC-A099

**Tabela 10** – Simbologia e regras de representação cartográfica das idades inferiores do mapa de idades da Antiforma do Rosário, representado na Figura 27C.

ID da regra	Representação	Unidade geológica	Código da unidade	Rótulo	Código da cor	Código do padrão
1		Aluvião	Qa	Q <sub>a</sub>	ISC-A001	-
2		Depósitos de ranha	ra	ra	ISC-A001	80-P
3		Depósitos de vertente	Qv	Q <sub>v</sub>	OGE-L081	-
5		Formação de Mértola	HMt	H <sub>Mt</sub>	ISC-A098	-
6		Formação de Brancanes	CVSBr	CVS <sub>Br</sub>	ISC-A095	113-P
7		Formação de Godinho	CVSGo	CVS <sub>Go</sub>	ISC-A095	-
8		Unidade dos Xistos Borra de Vinho	CVSbv	CVS <sub>bv</sub>	LNEG-L042	-
9		Formação de Gradaços	CVSGr	CVS <sub>Gr</sub>	ISC-A095	127-E
10		Formação de Ribeira de Cobres	CVSRC	CVS <sub>RC</sub>	ISC-A095	137-E
11		Dolerito	CVSVd	CVS <sub>Vδ</sub>	OGE-L076	-
4		Jaspe	j	j	OGE-L121	-
12		Cherte	ch	ch	OGE-L121	-
13		Vulcanito ácido	CVSVa	CVS <sub>Vα</sub>	OGE-L047	-
14		Vulcanito básico	CVSVb	CVS <sub>Vβ</sub>	OGE-L057	-
15		Unidade dos Xistos Negros Carbonosos	CVSxn	CVS <sub>xn</sub>	OGE-L139	-
16		Calcários do Monte Forno da Cal	ca	ca	OGE-L119	-
17		Formação Filito-Quartzítica	DFQ	D <sub>FQ</sub>	ISC-A109	-
18		Membro de Ribeira de Barrancão	DBa	D <sub>Ba</sub>	ISC-A101	-

**Tabela 11** – Simbologia e regras de representação cartográfica das unidades geológicas do mapa litostratigráfico da Antiforma do Rosário, representado na Figura 27A.

#### 4.3.3.2 Produção dos mapas litostratigráfico, litológico e de idade

Para a produção dos mapas litostratigráfico, litológico e de idade foram desenvolvidos em *ModelBuilder* os modelos apresentados na Figura 26, dos processos implementados que consistiram nas seguintes operações:

- Aplicação das representações cartográficas, com a ferramenta *Add Representation* (*Cartography Tools->Representation Management->Add Representation*), optando pela importação do ficheiro *lyr* com as regras de representação previamente criadas. Esta operação foi executada três vezes para adicionar à Unidade Cartografada (*MappedUnit*) as representações cartográficas relativas à litostratigrafia, litologia e idade;
- Cálculo das regras de representação da litostratigrafia, através das operações *Add Join* (*Data Management Tools->Joins->Add Join*) e *Calculate Field* (*Data Management Tools->Fields->Calculate Field*), representadas no modelo da Figura 26A;
- Cálculo das regras de representação da litologia, através das operações *Add Join* (*Data Management Tools->Joins->Add Join*), *Make Query Table* (*Data Management Tools->Layers and Table Views->Make Query Table*) para criar uma tabela de seleção das litologias totais, dominantes, predominantes e principais, e *Calculate Field* (*Data Management Tools->Fields->Calculate Field*), representadas no modelo da Figura 26B;
- Cálculo das regras de representação da idade inferior, através das operações *Add Join* (*Data Management Tools->Joins->Add Join*) e *Calculate Field* (*Data Management Tools->Fields->Calculate Field*), representadas no modelo da Figura 26C.

Os mapas litostratigráfico, da litologia dominante e da idade da base representados na Figura 27, foram obtidos no *ArcMap* através da opção por cada uma das representações cartográficas (litostratigrafia, litologia e idade), aquando da simbolização da *layer* das unidades cartografadas (*MappedUnit*).

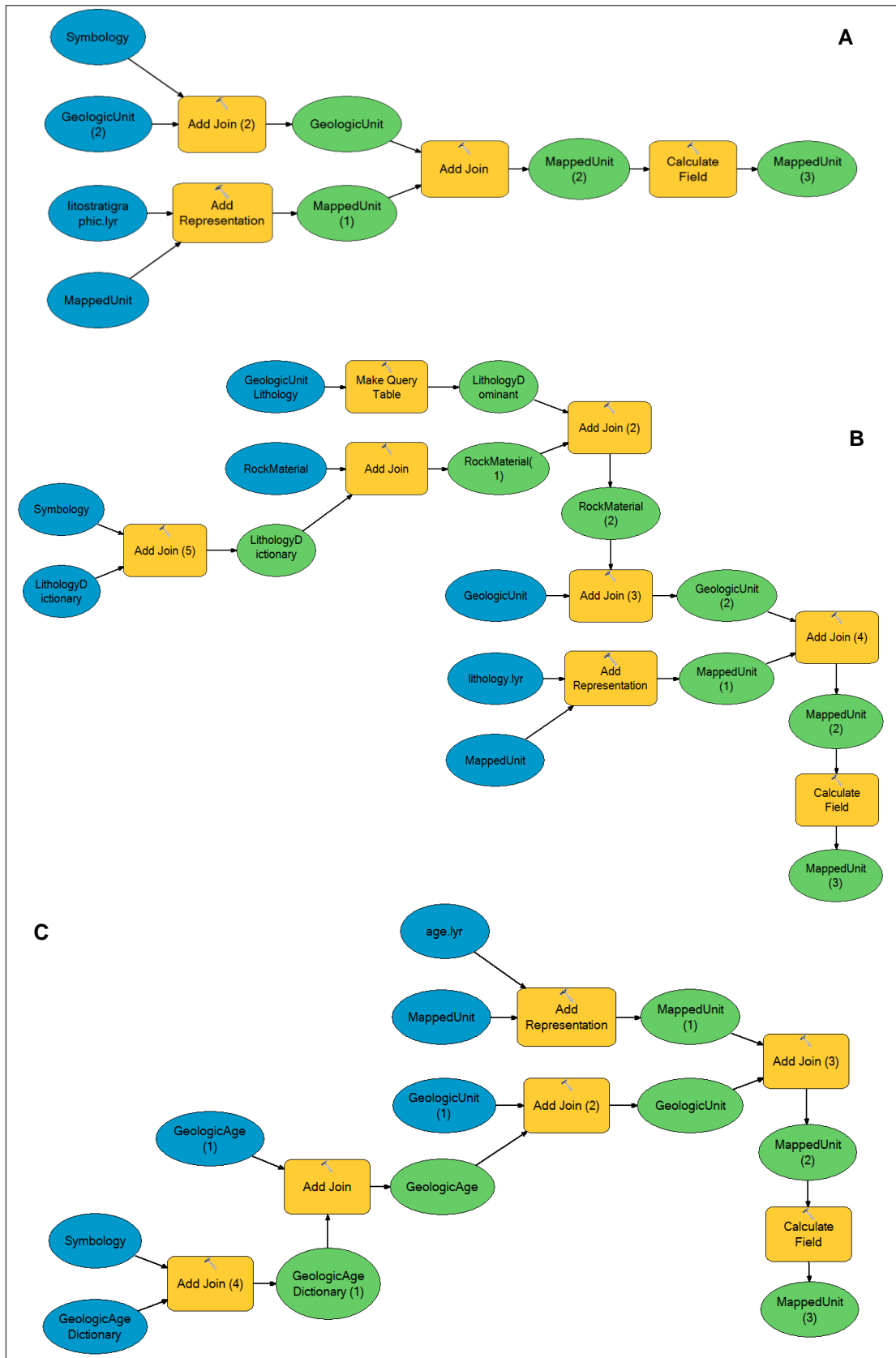
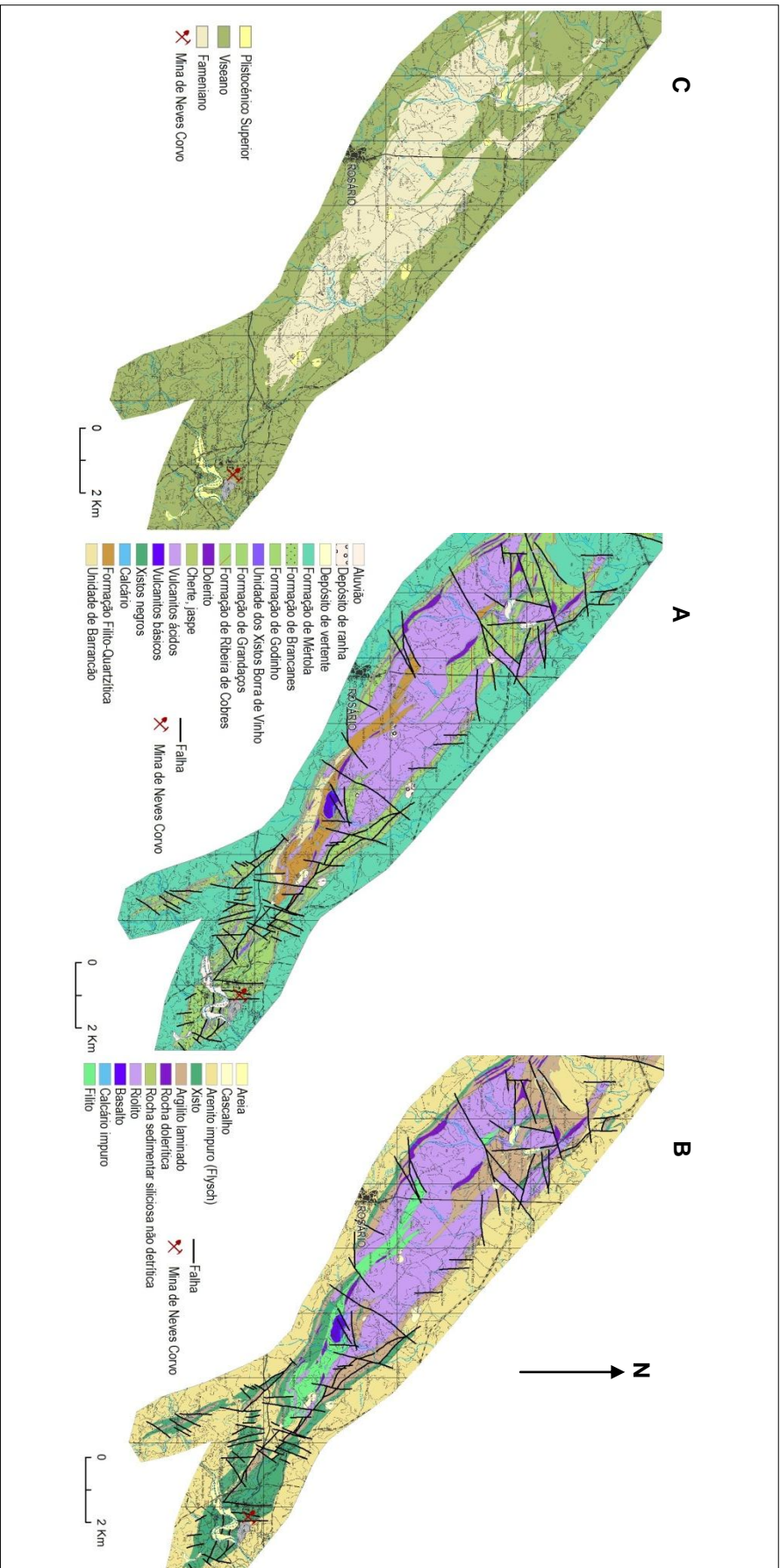


