

OS DESAFIOS PARA O APERFEIÇOAMENTO DE UM CADASTRO DE REDES DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÂNEA

*The challenges for the improvement of a cadastre of subsurface
utility network*

Wedja de Oliveira Silva

Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Tecnologia e Geociências - CTG

Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife – PE

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife – PE

oliveirawedja@gmail.com

Andrea Flávia Tenório Carneiro

Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Tecnologia e Geociências - CTG

Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife – PE

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 Recife – PE

andreaftenorio@gmail.com

Resumo:

A utilização cada vez mais intensa de espaços acima e abaixo da superfície aumenta a necessidade de controle dessa ocupação. A falta de informações corretas e confiáveis é a principal causa de danos às redes durante operações de escavação, com perdas financeiras consideráveis, além de acidentes trágicos. A localização de redes subterrâneas de infraestrutura é um grande desafio, e a realidade da maioria dos países é que estas informações não são facilmente disponíveis. Mesmo nos mapas cadastrais em 2D, as redes subterrâneas raramente são representadas, como no caso do Brasil. Nesse contexto, o objetivo desse artigo é apresentar os desafios de se utilizar as geotecnologias disponíveis para o aperfeiçoamento de redes de infraestrutura subterrânea, contextualizando para um caso brasileiro com a apresentação do cadastro da COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento e sua adequação ao LADM - Land Administration Domain Model. O LADM (ISO 19152) aborda a padronização e integração das feições comuns dos sistemas cadastrais de forma simples e, com base no proposto na norma, fez-se uma análise no estado da arte no que diz respeito ao LADM direcionado a rede de infraestruturas subterrâneas. Como estudo de caso, apresenta-se uma síntese da atual situação cadastral da COMPESA, visando soluções para a integração dos dados e a possível implementação do cadastro 3D.

Palavras-chave: cadastro de redes de infraestrutura, cadastro 3D, cadastro 4D, LADM.

Abstract

The use increasingly intense of spaces above and below the surface increases the need to control this occupation. The lack of accurate and reliable information is the leading cause of damage to the networks during excavation operations, with considerable financial losses, and tragic accidents. The location of subsurface utility networks is a major challenge, and the reality of most countries is that this information is not readily available. Even in cadastral maps in 2D, subsurface networks are rarely represented, as in the case of Brazil. In this context, the aim of this paper is to present the challenges of using the geotechnology available for the improvement of subsurface utility networks, contextualising for a Brazilian case with the presentation of the cadastre of COMPESA - Sanitation Company of Pernambuco and its suitability for LADM - Land Administration Domain Model. The LADM addresses the standardization and the integration of common features of cadastral systems and on the basis proposed in the standard was made an analysis on the state of the art with regard to LADM directed to subsurface

infrastructure network. As a case study, we present a summary of current registration status of COMPESA, seeking solutions for the integration of data and the possible implementation of 3D cadastre.

Keywords: subsurface utility networks, 3D Cadastre, 4D Cadastre, LADM.

1 INTRODUÇÃO

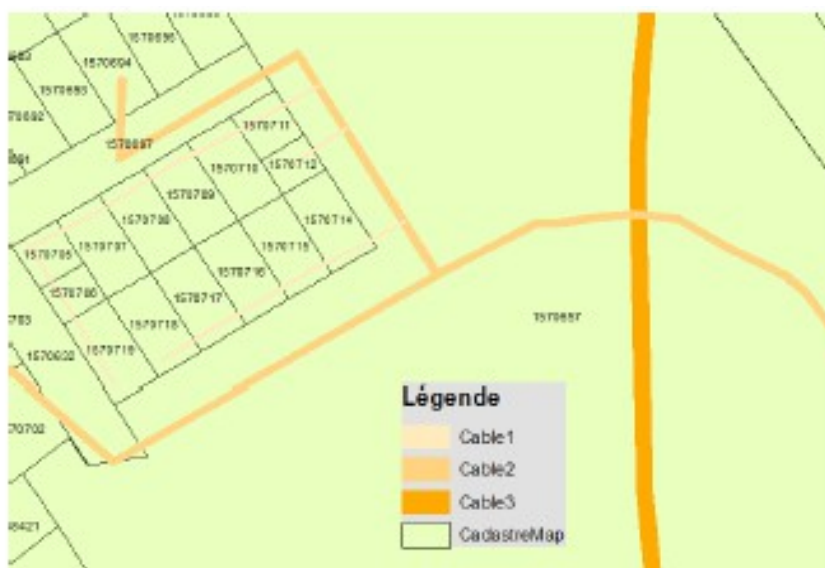
A utilização cada vez mais intensa de espaços acima e abaixo da superfície aumenta a necessidade de controle dessa ocupação. Os espaços abaixo da superfície, antes ocupados principalmente por redes de água, esgoto e gás, agora são compartilhados com redes de energia, telefonia, TV. Um sistema de informações desenvolvido para a administração de redes de infraestrutura subterrâneas possui características diferenciadas, com relação a ocupações acima da superfície, como edifícios, por exemplo.

