

Implementing a regional spatial data infrastructure based on free software

Lino Oliveira^a, Artur Rocha^a, António Coelho^{a,b},
Leonel Dias^{a,b}, André Rodrigues^a, Manuel Sousa^c,
Domingos Silva^c

lino.oliveira@inescporto.pt, artur.rocha@inescporto.pt,
acoelho@inescporto.pt, leonel.j.dias@inescporto.pt,
andre.c.rodrigues@inescporto.pt, manuel.sousa@cim-
ave.pt, domingos.silva@cim-ave.pt

^a INESC TEC (anteriormente INESC Porto), Campus da
FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
^b DEI/FEUP, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
^c CIM do Ave, Rua Capitão Alfredo Guimarães, 1 · 4800-
019 Guimarães, Portugal

Abstract — Spatial data infrastructures (SDI) are extremely important in order to combine the technical and organizational elements required to promote the use of territory-based information in an interoperable way. In fact, geographic information has unique intrinsic features, which makes it a natural indexing mechanism for spatial data. Due to its high cost and upgrade dynamics, this information should be available for reuse and should be managed and maintained by those responsible for producing it as part of management interventions in the territory. Therefore, it is important that different spatial data infrastructures, developed at different hierarchical levels, coexist and communicate in an interoperable way so that they can constitute a spatial basis of reference that facilitates the integration with other sectorial applications. This ongoing work proposes the implementation of a regional spatial data infrastructure based on free software, in compliance with the principles of the EU INSPIRE Directive and with the OGC standards.

Spatial Data Infrastructure; Geographic Information System; Local and regional Administrations; INSPIRE Directive, Free Software, OGC Standards

Abstract— As infraestruturas de dados espaciais (IDE) contribuem de forma decisiva para reunir elementos técnicos e organizativos necessários para potenciar o uso da informação com base territorial de uma forma interoperável. Com efeito, a informação geográfica possui características intrínsecas únicas, constituindo um mecanismo de indexação natural da restante informação relativamente ao seu contexto espacial. Tendo em conta o seu elevado custo e a dinâmica da sua atualização, esta informação deve existir e estar disponível para ser reutilizada, sendo gerida e mantida por quem tem a atribuição de a produzir no contexto da gestão de intervenções no território. Assim, é importante que diferentes infraestruturas de dados espaciais, desenvolvidas em diferentes níveis hierárquicos, coexistam e comuniquem de forma interoperável por forma a constituir uma base de referência espacial que facilite a integração com outras aplicações de carácter setorial. Este trabalho, ainda em curso, apresenta uma proposta de implementação de uma infraestrutura de dados espaciais de nível regional, baseado em

software livre, seguindo os princípios da Diretiva Europeia INSPIRE e obedecendo aos standards OGC.

Infraestrutura de Dados Espaciais; Sistema de Informação Geográfica; Administração local e regional; Directiva INSPIRE; Software Livre; Standards OGC

I. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) Municipais já são uma realidade evidente em muitas autarquias. Nos últimos anos, os SIG ganharam grande notoriedade devido ao benefício proporcionado no que diz respeito ao suporte à decisão, e no caso concreto de municípios, no planeamento e desenvolvimento municipal e regional. Contudo, a sua adoção não foi sempre uma tarefa fácil. A existência de constrangimentos de ordem financeira, conjugada com alguma desconfiança por parte dos decisores na eficácia e utilidade de implementação de um SIG, constituíam os principais obstáculos para a sua evolução. Com o aparecimento de *software* livre, cada vez com maior qualidade, aliado ao aumento da perceção de que um SIG é uma ferramenta fundamental para apoio a tomadas de decisão rigorosas, os obstáculos foram-se diluindo, levando a que, hoje em dia, quase todos os municípios tenham o seu SIG Municipal, embora em estados de maturidade distintos.

Estas infraestruturas de dados espaciais (IDE) ao nível local [1] vêm contribuir de forma decisiva para reunir elementos técnicos e organizativos necessários para potenciar o uso da informação com base territorial de uma forma interoperável. A informação geográfica deve, não só existir e estar disponível, mas também ser fácil de integrar com outra informação de forma a mais facilmente dar uma resposta integrada a problemas concretos de cariz setorial. Neste sentido, o âmbito municipal é extravasado quando consideramos uma comunidade intermunicipal, como no presente caso de estudo. Torna-se assim um imperativo que as diferentes infraestruturas de dados espaciais nos diversos níveis hierárquicos funcionem,

comuniquem e respondam de uma forma convergente com vista a uma governação mais eficiente e eficaz.