Figura 26 – Modelos em *Model Builder* dos processos implementados para obtenção dos mapas litostratigráfico (A), litológico (B) e de idade (C).



**Figura 27** – Ilustrações dos mapas litostratigráfico (A), litológico (B) e de idade (C), obtidos pelo modelo de dados. Cartografia geológica do LNEG realizada por Oliveira et al., 2010.

#### 4.4 Síntese conclusiva

A análise do modelo de dados INSPIRE UML para o tema da Geologia, permitiu saber quais as classes, atributos e respetivas associações foram consideradas nucleares no âmbito da Diretiva. No entanto, para a produção de cartografia geológica são necessários outros elementos que tiveram de ser adicionados.

A Tabela 12 mostra o mapeamento das classes e atributos do esquema de aplicação *GeologyCore* e seus equivalentes no modelo desenvolvido neste trabalho, facilitando a identificação das classes e atributos obrigatórios no âmbito da INSPIRE. Existem classes do modelo INSPIRE que não puderam ser incluídas neste trabalho por apenas terem sido disponibilizadas em Julho de 2012, com a versão 3.0 das especificações para a geologia.

Como o SIG que suporta a produção de cartografia geológica no LNEG tem por base o software *ArcGis Desktop*, e o formato de BD utilizado é a *File Geodatabase*, foi necessário transpor o modelo INSPIRE UML para *Geodatabase*. Este processo não é direto e envolveu a modelação da *Geodatabase* com software *Enterprise Architect*, o mesmo que está a ser utilizado pelos vários TWG na modelação dos esquemas de aplicação para cada um dos temas dos Anexos I, II e III da INSPIRE. No entanto, o perfil UML usado difere do que está a ser utilizado pelos grupos de trabalho INSPIRE. Trata-se de um perfil próprio para modelação de *Geodatabases* em UML que disponibiliza todos os elementos necessários para a sua construção.

O *Enterprise Architect* permitiu a exportação da *Geodatabase* UML para um ficheiro XML que foi implementado no Sistema de Informação Geocientífica do LNEG para gerar automaticamente a estrutura da *Geodatabase* pretendida.

A aplicação do modelo de dados à cartografia geológica da Antiforma do Rosário permitiu testar e confirmar a sua capacidade de resposta e obter os mapas litostratigráfico, litológico e de idade, através da realização das necessárias operações de geoprocessamento. A metodologia usada processou-se de forma faseada:

- Transformação de coordenadas;
- Carregamento dos domínios, *feature classes* e tabelas;
- Preenchimento das chaves-estrangeiras e tabelas de relação;
- Aplicação das representações cartográficas e cálculo das regras de representação.

Por fim, apresentou-se uma proposta de um esquema de codificação da simbologia (cores e padrões) para a produção de cartas geológicas que permite identificar imediatamente o respetivo símbolo e a regra de representação associada.

Classes INSPIRE GE	Atributos INSPIRE GE	Classes Modelo Tese	Atributos Modelo Tese
<i>GeologicFeature:</i> <i>GeomorphologicFeature:</i> <i>AnthropogeneticGeomorphologicFeature</i>	<i>anthropogeneticGeomorphologicFeatureType</i>	<i>GeologicFeature:</i> <i>GeomorphologicFeature:</i> <i>MappedFeature:</i> <i>GeomorphologicUnit:</i> <i>AnthropogeneticGeomorphologicFeature</i>	<i>type</i>
<i>CompositionPart</i>	<i>role</i>	<i>GeologicUnitLithology</i>	<i>role</i>
	<i>proportion</i>		<i>proportion</i>
	<i>material</i>	<i>GeologicFeature: EarthMaterial:</i> <i>CompoundMaterial:</i> <i>RockMaterial</i>	<i>LithologyDictionary</i> (associação)
<i>GeologicFeature:</i> <i>GeologicStructure: Fold</i>	<i>profileType</i>	<i>GeologicFeature:</i> <i>GeologicStructure:</i> <i>MappedFeature: Fold</i>	<i>type</i>
<i>GeologicEvent</i>	<i>name</i>	<i>GeologicUnitEvent</i>	-
	<i>eventEnvironment</i>		<i>eventEnvironment</i>
	<i>eventProcess</i>		<i>eventType</i>
	<i>olderNamedAge</i>		<i>GeologicAge</i> (associação)
	<i>youngerNamedAge</i>		<i>GeologicAge</i> (associação)
<i>GeologicFeature</i>	<i>inspireID</i>	<i>GeologicFeature</i>	-
	<i>name</i>		-
<i>GeologicFeature:</i> <i>GeologicStructure</i>		<i>GeologicFeature:</i> <i>GeologicStructure</i>	
<i>GeologicFeature: GeologicUnit</i>	<i>geologicUnitType</i>	<i>GeologicFeature: GeologicUnit</i> <i>GeologicFeature:</i> <i>MappedFeature: MappedUnit</i>	<i>GeologicUnitType</i> (associação) <i>MappedGeologicUnit</i> (associação)
<i>GeologicFeature:</i> <i>GeomorphologicFeature</i>		<i>GeologicFeature:</i> <i>GeomorphologicFeature</i>	
<i>MappedFeature</i>	<i>shape</i>	<i>MappedFeature</i>	-
	<i>mappingFrame</i>		<i>mappingFrame</i>
<i>GeologicFeature:</i> <i>GeomorphologicFeature:</i> <i>NaturalGeomorphologicFeature</i>	<i>naturalGeomorphologicFeatureType</i>	<i>GeologicFeature:</i> <i>GeomorphologicFeature:</i> <i>MappedFeature:</i> <i>GeomorphologicUnit:</i> <i>NaturalGeomorphologicFeature</i>	<i>type</i>
<i>GeologicFeature:</i> <i>GeologicStructure:</i> <i>ShearDisplacementStructure</i>	<i>faultTypeTerm</i>	<i>GeologicFeature:</i> <i>GeologicStructure:</i> <i>MappedFeature: Fault</i>	<i>type</i>

**Tabela 12** – Mapeamento entre as classes e atributos do esquema de aplicação *GeologyCore* INSPIRE GE e do modelo desenvolvido neste trabalho.

## 5 CONCLUSÕES

À semelhança dos seus congéneres europeus, a Diretiva INSPIRE obriga o LNEG a harmonizar os dados da cartografia geológica digital e a efetuar a sua disponibilização de acordo com as disposições de execução aprovadas, contribuindo deste modo para a desejada interoperabilidade da informação espacial Europeia. Esta obrigatoriedade determinou o principal objetivo deste trabalho, que consistiu na implementação do modelo de dados INSPIRE GE na produção de cartografia geológica digital no LNEG.

O principal resultado obtido foi uma infraestrutura que responde eficazmente ao objetivo proposto e vai mais além, ao incorporar outras entidades não obrigatórias no âmbito da INSPIRE, mas essenciais à produção de cartografia geológica. A sua integração na IDE do LNEG irá seguramente reformular os procedimentos e formas de trabalho beneficiando, quer quem produz quer quem utiliza os dados da cartografia geológica.

A metodologia adotada na implementação do modelo de dados processou-se em quatro fases, com a obtenção dos resultados que se apresentam de seguida.

### 5.1 Discussão

A análise realizada na Fase 1 permitiu definir uma metodologia de implementação do modelo INSPIRE GE na produção de cartografia geológica.

A Fase 2 consistiu na modelação de uma *Geodatabase* em UML, com software *Enterprise Architect*, tendo por base as especificações provisórias da INSPIRE para a Geologia (a aprovação do documento final está prevista para finais de 2012). Esta ferramenta permite exportar a *Geodatabase* para um ficheiro XML, usado pelo *ArcGis* para gerar automaticamente a estrutura pretendida, e possibilita efetuar as iterações necessárias ao seu aperfeiçoamento e desenvolvimento. A *Geodatabase* assim obtida apresenta as seguintes vantagens:

- Está integrada num ambiente de modelação *open standard* e universal, com acesso aos normativos e requisitos INSPIRE;
- Permite estabelecer relações com outros modelos de dados UML (*GeoSciML* e outros).

A Fase 3 consistiu na implementação da *Geodatabase* no Sistema de Informação Geocientífica do LNEG, assente em software *ArcGis* e *SQL Server*. Obteve-se deste modo uma BD relacional centralizada, com infraestrutura SGBD em *SQL Server 2008*, o que permite estabelecer políticas de *backup* eficientes e definir diferentes tipos de acesso, destacando-se a capacidade de edição simultânea.