De acordo com Döner et. al. (2011), informações insuficientes sobre a localização e profundidade das redes de infraestrutura tem como consequência diversos problemas, como o planejamento de construções na superfície e subsuperfície. A falta de informações corretas e confiáveis é a principal causa de danos às redes durante operações de escavação, com perdas financeiras consideráveis, além de acidentes trágicos. Hashim et. al. (2010) ressaltam que a maioria das redes de infraestrutura são instaladas nas ruas e estradas numa profundidade de até 2m, o que causa o problema de saturação da ocupação desse espaço cada vez mais disputado.

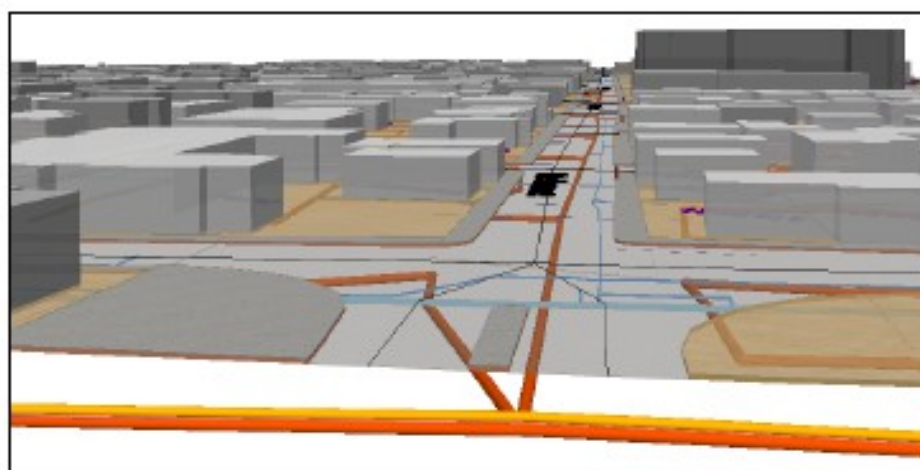
A localização de redes subterrâneas de infraestrutura é um grande desafio, e a realidade da maioria dos países é que estas informações não são facilmente disponíveis. Mesmo nos mapas cadastrais em 2D, as redes subterrâneas raramente são representadas. Segundo Pouliot et. al. (2016) essa situação varia de um país para outro, e citam os exemplos da Suíça, onde existe um oficial de cadastro especialmente para este tipo de rede. Além disso, a posição da parcela é parcialmente disponível em 2D, com atributo opcional de altura. Na Austrália, as redes de infraestrutura são apresentadas nos mapas em 2D.

Nas últimas décadas, as instituições cartográficas e cadastrais de muitos países estão dedicadas ao desenvolvimento de sistemas de informação integrados, para o compartilhamento de dados padronizados, as chamadas Infraestruturas de Dados Espaciais. Os desenvolvimentos voltados para a inclusão da componente 3D são cada vez mais disseminados, e alguns pesquisadores dedicam-se ao estudo da transição do cadastro 2D + a componente tempo e 3D (2D + altura). Para Döner et. al. (2016), a pressão causada pelo aumento da ocupação e do valor da terra leva à necessidade de se considerar a componente 4D (3D + tempo), especialmente para as redes subterrâneas. Estas redes são geralmente localizadas em parte de uma parcela e podem cruzar os limites de várias parcelas, e geralmente estas parcelas são possuídas por pessoas diferentes do responsável pela rede. A componente tempo é importante porque para manter a informação atualizada é necessário informar a situação em pelo menos quatro momentos: a construção ou instalação da rede, alterações, inclusive divisões ou ligações com outras redes, e a sua eliminação, ou desativação. A Figura 1 apresenta duas possibilidades de visualização de um cadastro de redes. Nesse caso, as opções foram

obtidas a partir de consulta aos usuários das informações cadastrais (Pouliot et. al., 2015).