O desenvolvimento de uma IDE conta com a existência de normas e padrões às quais os dados e a interoperabilidade dos sistemas devem obedecer. As normas, padrões e recomendações são uma base fundamental, permitindo que os serviços, tecnologias e dados sejam coerentes, compatíveis e interoperáveis de modo a possibilitar a sua utilização. O *Open Geospatial Consortium* (OGC), cujas especificações têm sido crescentemente empregues no âmbito da implementação de IDE, tem dado um grande contributo nesse sentido.

O tema da informação geográfica e a implementação de IDE têm vindo a ser debatidos, no seio da União Europeia, e que levou à criação de uma Directiva europeia, denominada INSPIRE [2] ("*Infrastructure for Spatial Information in Europe*"), em vigor desde Maio de 2007, que veio definir o quadro normativo adequado ao desenvolvimento de Infraestruturas de Dados Espaciais na Europa em diferentes níveis de administração.

Um pouco por todo o mundo começam a surgir implementações de IDE, nascidas da necessidade de desenvolver melhores mecanismos de gestão da informação geográfica. Existem projetos em curso de IDE tanto de carácter regional como nacional ou mesmo internacional, cujos objetivos são o estímulo à melhor governação, bem como a promoção do desenvolvimento económico. Estes projetos variam em termos de dimensão e forma consoante o sistema governativo existente e o próprio desenvolvimento económico.

Ao nível nacional temos alguns projetos de referência. Portugal apresenta um dos casos pioneiros de IDE de carácter nacional no mundo, com o desenvolvimento do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) [4], que foi o primeiro sistema de informação geográfica a ser disponibilizado na Web a nível mundial, em Maio de 1995.

Os níveis regionais (sub-nacionais) são os que requerem um maior desenvolvimento, já que são domínios onde o nível de detalhe exhibe uma maior granularidade. Um caso de referência é a "*Infraestrutura de Dades Espacials de Catalunya*" (IDEC) [3], a primeira IDE a ser desenvolvida em Espanha, já assente nos *standards* OGC.

Um exemplo de uma implementação transnacional foi o projeto da Infraestrutura de Dados Espaciais do observatório Territorial Alentejo e Estremadura (OTALEX)[5].

O interesse pelo estudo do desenvolvimento de IDE na Europa deve-se ao interesse da Comissão Europeia por esta atividade, com o lançamento de várias iniciativas, onde se destaca a referida Diretiva INSPIRE [2].

Neste contexto surge a motivação para a definição de uma proposta de implementação de uma infraestrutura de dados espaciais de nível regional, baseado em *software* livre.

O presente documento começa por apresentar na secção II o problema abordado, seguindo-se a arquitetura proposta na secção III, que é descrita em dois níveis distintos: regional e municipal. Na secção IV descreve-se um caso de estudo de implementação desta IDE para a Comunidade Intermunicipal

do Ave e na secção V são apresentadas as conclusões e os próximos passos a desenvolver.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Pretende-se desenvolver neste projeto a arquitetura física e lógica para uma infraestrutura de dados espaciais regional baseada em *software* livre, independente do sistema operativo onde se queira instalar. Esta infraestrutura fornece informações em tempo real, atualizadas e dinâmicas, entre os diferentes níveis de aplicação: Municipal, Regional e inter ou supra Regional.

Um dos problemas a solucionar com a arquitetura aqui proposta tem a ver com o facto das soluções atuais, ao nível de SIG Municipais e Regionais, não permitirem partilha de dados em tempo real entre si de uma forma transparente, independente e de fácil execução, ou seja, serem interoperáveis. Existe também uma enorme quantidade de informação digital disponível, para além da geográfica, em imagem, texto, som e vídeo com interesse e relevância para estes tipos de contexto.

III. ARQUITETURA PROPOSTA

A solução proposta baseia-se na criação de uma arquitetura única e genérica, extensível a várias regiões ou comunidades de municípios. Na Figura 1 é apresentada a arquitetura proposta para implementação da infraestrutura de dados espaciais regional baseado em *software* livre que com este trabalho se pretende implementar. Esta arquitetura está dividida, conceptualmente, em camadas distintas: a "IDE Municipal" e a "IDE Regional".