Para além destas vantagens diretas a IDE obtida, apresenta outras vantagens igualmente relevantes:

- Possui compatibilidade com o SIG que suporta a produção de cartografia geológica;
- Elimina a duplicação de informação;
- Contribui para a estruturação dos dados da cartografia geológica de acordo com as normas internacionais;
- Contribui para a classificação e harmonização dos dados da cartografia geológica;
- Contribui para a consistência dos dados da cartografia geológica;
- Facilita a integração de outro tipo de informação, promovendo a produção de novos produtos;
- Facilita a realização de operações de análise espacial;
- Permite interrogar a BD em linguagem *Structured Query Language* (SQL);
- Permite a implementação de operações de geoprocessamento na produção de cartas geológicas;
- Facilita a disponibilização das cartas geológicas através de *GeoWebServices*;
- Contribui para a interoperabilidade e reutilização dos dados da cartografia geológica;
- Permite responder adequadamente à implementação da infraestrutura europeia de dados geológicos digitais (EGDI), uma iniciativa que está a decorrer com a participação de todos os Serviços Geológicos europeus.

A aplicação do modelo de dados ao caso de estudo, realizada na Fase 4, permitiu implementar operações de geoprocessamento, necessárias ao cálculo automático das regras de representação, essenciais para a obtenção dos mapas litostratigráfico, litológico e de idade da Antiforma do Rosário. Nesta Fase apresentou-se ainda uma proposta de um esquema de codificação da simbologia (cores e padrões) para a produção de cartografia geológica, que possui a vantagem de permitir identificar imediatamente o símbolo e regra de representação associada.

## **5.2 Limitações e Desenvolvimentos futuros**

A aplicação do modelo desenvolvido ao caso de estudo permite concluir que a sua utilização na cartografia geológica produzida no LNEG, é viável. Constituindo um primeiro contributo para a harmonização dos dados, simplificado, por se tratar de uma pequena área de estudo, pertencente à Faixa Piritosa Ibérica (um dos Domínios Tectono-Estratigráficos

melhor estudados). No entanto, a aplicação do modelo desenvolvido à totalidade dos dados da cartografia geológica irá certamente levantar problemas na harmonização semântica dos termos usados, cuja resolução poderá passar pelo desenvolvimento de ontologias.

Na produção de cartografia geológica existe muito mais informação suscetível de ser tratada e modelada. Para o caso de estudo os temas Palinostratigrafia, Geoquímica, Geocronologia, Amostra, Sondagem, Fotografia e Minuta de campo não foram utilizados mas poderão ser implementados futuramente.

A implementação da INSPIRE no LNEG tem sido uma realidade com a implementação das seguintes ações já concretizadas:

- Produção e manutenção dos metadados institucionais normalizados e harmonizados em conformidade com a INSPIRE;
- Implementação de serviços de visualização e *download* de dados espaciais: WCS, WMS e WFS.

Logo após a aprovação, pelo Comité INSPIRE, das disposições de execução relativas às especificações de dados para a Geologia, que está previsto acontecer até final de 2013, o LNEG terá um período de dois anos para disponibilizar os dados novos, e de sete anos para os restantes.

Em paralelo deverá proceder à harmonização dos CDG, de forma a torná-los interoperáveis. Em relação a este ponto, as ações a realizar, que poderão levar em conta o modelo desenvolvido, passarão inevitavelmente pela reestruturação dos dados da cartografia geológica, com a implementação dos seguintes procedimentos:

- Estabelecer as correspondências entre as tabelas e atributos originais e os propostos pela INSPIRE;
- Adicionar novas tabelas, atributos e associações entre tabelas, tendo por base as especificações de dados INSPIRE;
- Estabelecer as equivalências de significado entre os termos originais e os propostos nos dicionários e vocabulários de uso controlado, definidos pela INSPIRE;
- Acautelar o registo de termos específicos da geologia portuguesa nos vocabulários INSPIRE, com a criação de URI únicos;
- Criar os inspireID de acordo com as regras que forem estabelecidas pelas especificações INSPIRE.

A INSPIRE também recomenda a verificação da consistência dos dados a outros níveis, sendo assim importante assegurar a:

- Consistência na representação das relações espaciais entre os vários elementos de uma carta geológica;
- Consistência dos dados da cartografia geológica em diferentes escalas de representação (*inter-representation consistency*);
- Consistência na representação dos elementos geológicos sobre a base topográfica de referência (*inter-theme consistency*);
- Consistência transfronteiriça (garantir a coerência entre a cartografia geológica portuguesa e a espanhola).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHITECTURE AND STANDARDS WORKING GROUP, 2002, INSPIRE Architecture and Standards Position Paper: Ispra, JRC-Institute for Environment and Sustainability, 64 p.
- ASCH, K., BRODARIC, B., LAXTON, J. L., e ROBIDA, F., 2004, An International initiative for data harmonization in *Geology, 10 th EC GI & GIS Workshop, ESDI State of the Art*. Warsaw, Poland.
- 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.
- BERNERS-LEE, T., HENDLER, J., e LASSILA, O., 2001, The Semantic Web: *Scientific American*, 284 (5), 34-43.
- CALCAGNO, P., CHILÈS, J. P., COURRIOUX, G., e GUILLEN, A., 2008, Geological modelling from field data and geological knowledge: Part I. Modelling method coupling 3D potential-field interpolation and geological rules: *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v. 171, no. 1-4, p. 147-157.
- CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL, 2010, Escala 1:1 000 000, LNEG-LGM. Lisboa.
- CAUMON, G., 2010, Towards Stochastic Time-Varying Geological Modeling: *Mathematical Geosciences*, v. 42, no. 5, p. 555-569.
- CODD, E. F., 1970, A relational model of data for large shared data banks: *Communications ACM*, v. 13, no. 6, p. 377-387.
- CUNHA, T. A., 2008, Catálogo de Normas para Cartografia Geológica Digital: Lisboa, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 74 p.
- CUNHA, T. A., e MARNOTO, J. I., 1998, The Portuguese Geological Map. The digital geological map (1:25 000) Portuguese project and the optimization of its integration in GIS, *GisPlanet 98 - International Conference and Exhibition on Geographic Information*: Lisboa.
- CUNHA, T. A., e PORTEIRO, A., 1998, Produção de Cartografia Geológica Digital no Instituto Geológico e Mineiro, *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, v. 84: Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, p. A99-A102.
- DECRETO-LEI nº 354/2007 de 29 de Outubro. Diário da República, 1ª série – Nº 208 de 29.10. 2007, p. 7903-7907.

- DECRETO-LEI nº 180/2009 de 7 de Agosto. Diário da República, 1ª série – Nº 152 de 7.08. 2009, p. 5132-5139.
- DIRECTIVA 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)], p. 1-14.
- DTDS, 2008, D2.6: Methodology for the development of data specifications, INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 123p.
- DTDS, 2010, D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.3, INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 137 p.
- DTDS, 2012, D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, Version 3.3rc2, INSPIRE Drafting Team Data Specifications, 39 p.
- FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE, 2006, FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization: Reston, Va., Federal Geographic Data Committee, 296 p.
- FETTES, D., e DESMONS, J., 2007, *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms*, Cambridge University Press.
- FOLHA 7C-MIRANDELA, 2010, Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000: Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
- FOLHA 28A-MAÇÃO, 2000, Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000: Instituto Geológico e Mineiro.
- FOLHA 28C-GAVIÃO, 1983, Carta Geológica de Portugal à escala 1: 50 000: Serviços Geológicos de Portugal.
- FONSECA, F., EGENHOFER, M., e BORGES, K. A. V., 2000, Ontologias e Interoperabilidade Semântica entre SIGs, v. 1, *GeoInfo 2000 - II Workshop Brasileiro de Geoinformática*, p. 47-65.
- GRAVESTIJN, J., KORTMAN, C., POTENZA, R., e RASSAM, G. N., 1995, *Multilingual thesaurus of geosciences*, Medford, NJ, USA, Information Today, 645 p.
- GRUBER, T. R., 1993, A translation approach to portable ontology specifications: *Knowledge Acquisition*, v. 5, no. 2, p. 199-220.
- GUARINO, N., 1997, Understanding, building and using ontologies: *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 46, no. 2-3, p. 293-310.
- HENDLER, J., 2003, Science and the Semantic Web: *Science*, v. 299, no. 5606, p. 520-521.

- INSPIRE THEMATIC WORKING GROUP GEOLOGY, 2011a, D2.8.II.4 INSPIRE Data Specification on Geology - Draft Guidelines, INSPIRE Thematic Working Group Geology, 299 p.
- INSPIRE THEMATIC WORKING GROUP GEOLOGY, 2011b, D2.8.II.4 Data Specification on Geology – Draft Guidelines, INSPIRE Thematic Working Group Geology, 299 p.
- INSPIRE THEMATIC WORKING GROUP GEOLOGY, 2012, D2.8.II/III.4 INSPIRE Data Specification on Geology - Draft Guidelines, 326 p.
- INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION, 1994, *International Stratigraphic Guide - A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*, The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, Inc., 214 p.
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES, 2012, International Chronostratigraphic Chart.
- ISO, 1974a, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part I : General rules of representation, ISO 710/I-1974 (E): Switzerland, International Organization for Standardization, 1 p.
- ISO, 1974b, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part II : Representation of sedimentary rocks, ISO 710/II-1974 (E): Switzerland, International Organization for Standardization, 9 p.
- ISO, 1974c, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part III: Representation of magmatic rocks, ISO 710/III-1974 (E): Switzerland, International Organization for Standardization, 8 p.
- ISO, 1982, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part 4: Representation of metamorphic rocks, ISO 710/4-1982 (E): Switzerland, International Organization for Standardization, 8 p.
- ISO, 1984a, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part 6 : Representation of contact rocks and rocks which have undergone metasomatic, pneumatolytic or hydrothermal transformation or transformation by weathering, ISO 710/6-1984 (E): Switzerland, International Organization for Standardization, 8 p.
- ISO, 1984b, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part 7: Tectonic symbols, ISO 710/7-1984 (E): Switzerland, International Organization for Standardization, 12 p.