a)



b)

Figura 1 - Possibilidades para a representação de uma rede de infraestrutura subterrânea. a) Cabo representado por um polígono 2D num mapa cadastral 2D; b) Cabo representado por um sólido 3D num mapa cadastral 3D.

Fonte: Pouliot et. al. (2015).

Considerando a relevância e atualidade do tema, o objetivo do presente artigo é apresentar as questões relacionadas ao cadastro de redes de infraestrutura e as iniciativas internacionais direcionadas ao aperfeiçoamento dos atuais sistemas, através da modelagem proposta pela ISO 19.152 - *Land Administration Domain Model*. A partir desse estudo, foi realizada uma análise da estrutura cadastral da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, visando à identificação dos elementos que devem ser considerados numa reforma cadastral.

2. O LADM - LAND ADMINISTRATION DOMAIN MODEL E SUA APLICAÇÃO NA MODELAGEM DO CADASTRO DE REDES DE INFRAESTRUTURAS SUBTERRÂNEAS

Normas e especificações técnicas são indispensáveis para relacionar todos os elementos de um cadastro. O LADM - *Land Administration Domain Model* ou Modelo de Domínio da Gestão Territorial, foi publicado em 2012 como um modelo de referência para padronizar os aspectos comuns dos sistemas de administração da terra e, em particular, os seus elementos centrais cadastrais (ISO/FDIS 19.152:2012).

O LADM aborda a unificação e integração das feições comuns dos sistemas cadastrais de forma simples, com intuito de facilitar a implementação do cadastro (de terra ou água) por parte dos órgãos governamentais e privados, dentro de um padrão internacional. É um esquema conceitual que organiza os conceitos e as relações entre direitos, responsabilidades e restrições (RRR - *Right, Responsibilities and Restrictions*).

2.1 Estrutura do LADM

Estruturado em três pacotes básicos: *Party Package* (as partes), *Administrative Package* (unidade administrativa básica) e *SpatialUnit Package* (unidade espacial), onde cada pacote é um grupo de classes, o LADM trata de unificar todos os conceitos de domínio cadastral e integrá-los em um modelo aberto e de fácil implementação por parte dos países, instituições ou empresas que o requeiram.

Como parte do pacote *SpatialUnit Package* está o *Surveying and Representation Package* (levantamento e representação), que é qualificado como um subpacote.

O esquema apresentado na Figura 2 mostra a estrutura do LADM numa visão que engloba os três pacotes básicos e o subpacote, onde se pode verificar o estilo de classe predeterminado pela norma que insere as iniciais das palavras *Land Administration* “LA_” como prefixo em cada classe, como forma de distinguir o produto das diversas outras classes ISO.