A. IDE Municipal

Esta camada é o local onde será introduzida e concentrada toda a informação a disponibilizar por parte de cada autarquia. Cada autarquia pode ter uma instância municipal semelhante à IDE Regional a que pertence ou então, pode usufruir do SIG Municipal que atualmente já possui, baseado em *software* proprietário ou não. Cada uma destas instâncias deve disponibilizar para o exterior serviços *Web Feature Service* (WFS) e *Web Map Service* (WMS), que poderão ser acedidos publicamente através da Web. Ao disponibilizar estes serviços WFS e WMS é salvaguardado que poderá existir informação que não interessa disponibilizar.

B. IDE Regional

Sobre as IDE Municipais, assenta o nível regional, que para além de possuir informação própria, que pode disponibilizar, esta componente será alimentada por um conjunto alargado IDE Municipais, referidos anteriormente. Para tal, é implementado um mecanismo de comunicação e sincronização que pode funcionar de duas formas:

- Atualização e sincronização da base de dados regional de acordo com a informação partilhada pelos municípios através de WFS especificados;
- Acesso direto aos serviços WFS e WMS disponibilizados;

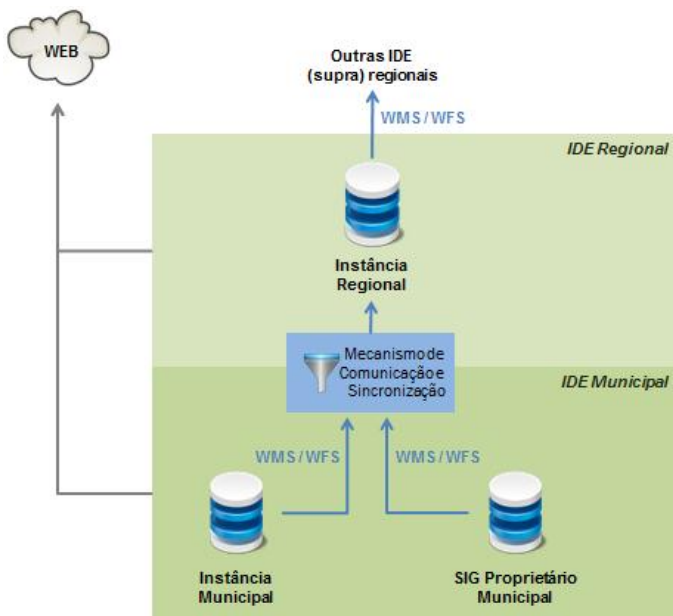


Figura 1 – Arquitetura proposta

É desta camada que resulta a instância municipal para municípios que não possuem um SIG Municipal. Em termos práticos ficam com uma réplica orientada para a especificidade local. Em termos técnicos esta é baseada em PHP, quer a nível funcional quer a nível da construção das interfaces gráficas. O cliente de mapas utilizado na IDE Regional é baseado em *OpenLayers*, sendo que a construção de todas as interfaces gráficas é feita por *AJAX*¹. Para os pedidos à base de dados *Postgres/PostGIS*, para apresentação de resultados georreferenciados sobre o mapa, a solução utilizada, nesta implementação, foi estes serem feitos através de um serviço autodenominado KWFS.



Figura 2 – Visão Geral do KWFS

De modo resumido, como pretende demonstrar a Figura 2, o KWFS é uma camada de abstração que permite procurar na base de dados espacial, todo o tipo de informação georreferenciada e devolve-a em formato *Keyhole Markup Language* (KML). Este serviço, acaba por ser uma simplificação do WFS, juntando um *standard de jure* (WFS) a um *standard de facto*, o KML, que por si também já é uma simplificação do *Geography Markup Language* (GML).

A transição de um modelo baseado em WFS para outro baseado em KWFS tira especial partido da referida simplificação e subsequente aumento das velocidades de transmissão e processamento. Algo semelhante se verifica nas aplicações Web, especificamente na cada vez maior utilização

de *JSON*² em detrimento de *Extensible Markup Language* (XML): para além das mensagens trocadas terem um *payload* mais reduzido, fazem um tipo de acesso mais eficiente aos elementos do documento.

De forma semelhante, um SIG baseado em KWFS passa a poder tirar partido das capacidades de geração de KML incluídas na camada de persistência (existente, por exemplo, no *PostGIS*) assim como da capacidade de sua interpretação por parte da camada de apresentação (por exemplo, *OpenLayers* ou *Google Maps*). O *middleware* acaba assim por se tornar num *thinlayer*.