- ISO, 1989, Graphical symbols for use on detailed maps, plans and geological cross-sections - Part 5: Representation of minerals, ISO 710-5: 1989 (E), International Organization for Standardization, 8 p.
- JACKSON, I., 2007, OneGeology - Making geological map data for the earth accessible: *Episodes*, v. 30, no. 1, 2 p.
- JACKSON, I., e ASCH, K., 2002, The status of digital geological mapping in Europe: The results of a census of the digital mapping coverage, approaches and standards of 29 European geological survey organisations in the year 2000: *Computers & Geosciences*, v. 28, no. 6, p. 783-788.
- JANSSEN, K., e KUCZERAWY, A., 2012, Increasing the Availability of Spatial Data held by Public Sector Bodies: Some Experiences and Guidelines from the OneGeology-Europe Project: *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, v. 7, p. 249-276.
- JULIÃO, R. P., 2010, A Directiva INSPIRE e o Sistema Nacional de Informação Geográfica: *Prospectiva e Planeamento*, v. 17, p. 75-83.
- LAIGINHAS, C., PATINHA, P., e AMADO, A. R., 1999, Os sistemas de informação em desenvolvimento no Centro de Informação Científica e Técnica do IGM, *Boletim de Minas*, v. 36: Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, p. 353-366.
- LAIGINHAS, C., PATINHA, P., BRANCO, C., LOUREIRO, M., MATOS, S., SILVA, F., e LUÍS, A. G., 2005, Sistema Nacional de Informação Geocientífica, *Geonovas*, v. 19: Lisboa, Associação Portuguesa de Geólogos, p. 73-77.
- LAXTON, J., 2008, How to map data to GeoSciML version 2.1, CGI-IUGS.
- LOUDON, T. V., 2000, Geoscience after IT Part B. Benefits for geoscience from information technology, and an example from geological mapping of the need for a broad view, in Loudon, T. V., ed., *Computer Methods in the Geosciences*, v. 17, Pergamon, p. A5-A13.
- LUDASCHER, B., LIN, K., BRODARIC, B., e 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., e VAN DER MEER, F. D., 2012, Ontology-aided annotation, visualization, and generalization of geological time-scale information from online geological map services: *Computers & Geosciences*, v. 40, p. 107-119.

- MAITRE, R. W. L., 2002, *Classification and nomenclature of Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms*, Cambridge University Press.
- MALLET, J.-L., 2004, Space–Time Mathematical Framework for Sedimentary Geology: *Mathematical Geology*, v. 36, no. 1, p. 1-32.
- MURPHY, M. A., e SALVADOR, A., 1999, International Stratigraphic Guide - An abridged version: *Episodes*, v. 22, no. 4, p. 255-271.
- NADM STEERING COMMITTEE, 2004, NADM Conceptual Model 1.0 - A conceptual model for geologic map information: U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1334.
- NEUENDORF, K. K. E., Mehl, J. J. P., e JACKSON, J. A., 2005, *Glossary of Geology*, in American Geological Institute, ed., *Glossary of Geology*.
- NEVES, M., e NEILL, H. O., 2004, *Fundamental do UML*, Lisboa, FCA - Editora de Informática, 227 p.
- OLIVEIRA, J. T., PEREIRA, Z., CARVALHO, P., PACHECO, N., e KORN, D., 2004, Stratigraphy of the tectonically imbricated lithological succession of the Neves Corvo mine area, Iberian Pyrite Belt, Portugal: *Mineralium Deposita*, v. 39, no. 4, p. 422-436.
- OLIVEIRA, J. T. e LEAL, J., 2010, Cartografia geológica da antiforma do Rosário na escala 1:25 000, LNEG.
- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM, 2012, OGC Market Report: Open Standars and INSPIRE.
- PEREIRA, A., VENÂNCIO, P., NEVES, L., GODINHO, M., FERREIRA, N., e CASTRO, P., 2008a, Remote sensing applied to geological mapping and tectonics: a study in the Viseu region (Central Portugal) *Geophysical Research Abstracts*, v. 10, 1 p.
- PEREIRA, Z., MATOS, J., FERNANDES, P., e OLIVEIRA, J. T., 2008b, Palynostratigraphy and systematic palynology of the Devonian and Carboniferous successions of the South Portuguese Zone, Portugal, *Memórias Geológicas*, v. 34: Lisboa, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, 181 p.
- REBELO, J. A., 1998, *As Cartas Geológicas ao serviço do desenvolvimento*, Lisboa, 56 p.
- REGULAMENTO (CE) Nº 1205/2008, Jornal Oficial da União Europeia, L 326/12 de 3.12.2008, Comissão Europeia [estabelece as modalidades de aplicação da Directiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho em matéria de metadados], p. 12-30.
- REGULAMENTO (UE) Nº 268/2010, Official Journal of the European Union, L 83 de 29.03.2010, European Commission [implementing Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council as regards the access to spatial data sets and services of

the Member States by Community institutions and bodies under harmonised conditions], p. 8-9.

REGULAMENTO (UE) Nº 976/2009, Jornal Oficial da União Europeia, L 274 de 19.10.2009, Comissão Europeia [estabelece as disposições de execução da Directiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita aos serviços de rede], p. 9-18.

REGULAMENTO (UE) Nº 1088/2010, Jornal Oficial da União Europeia, L 323 de 23.11.2010, Comissão Europeia [altera o Regulamento (CE) n. o 976/2009 no que respeita aos serviços de descarregamento e aos serviços de transformação], p. 1-10.

REGULAMENTO (UE) Nº 1089/2010, Jornal Oficial da União Europeia, L 323 de 23.11.2010, Comissão Europeia [estabelece as disposições de execução da Directiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativamente à interoperabilidade dos conjuntos e serviços de dados geográficos], p. 11-102.

RIBEIRO, M. L., e RAMALHO, M., 2009, *Uma visita geológica ao Arquipélago da Madeira: Principais locais Geo-turísticos*, Laboratório Nacional de Energia e Geologia e Direcção Regional do Comércio, Indústria e Energia, ed.: Lisboa.

RICCARDI, A. C., 2011, IUGS on conventions and standards in Earth sciences: A matter in need of clarification: *Episodes*, v. 34, no. 4, p. 365-366.

ROHDE, R. A., 2003 - 2005, *GeoWhen Database*, Gordon Getty Foundation e Folger Foundation, <http://www.stratigraphy.org/bak/geowhen/index.html> [consulta em Março de 2012].

ROSA, C., ROSA, D., OLIVEIRA, J. T., PEREIRA, Z., MATOS, J., e INVERNO, C., 2011, Relatório de conclusão do projecto VOLCROSÁRIO - "Physical Volcanological and Petrochemical Studies of Volcanic Rocks in the Neves Corvo Area, in Pyrite Belt": Alfragide, LNEG, p. 65.

ROSA, C., MCPHIE, J., RELVAS, J., PEREIRA, Z., OLIVEIRA, T., e PACHECO, N., 2008, Facies analyses and volcanic setting of the giant Neves Corvo massive sulfide deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal: *Mineralium Deposita*, v. 43, no. 4, p. 449-466.

ROSA, D., INVERNO, C., OLIVEIRA, V., e ROSA, C., 2004, Geochemistry of Volcanic Rocks, Albernoa Area, Iberian Pyrite Belt, Portugal: *International Geology Review*, v. 46, p. 366-383.

RUMBAUGH, J., JACOBSON, I., e BOOCH, G., 1999, *The Unified Modeling Language Reference Manual*, 568 p.

SEN, M., e DUFFY, T., 2005, GeoSciML: Development of a generic GeoScience Markup Language: *Computers & Geosciences*, v. 31, no. 9, p. 1095-1103.

- SERRANO, J.-J., LAXTON, J., STOLEN, L. K., TROPPEHAGEN, H.-G., TOMAS, R., KONDROVA, L., TULSTRUP, J., CIPOLLONI, C., DECLERCQ, P.-Y., STEPHEN, U., e LUKASIEWICZ, A., 2009, WP5: Informatics specification, data model, interoperability and standards. D5.1 : Documented data model, thematic profile and guidance for GeoSciML, eContentplus programme.
- SILVA, J. B., OLIVEIRA, J. T., e RIBEIRO, A., 1990, South Portuguese Zone: Structural Outline, *in* Dalmeyer, D. D., and Martinez Garcia, E., eds., *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer Verlag.
- SOLLER, D., e BERG, T., 2005, The U.S. National Geologic Map Database Project: Overview & Progress *in* Ostaficzuk, S., ed., *The Current Role of Geological Mapping in Geosciences*, v. 56, Springer Netherlands, p. 245-277.
- SPARX SYSTEMS, 2012a, Modeling an ArcGIS™ geodatabase with UML® and Enterprise Architect, 28 p.
- SPARX SYSTEMS, 2012b, Sparx Systems Releases Profile for Esri® ArcGIS™ in Enterprise Architect: Australia, 1 p.
- TIAINEN, M., KAHRA, A., KUOSMANEN, E., e RANTALA, O., 2008, Data management and map production in geological mapping projects in Mozambique, *in* Pekkala, Y., Letho, T., and Makitie, H., eds., *GTK Consortium Geological Surveys in Mozambique 2002-2007*, Special paper, 48: Espoo, Finland, Geological Survey of Finland, 321 p.
- TÓTH, K., PORTELE, C., ILLERT, A., LUTZ, M., e LIMA, M., 2012, A Conceptual Model for Developing Interoperability Specifications in Spatial Data Infrastructures: Italy, European Commission Joint Research Center, Institute for Environment and Sustainability.
- WENTWORTH, C. K., 1922, A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments: *The Journal of Geology*, v. 30, no. 5, p. 377-392.
- WOODCOCK, R., SIMONS, B., DUCLAUX, G., e COX, S., 2010, AuScope's use of Standards to Deliver Earth Resource Data, *Geophysical Research Abstracts*, v. 12, European Geosciences Union General Assembly 2010.
- ZANCHI, A., FRANCESCA, S., STEFANO, Z., SIMONE, S., e GRAZIANO, G., 2009, 3D reconstruction of complex geological bodies: Examples from the Alps: *Computers & Geosciences*, v. 35, no. 1, p. 49-69.