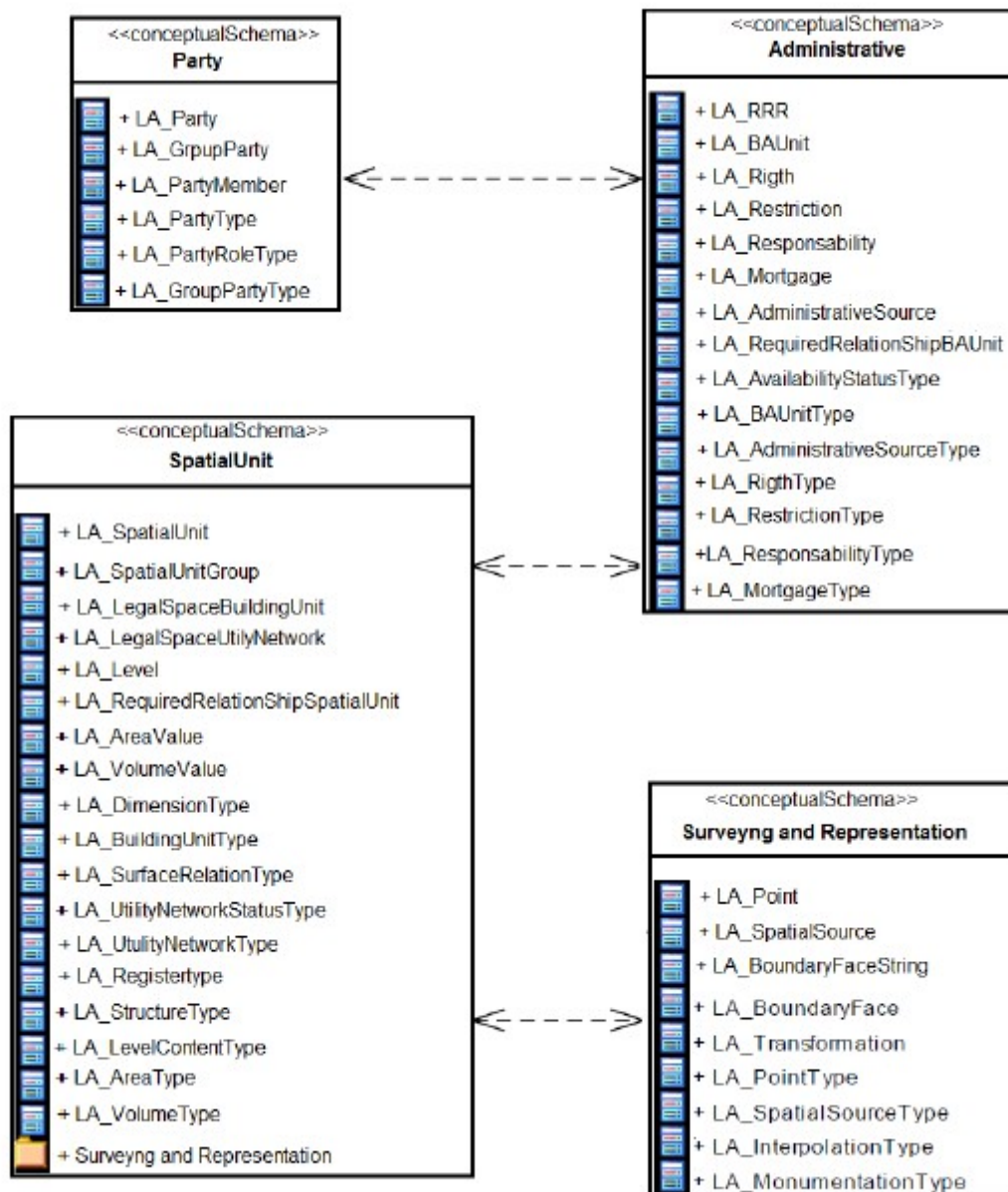


Figura 2 – Pacotes e classes do LADM
Fonte: (ISO 19152).

O esquema conceitual apresenta a estrutura do LADM e as relações entre as principais classes dos pacotes e subpacotes. Para estruturar qualquer trabalho que faça uso da normativa LADM deve-se inserir o banco de dados do estudo de caso dentro da estrutura apresentada.

A principal classe do *Party Package* é a *LA Party*, a mesma possui uma especialização *LA_GroupParty* e entre *LA_Party* e *LA_GroupParty* existe uma classe de associação opcional: *LA_PartyMember*. Um exemplo de uma instância de *LA_Party* poderia ser um CPF, ou um CNPJ; um *LA_GroupParty* poderia ser um grupo de pessoas que forma um condômino em uma propriedade; e *LA_PartyMember* seria um membro deste condomínio (ISO/FDIS 19.152:2012).

As principais classes do Administrative Package são as classes básicas *LA_RRR* e *LA_BAUnit*. A classe *LA_RRR* possui três classes de especialização (ISO/FDIS 19.152:2012):

1) *LA_Right*, com “direitos” como instâncias. Esses são essencialmente no domínio do direito real ou usual. Os direitos de propriedade são geralmente baseados na legislação (nacional).

2) *LA_Restriction*, com “restrições” como instâncias. A classe *LA_Mortgage* é uma associação desta classe e possui a hipoteca como instância.

3) *LA_Responsibility*, com responsabilidades como instâncias.