A informação trocada pode ser sobre pontos, polilinhas ou polígonos, mas o resultado que o KWFS devolve é sempre o mesmo, permitindo inclusive, agregar numa só resposta os vários tipos de informação. Para estilização dos elementos que integram o KML foi definido que esta meta-informação estaria definida num *schema* próprio da base de dados. Em cada pedido, o KWFS, só tem que consultar essa informação e criar o KML de acordo com as regras, cuja construção está definida ao nível de funções na base de dados.

A arquitetura proposta tem, não só a função de apresentar toda a informação sem ocupar muito espaço e de fácil acesso, mas também de armazenar, organizar e disponibilizar essa mesma informação. Assim, relativamente ao modelo de dados subjacente a esta arquitetura, este pode suportar dois tipos distintos de níveis de informação:

- Informação espacial armazenada na base de dados local, através dos mecanismos de comunicação e sincronização, e relativa a Pontos, Polilinhas e Polígonos, organizados consoante a categoria, subcategoria e tipo a que pertence. A esta informação podem também estar associados conteúdos de diferentes formatos, nomeadamente fotos, vídeos ou PDF. Esta informação será acedida internamente através do KWFS e externamente através dos WFS específicos.
- Informação *raster*, como por exemplo planos diretores municipais, que será acedida internamente e externamente através dos WMS específicos.

Dada a integração, sistematização, organização e gestão de conteúdos georreferenciados desta arquitetura, é possível disponibilizar toda a informação para outras IDE inter ou supra regionais, através de serviços *standard* WMS e WFS ou mesmo do serviço KWFS implementado.

C. Escalabilidade da Arquitectura com Serviços

Tendo em consideração a proposta descrita, e tendo em conta os diferentes níveis de IDEs, conseguiu-se criar uma arquitetura baseada em *software* livre que responde aos problemas inicialmente identificados. Além disso, sobre esta arquitetura e em qualquer um dos níveis podem ser implementados vários serviços ou aplicações setoriais sensíveis ao território e à gestão municipal, como por exemplo: gestão de recolha de lixo e viaturas abandonadas, problemas de saneamento, transportes públicos, entre outros.

¹ Asynchronous Javascript and XML

² JavaScript Object Notation

Estes serviços podem ser interpretados como outras pequenas instâncias associadas a uma determinada camada ou transversais às camadas apresentadas. Cada instância partilha recursos implementados nas IDEs, mas podem ser dotados de recursos próprios. Eventualmente, cada município dentro da sua instância pode ter acesso a alguns recursos próprios e característicos da sua comunidade, por exemplo: gestão do ambiente costeiro. Desta forma, pode-se adotar uma filosofia de integração de dados georreferenciados de vários setores, partilhados internamente ou entre comunidades de acordo com a política de acessos estipulada.

IV. CASO DE ESTUDO: COMUNIDADE INTERMUNICIPAL DO AVE

As Comunidades Intermunicipais (CIM) correspondem a unidades territoriais definidas com base nas NUTS³ III e têm como atribuições, designadamente, a promoção do planeamento e da gestão da estratégia de desenvolvimento económico, social e ambiental do território abrangido e a articulação dos investimentos municipais de interesse intermunicipal [6].

Deste modo, estas estruturas pretendem potenciar o desenvolvimento dos municípios que as integram, reforçando a identidade conjunta de um território, mediante a articulação de interesses e criação de sinergias que no seu conjunto contribuam para o desenvolvimento, incluindo aspetos ambientais e de ordenamento do território, de inovação, empreendedorismo e competitividade, possibilitando o crescimento sustentável e a coesão económica e social.

O alvo da nossa implementação é a Comunidade Intermunicipal do AVE (CIM do AVE), localizada na NUT II Norte de Portugal, que tem vindo a desempenhar um papel ativo no que diz respeito à inovação e fomento de iniciativas de carácter integrador para a região que representa.

Uma iniciativa lançada recentemente tem como objetivo a implementação de uma infraestrutura de dados espaciais ao nível da região que permita otimizar gestão do território, bem como a disponibilização de serviços inovadores aos cidadãos. Na maioria dos municípios, pertencente à CIM do AVE, existem já implementados SIG Municipais. Mas noutros casos existem SIG que ainda se encontram em fases muito embrionárias, sobretudo devido a constrangimentos de ordem financeira, pelo que a heterogeneidade daí resultante coloca um desafio tecnológico interessante.