## URL CONSULTADOS

- BGS, 2012, Página do British Geological Survey - <http://shop.bgs.ac.uk/GeoReports/> [consulta em Janeiro, 2012]
- CGI, 2012 - <https://www.seegrid.csiro.au/wiki/CGIModel/ConceptDefinitionsTG> [consulta em Março, 2012]
- GEOSCIML, 2012 - <http://www.geosciml.org/> [consulta em Março, 2012]
- IGP, 2012, Serviço WMS da Carta de Portugal 1:500 000 do Instituto Geográfico Português - <http://mapas.igeo.pt/wms/sc500k> [consulta em Junho, 2012]
- INSPIRE, 2012a, Página da Infraestrutura de Dados Espaciais Europeus - <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2/list/1> [consulta em Outubro, 2012]
- INSPIRE, 2012b, Página da Infraestrutura de Dados Espaciais Europeus - <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2/list/datamodels> [consulta em Novembro, 2011]
- ISO, 2012, Página do catálogo de normas do *Technical Committee 211-Geographic information/Geomatics* - [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_tc\\_browse.htm?commid=54904](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54904) [consulta em Abril, 2012]
- Jornal Oficial da União Europeia, 2012, Página do Jornal Oficial da União Europeia - <http://eur-lex.europa.eu/JOIndex.do?ihmlang=pt> [consulta em Dezembro, 2011]
- LNEG, 2012a, Página do Laboratório de Energia e Geologia - <http://www.lneg.pt/> [consulta em Janeiro, 2012]
- LNEG, 2012b, geoPortal do LNEG – <http://geoportal.lneg.pt> [consulta em Outubro, 2012]
- OGC, 2012a, Especificação *Web Map Service* - <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> [consulta em Fevereiro, 2012]
- OGC, 2012b, Especificação *Web Coverage Service* - <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs> [consulta em Fevereiro, 2012]
- OGC, 2012c, Especificação *Web Feature Service* - <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs> [consulta em Fevereiro, 2012]
- OGC, 2012d, Especificação *Catalogue Service Web* - <http://www.opengeospatial.org/standards/csw> [consulta em Fevereiro, 2012]
- ONEGEOLOGY, 2012, Portal do projeto OneGeology - <http://portal.onegeology.org/> [consulta em Fevereiro, 2012]
- SNIG, 2012a, Página do Sistema Nacional de Informação Geográfica - [http://snig.igeo.pt/BIRT-Viewer/frameset?\\_\\_report=FichaTema.rptdesign](http://snig.igeo.pt/BIRT-Viewer/frameset?__report=FichaTema.rptdesign) [consulta em Agosto, 2012]

SNIG,2012b, Portal do Sistema Nacional de Informação Geográfica - <http://snig.igeo.pt/portal/>  
[consulta em Fevereiro, 2012]



## **ANEXO 1**



IUGS

# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

July 2012

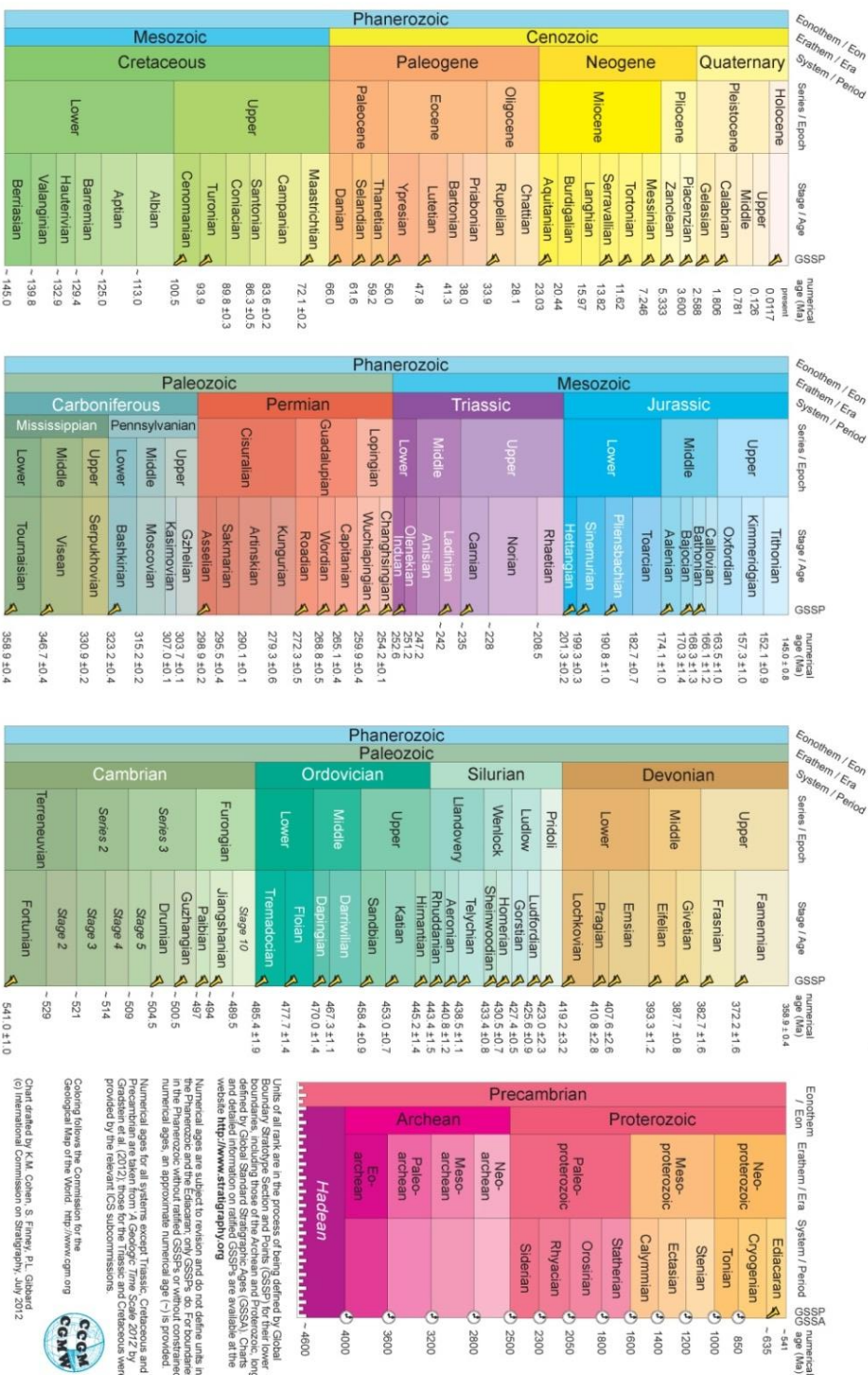


Tabela A1 - Tabela estratigráfica internacional (International Union of Geological Sciences, 2012).

## **ANEXO 2**

**Tabela A 2.1** - Dicionário de litologias do projeto 1G-E, com adição do identificador da regra de representação (*ruleID*).

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
37	1	Material composto	1	0	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:compound_material
76	2	Material ígneo	1.1	37	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:igneous_material
62	3	Fragmentos ígneos	1.1.1	76	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:fragmental_igneous_material
121	4	Material piroclástico	1.1.1.1	62	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:pyroclastic_material
151	5	Tefra	1.1.1.1.1	121	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tephra
9	6	Cinza e Lapilli	1.1.1.1.1.1	151	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:ash_and_lapilli
10	7	Brecha de cinzas, bomba ou tefra de bloco	1.1.1.1.1.2	151	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:ash_breccia_bomb_or_block_tephra
122	8	Rocha piroclástica	1.1.1.1.2	121	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:pyroclastic_rock
11	9	Tufo de cinzas, lapilli consolidado e tufo lapilli	1.1.1.1.2.1	122	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:ash_tuff_lapillistone_and_lapilli_tuff
160	10	Tufo-brecha, brecha conglomerática, brecha piroclástica	1.1.1.1.2.2	122	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tuff_breccia_agglomerate_or_pyroclastic_breccia
77	11	Rocha ígnea	1.1.2	76	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:igneous_rock
115	12	Rocha ígnea fanerítica	1.1.2.1	77	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:phaneritic_igneous_rock
7	13	Aplito	1.1.2.1.01	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:aplite
113	14	Pegmatito	1.1.2.1.02	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:pegmatite
70	15	Granitóide	1.1.2.1.03	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:granitoid
69	16	Granito	1.1.2.1.03.1	70	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:granite
100	17	Monzogranito	1.1.2.1.03.1.1	69	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzogranite
150	18	Sienogranito	1.1.2.1.03.1.2	69	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:syenogranite
155	19	Tonalito	1.1.2.1.03.2	70	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tonalite
71	20	Granodiorito	1.1.2.1.03.3	70	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:granodiorite

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
43	21	Dioritóide	1.1.2.1.04	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:dioritoid
42	22	Rocha diorítica	1.1.2.1.04.1	43	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:dioritic_rock
124	23	Quartzodiorito	1.1.2.1.04.1.1	42	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:quartz_diorite
41	24	Diorito	1.1.2.1.04.1.2	42	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:diorite
97	25	Rocha monzodiorítica	1.1.2.1.04.2	43	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzodioritic_rock
96	26	Monzodiorito	1.1.2.1.04.2.1	97	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzodiorite
65	27	Gabróide	1.1.2.1.05	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:gabbroid
64	28	Rocha gabróica	1.1.2.1.05.1	65	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:gabbroic_rock
63	29	Gabro	1.1.2.1.05.1.1	64	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:gabbro
99	30	Rocha monzogabróica	1.1.2.1.05.2	65	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzogabbroic_rock
98	31	Monzogabro	1.1.2.1.05.2.1	99	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzogabbro
5	32	Rocha anortosítica	1.1.2.1.06	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:anorthositic_rock
149	33	Sienitóide	1.1.2.1.07	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:syenitoid
148	34	Rocha sienítica	1.1.2.1.07.1	149	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:syenitic_rock
126	35	Quartzosienito	1.1.2.1.07.1.1	148	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:quartz_syenite
147	36	Sienito	1.1.2.1.07.1.2	148	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:syenite
54	37	Sienito feldspatóidico	1.1.2.1.07.1.3	148	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foid_bearing_syenite
102	38	Rocha monzonítica	1.1.2.1.07.2	149	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzonitic_rock
125	39	Quartzomonzonit o	1.1.2.1.07.2.1	102	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:quartz_monzonite
101	40	Monzonito	1.1.2.1.07.2.2	102	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:monzonite
55	41	Dioritóide feldspatóidico	1.1.2.1.08	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foid_dioritoid
56	42	Gabróide feldspatóidico	1.1.2.1.09	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foid_gabbroid
57	43	Sienitóide feldspatóidico	1.1.2.1.10	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foid_syenitoid
60	44	Foidolito	1.1.2.1.11	115	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
					201001:foidolite
53	45	Rocha ígnea de granularidade fina	1.1.2.2	77	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:fine_grained_igneous_rock
130	46	Riolitóide	1.1.2.2.1	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:rhyolitoid
129	47	Riolito	1.1.2.2.1.1	130	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:rhyolite
1	48	Riolito com feldspato alcalino	1.1.2.2.1.2	130	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:alkali_feldspar_rhyolite
38	49	Dacito	1.1.2.2.2	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:dacite
158	50	Traquitóide	1.1.2.2.3	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:trachytoid
157	51	Rocha traquítica	1.1.2.2.3.1	158	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:trachytic_rock
156	52	Traquito	1.1.2.2.3.1.1	157	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:trachyte
87	53	Rocha latítica	1.1.2.2.3.2	158	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:latitic_rock
86	54	Latito	1.1.2.2.3.2.1	87	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:latite
4	55	Andesito	1.1.2.2.4	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:andesite
18	56	Boninito	1.1.2.2.4.1	4	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:boninite
12	57	Basalto	1.1.2.2.5	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:basalt
2	58	Basalto olivínico alcalino	1.1.2.2.5.1	12	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:alkali-olivine_basalt
154	59	Basalto toleítico	1.1.2.2.5.2	12	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tholeiitic_basalt
117	60	Fonolitóide	1.1.2.2.6	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:phonolitoid
116	61	Fonólito	1.1.2.2.6.1	117	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:phonolite
153	62	Tefritóide	1.1.2.2.7	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tephritoid
152	63	Tefrito	1.1.2.2.7.1	153	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tephrite
13	64	Basanito	1.1.2.2.7.2	153	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:basanite
59	65	Foiditóide	1.1.2.2.8	53	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foiditoid
58	66	Foidito	1.1.2.2.8.1	59	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foidite
162	67	Rocha	1.1.2.3	77	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
		ultramáfica			201001:ultramafic_igneous_rock
114	68	Peridotito	1.1.2.3.1	162	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:peridotite
123	69	Piroxenito	1.1.2.3.2	162	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:pyroxenite
85	70	Rocha komatiítica	1.1.2.3.3	162	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:komatiitic_rock
51	71	Rocha ígnea exótica	1.1.2.4	77	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:exotic_composition_igneous_rock
23	72	Carbonatito	1.1.2.4.1	51	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:carbonatite
84	73	Rochas kalsilíticas e meliliticas	1.1.2.4.2	51	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:kalsilitic_and_melilitic_rock
50	74	Rocha alcalina exótica	1.1.2.4.3	51	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:exotic_alkaline_rock
119	75	Pórfiro	1.1.2.5	77	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:porphyry
44	76	Rocha dolerítica	1.1.2.6	77	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:doleritic_rock
137	77	Material sedimentar	1.2	37	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:sedimentary_material
136	78	Sedimento	1.2.1	137	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:sediment
30	79	Sedimento detrítico	1.2.1.1	136	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:clastic_sediment
40	80	Diamictito não consolidado	1.2.1.1.1	30	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:diamicton
74	81	Cascalho	1.2.1.1.2	30	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:gravel
133	82	Areia	1.2.1.1.3	30	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:sand
103	83	Vasa	1.2.1.1.4	30	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:mud
32	84	Argila	1.2.1.1.4.1	103	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:clay
142	85	Silte	1.2.1.1.4.2	103	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:silt
21	86	Sedimento carbonatado	1.2.1.2	136	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:carbonate_sediment
79	87	Sedimento carbonatado impuro	1.2.1.2.1	21	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:impure_carbonate_sediment
15	88	Sedimento biogénico	1.2.1.3	136	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:biogenic_sediment
108	89	Sedimento organogénico	1.2.1.3.1	15	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:organic_rich_sediment

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
112	90	Turfa	1.2.1.3.1.1	108	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:peat
134	91	Sapropel	1.2.1.3.1.2	108	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:sapropel
106	92	Oóze	1.2.1.3.2	15	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:ooze
20	93	Oóze carbonatado	1.2.1.3.2.1	106	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:carbonate_ooze
141	94	Oóze siliciosa	1.2.1.3.2.2	106	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:siliceous_ooze
138	95	Rocha sedimentar	1.2.2	137	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:sedimentary_rock
31	96	Rocha sedimentar detrítica	1.2.2.1	138	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:clastic_sedimentary_rock
39	97	Diamictito	1.2.2.1.1	31	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:diamictite
27	98	Conglomerado	1.2.2.1.2	31	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:clastic_conglomerate
29	99	Arenito	1.2.2.1.3	31	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:clastic_sandstone
8	100	Arenito fino	1.2.2.1.3.1	29	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:arenite
163	101	Arenito impuro	1.2.2.1.3.2	29	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:wacke
28	102	Argilito siltítico	1.2.2.1.4	31	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:clastic_mudstone
33	103	Argilito	1.2.2.1.4.1	28	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:claystone
143	104	Siltito	1.2.2.1.4.2	28	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:siltstone
140	105	Argilito laminado	1.2.2.1.4.3	28	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:shale
109	106	Rocha sedimentar rica em matéria orgânica	1.2.2.2	138	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:organic_rich_sedimentary_rock
34	107	Carvão	1.2.2.2.1	109	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:coal
88	108	Lenhito	1.2.2.2.1.1	34	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:lignite
17	109	Carvão betuminoso	1.2.2.2.1.2	34	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:bituminous_coal
6	110	Antracite	1.2.2.2.1.3	34	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:anthracite_coal
22	111	Rocha sedimentar carbonatada	1.2.2.3	138	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:carbonate_sedimentary_rock

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
120	112	Rocha sedimentar carbonatada pura	1.2.2.3.1	22	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:pure_carbonate_sedimentary_rock
45	113	Rocha dolomítica	1.2.2.3.1.1	120	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:dolomitic_or_magnesian_sedimentary_rock
46	114	Dolomito	1.2.2.3.1.1.1	45	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:dolostone
89	115	Calcário	1.2.2.3.1.2	120	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:limestone
24	116	Cré	1.2.2.3.1.2.1	89	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:chalk
159	117	Travertino	1.2.2.3.1.2.2	89	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:travertine
80	118	Rocha sedimentar carbonatada impura	1.2.2.3.2	22	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:impure_carbonate_sedimentary_rock
82	119	Calcário impuro	1.2.2.3.2.1	80	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:impure_limestone
81	120	Dolomito impuro	1.2.2.3.2.2	80	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:impure_dolostone
105	121	Rocha sedimentar siliciosa não detrítica	1.2.2.4	138	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:non_clastic_siliceous_sedimentary_rock
16	122	Rocha sedimentar siliciosa biogénica	1.2.2.4.1	105	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:biogenic_silica_sedimentary_rock
83	123	Rocha sedimentar rica em ferro	1.2.2.5	138	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:iron_rich_sedimentary_rock
66	124	Argilito (s.l.)	1.2.2.6	138	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:generic_mudstone
107	125	Argilito com componente organogénica	1.2.2.6.1	66	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:organic_bearing_mudstone
25	126	Material de precipitação química	1.2.3	137	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:chemical_sedimentary_material
49	127	Evaporito	1.2.3.1	25	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:evaporite
132	128	Salgema	1.2.3.1.1	49	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:rock_salt
131	129	Gesso ou Anidrite	1.2.3.1.2	49	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:rock_gypsum_or_anhydrite
35	130	Material poligenético	1.3	37	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:composite_genesis_material
36	131	Rocha	1.3.1	35	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
		poligenética			201001:composite_genesis_rock
92	132	Rocha metamórfica	1.3.1.1	36	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:metamorphic_rock
61	133	Rocha metamórfica foliada	1.3.1.1.01	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:foliated_metamorphic_rock
68	134	Gnaiss	1.3.1.1.01.1	61	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:gneiss
110	135	Ortognaisse	1.3.1.1.01.1.1	68	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:orthogneiss
111	136	Paragnaisse	1.3.1.1.01.1.2	68	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:paragneiss
118	137	Filito	1.3.1.1.01.2	61	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:phyllite
145	138	Metargilito	1.3.1.1.01.3	61	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:slate
135	139	Xisto	1.3.1.1.01.4	61	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:schist
94	140	Micaxisto	1.3.1.1.01.4.1	135	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:mica_schist
26	141	Xisto verde	1.3.1.1.02	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:chlorite_actinolite_epidote_metamorphic_rock
67	142	Xisto azul	1.3.1.1.03	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:glaucophane_lawsonite_epidote_metamorphic_rock
139	143	Serpentinito	1.3.1.1.04	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:serpentine
127	144	Quartzito	1.3.1.1.05	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:quartzite
3	145	Anfibolito	1.3.1.1.06	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:amphibolite
90	146	Mármore	1.3.1.1.07	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:marble
73	147	Granulito	1.3.1.1.08	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:granulite
48	148	Eclogito	1.3.1.1.09	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:eclogite
95	149	Migmatito	1.3.1.1.10	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:migmatite
72	150	Rocha granoblástica	1.3.1.1.11	92	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:granofels
75	151	Corneana	1.3.1.1.11.1	72	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:hornfels
93	152	Rocha metassomática	1.3.1.2	36	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:metasomatic_rock
144	153	Skarn	1.3.1.2.1	93	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:skarn

ID	ruleID	Termo em português	HKey	fatherID	URN
146	154	Espilito	1.3.1.2.2	93	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:spilite
91	155	Material supergénico	1.3.2	35	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:material_formed_in_surficial_environment
14	156	Bauxito	1.3.2.1	91	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:bauxite
47	157	Calcreto	1.3.2.2	91	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:duricrust
128	158	Material residual	1.3.2.3	91	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:residual_material
52	159	Material de falha	1.3.3	35	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:fault_related_material
104	160	Rocha milonítica	1.3.3.1	52	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:mylonitic_rock
78	161	Impactito	1.3.4	35	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:impact_generated_material
19	162	Brecha	1.4	37	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:breccia
161	163	Tufito	1.5	37	urn:cgi:classifier:CGI:SimpleLithology:201001:tuffite

**Tabela A 2.2** - Dicionário de idades do projeto 1G-E, com adição do identificador da regra de representação (*ruleID*).