A aplicação da arquitetura proposta aqui apresentada, vem dar resposta a um conjunto de problemas, nomeadamente nas questões de interoperabilidade entre os municípios, pois como já foi referido, nem todos estão no mesmo patamar de desenvolvimento no que à IDE diz respeito. Por um lado permite aos municípios que não dispõem de um SIG Municipal, a possibilidade de o ter de uma forma simples e sem custos de licenciamento, pois baseia-se em *software* livre, e com isso ficam com a sua própria infraestrutura de dados espaciais local. Do ponto de vista tecnológico, esta IDE local é uma réplica da regional, com os seus próprios dados, e que através dos mecanismos *standard WFS* e *WMS*, se relaciona

com a IDE regional e vice-versa. No cenário dos municípios que já tenham o seu SIG Municipal, quer seja tecnologia proprietária ou não, integram-se também através dos mecanismos *standard WFS* devidamente configurados para cumprir com o vocabulário controlado da IDE regional.

Em cima desta IDE regional será assim possível a criação de serviços inovadores e implementação de aplicações setoriais transversais a toda a região, utilizando a informação geográfica que cada município individualmente gere, bem como disponibilizar a informação para outras IDE inter ou suprarregionais. Já se encontra inclusive em desenvolvimento, uma aplicação setorial piloto para suporte na gestão da recolha de contentores coletivos de resíduos urbanos.

A implementação neste caso de estudo está a seguir uma abordagem iterativa tendo sido selecionados um conjunto de municípios piloto, representativos de diferentes realidades e requisitos.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A proposta desta infraestrutura de dados espaciais regional permite responder de uma forma global não apenas a este nível mais abrangente, mas apresenta simultaneamente uma solução para o nível local (municípios), nas situações em que não há uma infraestrutura existente, pois é possível reutilizar o mesmo *software* para as implementações locais.

A estrutura tecnológica é baseada em *software* livre, eliminando a componente de custos de licenciamento de *software* no custo total de posse da solução (*total cost of ownership, TCO*). Ao mesmo tempo fica assegurada a interoperação com outras infraestruturas espaciais baseadas em *software* livre ou proprietário, que respeitem as mesmas normas, transcritas para a legislação nacional a partir da diretiva Europeia INSPIRE, quer estas pertençam ao nível local, regional, inter ou supra regional.

A implementação no caso de estudo na CIM do AVE, ainda em curso, já permitiu observar que a arquitetura proposta é suficientemente flexível para responder, tanto aos requisitos já identificados à partida, bem como a outros que entretanto foram surgindo. Permitiu ainda um aumento de eficiência na comunicação entre os diferentes níveis hierárquicos promovendo decisivamente a interoperabilidade da informação com base territorial.

Neste momento está a proceder-se ao alargamento do caso de estudo a toda a região, por forma a validar integralmente a solução proposta, bem como concretizar, nesta solução, a integração de aplicações setoriais nos diferentes níveis hierárquicos.

Numa perspetiva de médio prazo ambiciona-se que esta solução proposta possa vir a ser estendida a outras regiões ou comunidades, que sigam a diretiva Europeia INSPIRE.

REFERENCES

- [1] Afonso, A. (2008), "Infra-estruturas de dados espaciais nos municípios: contributo para a definição de um modelo de implementação". Dissertação de Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa.

³ Nomenclatura de Unidades Territoriais para fins Estatísticos

- [2] Directiva 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de Março. Jornal Oficial da União Europeia, L108 de 25.4.2007 [Estabelece uma infra-estrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (INSPIRE)]
- [3] JRC (2008), "The Socio-Economic Impact of the Spatial Data Infrastructure of Catalonia", Institute for Environment and Sustainability. European Commission, Scientific and Technical Reports.
- [4] IGP (2009) - Página do SNIG, Sistema Nacional de Informação Geográfica (<http://snig.igeo.pt/> , consulta em 15-01-2012)
- [5] Ceballos, F., Caballero, C. Rodriguez, A., Vivas, P., Rodriguez, A., Rodriguez, J., Batista, M. T., Ramos A., Reis S., Fernández, I., Luna, J., Nunes, D., León, A. (2007) "A transnacional, multilingual SDI: otalex, the territorial observatory of Alentexo (Portugal) and Extremadura (Spain)" Publicação Jornadas "13 EC-GI&GIS Workshop", Porto, Portugal
- [6] Lei n.º 45/2008 de 27 de Agosto, Estabelece o regime jurídico do associativismo municipal