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
67	1	Holocénico	a1.1.1.1.1	137	0.0117	0	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Holocene
189	2	Plistocénico Superior	a1.1.1.1.2.1	129	0.126	0.0117	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:UpperPleistocene
70	3	Ioniano	a1.1.1.1.2.2	129	0.781	0.126	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ionian
17	4	Calabriano	a1.1.1.1.2.3	129	1.806	0.781	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Calabrian
57	5	Gelasiano	a1.1.1.1.2.4	129	2.588	1.806	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Gelasian
129	6	Plistocénico	a1.1.1.1.2	137	2.588	0.0117	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Pleistocene
137	7	Quaternário	a1.1.1.1	30	2.588	0	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Quaternary
128	8	Placenciano	a1.1.1.2.1.1	131	3.6	2.588	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Placenzian
197	9	Zancleano	a1.1.1.2.1.2	131	5.332	3.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Zanclean
131	10	Pliocénico	a1.1.1.2.1	104	5.332	2.588	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Pliocene
93	11	Messiniano	a1.1.1.2.2.1	98	7.246	5.332	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Messinian
179	12	Tortoniano	a1.1.1.2.2.2	98	11.608	7.246	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Tortonian
150	13	Serravaliano	a1.1.1.2.2.3	98	13.82	11.608	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Serravallian
77	14	Langhiano	a1.1.1.2.2.4	98	15.97	13.82	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Langhian
16	15	Burdigaliano	a1.1.1.2.2.5	98	20.43	15.97	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Burdigalian
6	16	Aquitano	a1.1.1.2.2.6	98	23.02	20.43	urn:cgi:classifier:ICS:

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							StratChart:200908:Aquitanian
98	17	Miocénico	a1.1.1.2.2	104	23.02	5.332	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Miocene
104	18	Neogénico	a1.1.1.2	30	23.02	2.588	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Neogene
32	19	Chatiano	a1.1.1.3.1.1	108	28.4	23.02	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Chatian
142	20	Rupeliano	a1.1.1.3.1.2	108	33.9	28.4	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Rupelian
108	21	Oligocénico	a1.1.1.3.1	122	33.9	23.02	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Oligocene
134	22	Priaboniano	a1.1.1.3.2.1	51	37.2	33.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Priabonian
12	23	Bartoniano	a1.1.1.3.2.2	51	40.4	37.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Bartonian
88	24	Luteciano	a1.1.1.3.2.3	51	48.6	40.4	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Lutetian
196	25	Ipresiano	a1.1.1.3.2.4	51	55.8	48.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ypresian
51	26	Eocénico	a1.1.1.3.2	122	55.8	33.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Eocene
173	27	Tanetiano	a1.1.1.3.3.1	121	58.7	55.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Tanetian
146	28	Selandiano	a1.1.1.3.3.2	121	61.1	58.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Selandian
37	29	Daniano	a1.1.1.3.3.3	121	65.5	61.1	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Danian
121	30	Paleocénico	a1.1.1.3.3	122	65.5	55.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Paleocene
122	31	Paleogénico	a1.1.1.3	30	65.5	23.02	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Paleogene
30	32	Cenozóico	a1.1.1	127	65.5	0	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Cenozoic
89	33	Maestrichtiano	a1.1.2.1.1.1	185	70.6	65.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Maestrichtian

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							aastrichtian
25	34	Campaniano	a1.1.2.1.1.2	185	83.5	70.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Campanian
145	35	Santoniano	a1.1.2.1.1.3	185	85.8	83.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Santonian
34	36	Coniaciano	a1.1.2.1.1.4	185	89.3	85.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Coniacian
183	37	Turoniano	a1.1.2.1.1.5	185	93.6	89.3	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Turonian
29	38	Cenomaniano	a1.1.2.1.1.6	185	99.6	93.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Cenomanian
185	39	Cretácico Superior	a1.1.2.1.1	35	99.6	65.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:UpperCretaceous
3	40	Albiano	a1.1.2.1.2.1	81	112	99.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Albian
5	41	Aptiano	a1.1.2.1.2.2	81	125	112	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Aptian
11	42	Barremiano	a1.1.2.1.2.3	81	130	125	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Barremian
64	43	Hauteriviano	a1.1.2.1.2.4	81	133.9	130	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Hauterivian
191	44	Valanginiano	a1.1.2.1.2.5	81	140.2	133.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Valanginian
15	45	Berriasiano	a1.1.2.1.2.6	81	145.5	140.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Berriasian
81	46	Cretácico Inferior	a1.1.2.1.2	35	145.5	99.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:LowerCretaceous
35	47	Cretácico	a1.1.2.1	92	145.5	65.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Cretaceous
174	48	Titoniano	a1.1.2.2.1.1	187	150.8	145.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Tithonian
74	49	Kimeridgiano	a1.1.2.2.1.2	187	155.6	150.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Kimmeridgian
118	50	Oxfordiano	a1.1.2.2.1.3	187	161.2	155.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Oxfordian

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							xfordian
187	51	Jurássico Superior	a1.1.2.2.1	71	161.2	145.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:UpperJurassic
18	52	Caloviano	a1.1.2.2.2.1	55	164.7	161.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Callovian
14	53	Batoniano	a1.1.2.2.2.2	95	167.7	164.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Bathonian
10	54	Bajociano	a1.1.2.2.2.3	95	171.6	167.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Bajocian
1	55	Aaleniano	a1.1.2.2.2.4	95	175.6	171.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Aalenian
95	56	Jurássico Médio	a1.1.2.2.2	71	175.6	161.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:MiddleJurassic
175	57	Toarciano	a1.1.2.2.3.1	83	183	175.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Toarcian
130	58	Pliensbaquiano	a1.1.2.2.3.2	83	189.6	183	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Pliensbachian
156	59	Sinemuriano	a1.1.2.2.3.3	83	196.5	189.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Sinemurian
65	60	Hettangiano	a1.1.2.2.3.4	83	199.6	196.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Hettangian
83	61	Jurássico Inferior	a1.1.2.2.3	71	199.6	175.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:LowerJurassic
71	62	Jurássico	a1.1.2.2	92	199.6	145.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Jurassic
138	63	Reciano	a1.1.2.3.1.1	190	203.6	199.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Rhaetian
106	64	Noriano	a1.1.2.3.1.2	190	216.5	203.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Norian
28	65	Carniano	a1.1.2.3.1.3	190	228.7	216.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Carnian
190	66	Triásico Superior	a1.1.2.3.1	182	228.7	199.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:UpperTriassic
76	67	Ladiniano	a1.1.2.3.2.1	97	237	228.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ladinian

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							dinian
4	68	Anisiano	a1.1.2.3.2.2	97	245.9	237	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Anisian
97	69	Triásico Médio	a1.1.2.3.2	182	245.9	228.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:MiddleTriassic
107	70	Olenekiano	a1.1.2.3.3.1	85	249.5	245.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Olenekian
69	71	Induano	a1.1.2.3.3.2	85	251	249.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Induan
85	72	Triásico Inferior	a1.1.2.3.3	182	251	245.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:LowerTriassic
182	73	Triásico	a1.1.2.3	92	251	199.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Triassic
92	74	Mesozóico	a1.1.2	127	251	65.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Mesozoic
31	75	Changhsingiano	a1.1.3.1.1.1	80	253.8	251	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Changhsingian
195	76	Wuchiapingiano	a1.1.3.1.1.2	80	260.4	253.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Wuchiapingian
80	77	Lopingiano	a1.1.3.1.1	126	260.4	251	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Lopingian
26	78	Capitaniano	a1.1.3.1.2.1	60	270.6	265.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Capitanian
194	79	Wordiano	a1.1.3.1.2.2	60	268	265.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Wordian
141	80	Roadiano	a1.1.3.1.2.3	60	270.6	268	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Roadian
60	81	Guadalupiano	a1.1.3.1.2	126	270.6	260.4	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Guadalupian
75	82	Kunguriano	a1.1.3.1.3.1	33	275.6	270.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Kungurian
8	83	Artinskiano	a1.1.3.1.3.2	33	284.4	275.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Artinskian
143	84	Sakmariano	a1.1.3.1.3.3	33	294.6	284.4	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Sakmarian

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							akmarian
9	85	Asseliano	a1.1.3.1.3.4	33	299	294.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Asselian
33	86	Cisuraliano	a1.1.3.1.3	126	299	270.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Cisuralian
126	87	Pérmico	a1.1.3.1	124	299	251	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Permian
62	88	Gzeliano	a1.1.3.2.1.1.1	184	303.4	299	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Gzhelian
72	89	Kasimoviano	a1.1.3.2.1.1.2	184	307.2	303.4	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Kasimovian
184	90	Pensilvaniano Superior	a1.1.3.2.1.1	125	307.2	299	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Upper_Pennsylvanian
100	91	Moscoviano	a1.1.3.2.1.2	125	311.7	307.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Moscovian
13	92	Bashkiriano	a1.1.3.2.1.3	125	318.1	311.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Bashkirian
125	93	Pensilvaniano	a1.1.3.2.1	27	318.1	299	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Pennsylvanian
149	94	Serpukoviano	a1.1.3.2.2.1	99	328.3	318.1	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Serpukhovian
192	95	Viseano	a1.1.3.2.2.2	99	345.3	328.3	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Visian
180	96	Turnaisiano	a1.1.3.2.2.3	99	359.2	345.3	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Turnaisian
99	97	Mississipiano	a1.1.3.2.2	27	359.2	318.1	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Mississippian
27	98	Carbónico	a1.1.3.2	124	359.2	299	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Carboniferous
52	99	Fameniano	a1.1.3.3.1.1	186	374.5	359.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Famennian
55	100	Frasniano	a1.1.3.3.1.2	186	385.3	374.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Frasnian
186	101	Devónico Superior	a1.1.3.3.1	40	385.3	359.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:U

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							pperDevonian
58	102	Givetiano	a1.1.3.3.2.1	94	391.8	385.3	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Givetiano
48	103	Eifeliano	a1.1.3.3.2.2	94	397.5	391.8	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Eifeliano
94	104	Devónico Médio	a1.1.3.3.2	40	397.5	385.3	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:MiddleDevonian
49	105	Emsiano	a1.1.3.3.3.1	82	407	397.5	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Emsiano
132	106	Pragian	a1.1.3.3.3.2	82	411.2	407	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Pragian
79	107	Lochkoviano	a1.1.3.3.3.3	82	416	411.2	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Lochkoviano
82	108	Devónico Inferior	a1.1.3.3.3	40	416	397.5	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:LowerDevonian
40	109	Devónico	a1.1.3.3	124	416	359.2	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Devonian
135	110	Pridoli	a1.1.3.4.1	155	418.7	416	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Pridoli
86	111	Ludfordiano	a1.1.3.4.2.1	87	421.3	418.7	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Ludfordiano
59	112	Gorstiano	a1.1.3.4.2.2	87	422.9	421.3	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Gorstiano
87	113	Ludlow	a1.1.3.4.2	155	422.9	418.7	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Ludlow
68	114	Homeriano	a1.1.3.4.3.1	193	426.2	422.9	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Homeriano
151	115	Sheinwoodiano	a1.1.3.4.3.2	193	428.2	426.2	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Sheinwoodiano
193	116	Wenlock	a1.1.3.4.3	155	428.2	422.9	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Wenlock
171	117	Telychiano	a1.1.3.4.4.1	78	436	428.2	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Telychiano
2	118	Aeroniano	a1.1.3.4.4.2	78	439	436	urn:cgi:classifer:ICS:StratChart:200908:Aeroniano

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							eronian
139	119	Rudariano	a1.1.3.4.4.3	78	443.7	439	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ruddarian
78	120	Llandovery	a1.1.3.4.4	155	443.7	428.2	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Llandovery
155	121	Silúrico	a1.1.3.4	124	443.7	416	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Silurian
66	122	Hirnantiano	a1.1.3.5.1.1	188	445.6	443.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Hirnantian
73	123	Katiano	a1.1.3.5.1.2	188	455.8	445.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Katian
144	124	Sandbiano	a1.1.3.5.1.3	188	460.9	455.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Sandbian
188	125	Ordovícico Superior	a1.1.3.5.1	109	460.9	443.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:UpperOrdovician
39	126	Darriwiliano	a1.1.3.5.2.1	96	468.1	460.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Darriwilian
38	127	Dapingiano	a1.1.3.5.2.2	96	471.8	468.1	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Dapingian
96	128	Ordovícico Médio	a1.1.3.5.2	109	471.8	460.9	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:MiddleOrdovician
53	129	Floiano	a1.1.3.5.3.1	84	478.6	471.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Floian
181	130	Tremadociano	a1.1.3.5.3.2	84	488.3	478.6	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Tremadocian
84	131	Ordovícico Inferior	a1.1.3.5.3	109	488.3	471.8	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:LowerOrdovician
109	132	Ordovícico	a1.1.3.5	124	488.3	443.7	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ordovician
157	133	Câmbrico-Piso 10	a1.1.3.6.1.1	56	492	488.3	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stage10
162	134	Câmbrico-Piso 9	a1.1.3.6.1.2	56	496	492	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stage9
119	135	Paibiano	a1.1.3.6.1.3	24	499	496	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:P

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							aibian
56	136	Furongiano	a1.1.3.6.1	24	499	488.3	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Furongian
61	137	Guzhangiano	a1.1.3.6.2.1	148	503	499	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Guzhangian
41	138	Drumiano	a1.1.3.6.2.2	148	506.5	503	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Drumian
161	139	Câmbrico-Série 3-Piso 5	a1.1.3.6.2.3	148	510	506.5	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stage5
148	140	Câmbrico-Série 3	a1.1.3.6.2	24	510	499	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Series3
160	141	Câmbrico-Piso 4	a1.1.3.6.3.1	147	517	510	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stage4
159	142	Câmbrico-Piso 3	a1.1.3.6.3.2	147	521	517	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stage3
147	143	Câmbrico-Série 2	a1.1.3.6.3	24	521	510	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Series2
158	144	Câmbrico-Piso 2	a1.1.3.6.4.1	172	528	521	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stage2
54	145	Fortuniano	a1.1.3.6.4.2	172	542	528	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Fortunian
172	146	Terreneuviano	a1.1.3.6.4	24	542	521	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Terreneuvian
24	147	Câmbrico	a1.1.3.6	124	542	488.3	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Cambrian
124	148	Paleozóico	a1.1.3	127	542	251	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Paleozoic
127	149	Fanerozóico	a1.1	0	542	0	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Phanerozoic
47	150	Ediacariano	a2.1.1.1	105	635	542	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ediacaran
36	151	Criogeniano	a2.1.1.2	105	850	635	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Cryogenian
178	152	Toniano 2	a2.1.1.3.1	176	910	850	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Toni

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							an2
177	153	Toniano 1	a2.1.1.3.2	176	1000	910	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Toniano1
176	154	Toniano	a2.1.1.3	105	1000	850	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Tonian
105	155	Neoproterozóico	a2.1.1	136	1000	542	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Neoproterozoic
170	156	Steniano 2	a2.1.2.1.1	168	1130	1000	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Stenian2
169	157	Steniano 1	a2.1.2.1.2	168	1200	1130	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Stenian1
168	158	Steniano	a2.1.2.1	91	1200	1000	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stenian
46	159	Ectasiano 4	a2.1.2.2.1	42	1250	1200	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Ectasian4
45	160	Ectasiano 3	a2.1.2.2.2	42	1280	1250	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Ectasian3
44	161	Ectasiano 2	a2.1.2.2.3	42	1360	1280	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Ectasian2
43	162	Ectasiano 1	a2.1.2.2.4	42	1400	1360	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Ectasian1
42	163	Ectasiano	a2.1.2.2	91	1400	1200	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Ectasian
23	164	Calymiano 4	a2.1.2.3.1	19	1470	1440	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Calymmian4
22	165	Calymiano 3	a2.1.2.3.2	19	1520	1470	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Calymmian3
21	166	Calymiano 2	a2.1.2.3.3	19	1590	1520	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Calymmian2
20	167	Calymiano 1	a2.1.2.3.4	19	1600	1590	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Calymmian1
19	168	Calymiano	a2.1.2.3	91	1600	1400	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Calymmian
91	169	Mesoproterozóico	a2.1.2	136	1600	1000	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:M

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							esoproterozoic
167	170	Stateriano 4	a2.1.3.1.1	163	1660	1600	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Stateriano4
166	171	Stateriano 3	a2.1.3.1.2	163	1740	1660	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Stateriano3
165	172	Stateriano 2	a2.1.3.1.3	163	1770	1740	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Stateriano2
164	173	Stateriano 1	a2.1.3.1.4	163	1800	1770	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Stateriano1
163	174	Stateriano	a2.1.3.1	123	1800	1600	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Stateriano
117	175	Orosiriano 7	a2.1.3.2.1	110	1820	1800	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian7
116	176	Orosiriano 6	a2.1.3.2.2	110	1840	1820	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian6
115	177	Orosiriano 5	a2.1.3.2.3	110	1870	1840	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian5
114	178	Orosiriano 4	a2.1.3.2.4	110	1880	1870	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian4
113	179	Orosiriano 3	a2.1.3.2.5	110	1910	1880	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian3
112	180	Orosiriano 2	a2.1.3.2.6	110	1960	1910	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian2
111	181	Orosiriano 1	a2.1.3.2.7	110	2050	1960	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Orosirian1
110	182	Orosiriano	a2.1.3.2	123	2050	1800	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Orosirian
140	183	Riaciano	a2.1.3.3	123	2300	2050	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Rhyacian
154	184	Sideriano 2	a2.1.3.4.1	152	2400	2300	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Sideriano2
153	185	Sideriano 1	a2.1.3.4.2	152	2500	2400	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Sideriano1
152	186	Sideriano	a2.1.3.4	123	2500	2300	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Si

ID	ruleID	Termo em português	Hkey	father ID	older Boundary	younger Boundary	URN
							derian
123	187	Paleoproterozóico	a2.1.3	136	2500	1600	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Paleoproterozoic
136	188	Proterozóico	a2.1	133	2500	542	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Proterozoic
103	189	Neoarcaico 2	a2.2.1.1	101	2650	2500	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Neoarchean2
102	190	Neoarcaico 1	a2.2.1.2	101	2800	2650	urn:cgi:classifier:CGI:StratChart:2009:Neoarchean1
101	191	Neoarcaico	a2.2.1	7	2800	2500	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Neoarchean
90	192	Mesoarcaico	a2.2.2	7	3200	2800	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Mesoarchean
120	193	Paleoarcaico	a2.2.3	7	3600	3200	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Paleoarchean
50	194	Eoarcaico	a2.2.4	7	4000	3600	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Eoarchean
7	195	Arcaico	a2.2	133	4000	2500	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Archean
63	196	Hadeano	a2.3	133		4000	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Hadean
133	197	Precâmbrico	a2	0		542	urn:cgi:classifier:ICS:StratChart:200908:Precambrian



# C& SIG