Instâncias da classe *LA_BAUnit* são “unidades administrativas básicas”. *Baunits* são necessárias, entre outras coisas, para registrar, várias unidades espaciais, pertencentes a uma mesma parte, sob o mesmo direito (o direito será homogêneo sobre todo o *baunit*). Em princípio, todos os direitos, restrições e responsabilidades são baseadas a uma fonte administrativa, como instâncias da classe *LA_AdministrativeSource*.

A principal classe do *SpatialUnit Package* é *LA_SpatialUnit*, com unidades espaciais como instâncias. *LA_Parcel* é um sinônimo para *LA_SpatialUnit*. Estes podem ser agrupados em duas formas (ISO/FDIS 19.152:2012):

1) Grupos de unidades espaciais, como instâncias de classe *LA_SpatialUnitGroup*. Estas podem ainda ser agrupadas em grandes grupos de unidades espaciais. Isto é realizado por uma relação de agregação de *LA_SpatialUnitGroup* sobre si mesma. Um exemplo de um grupo de unidades espacial é um município.

2) Sub unidades espaciais ou “subparcelas”, que é um agrupamento de uma unidade espacial em suas partes. Isto é realizado por uma relação de agregação de *LA_SpatialUnit* sobre si mesma.

Unidades espaciais são refinados em duas especializações (ISO/FDIS 19.152:2012):

1) Unidades de Construção, como instâncias de classe *LA_LegalSpaceBuildingUnit*.

2) Redes de Serviço Público, como instâncias de classe *LA_LegalSpaceUtilityNetwork*.

As quatro classes da *Surveying and Representation Subpackage* são: *LA_Point*, *LA_SpatialSource*, *LA_BoundaryFaceString*, e *LA_BoundaryFace*. Pontos são instâncias de *LA_Point* e o levantamento fica documentado com fontes espaciais que são as instâncias de classe da *LA_SpatialSource*. A fonte espacial pode ser oficial ou não (ISO/FDIS 19.152:2012).

2.2 O LADM APLICADO AO CADASTRO 3D E 4D

Döner et. al. (2011) sintetiza muito bem a questão da multidimensionalidade do cadastro. Segundo os autores, no Cadastro 2D a parcela representa a extensão do direito de propriedade e seus limites, nem sempre visíveis no terreno. Num Cadastro 3D, uma parcela volumétrica também é um objeto legal, não necessariamente visível na realidade e indiretamente relacionada a um objeto físico, como um muro, cerca ou construção. Por isso, o cadastro 3D também pode ser utilizado para outras funções, além da representação dos limites legais (p.ex., a representação de valores de imóveis através de modelos de visualização 3D ou zonas de restrição do espaço aéreo ou subterrâneo). Para

tratar um objeto físico como uma entidade e relacioná-lo ao objeto correspondente no Cadastro 4D, é necessário que este seja descrito nas dimensões do espaço 3D e a dimensão tempo.

No LADM, os dados 2D e 3D são tratados de uma maneira consistente através do modelo. É importante perceber que há uma diferença entre o objeto físico em 3D e o espaço legal referente ao objeto. O LADM abrange apenas o espaço legal, que é o espaço relevante para a administração territorial. Para que seja possível cadastrar as parcelas 2D ou 3D, todos os objetos devem ter um documento de levantamento, que deve deixar claro a qual espaço se referem (ZULKLIFI, 2015).

Para esclarecer a aplicação destes conceitos na estruturação de um cadastro de redes de infraestrutura, serão apresentados alguns exemplos.

2.2.1 O caso de Quebec

Pouliot & Girard (2016) analisaram o registro de terras da província de Quebec no Canadá, relacionado ao registro de redes de serviços públicos, estejam eles localizados no solo, superfície, ou no ar, e registraram alguns exemplos da incompatibilidade entre o cadastro de terras e o cadastro de redes de serviços públicos.

As redes de serviços públicos geralmente, têm dimensões geométricas complexas que não são facilmente representados ou integradas em plantas cadastrais. No sistema de cadastro de Quebec, cada parcela de terra está associada com um arquivo em um índice de bens imóveis, diretamente associado ao mapa cadastral, que indica onde a parcela está localizada, bem como seus limites e fronteiras. Embora o mapa cadastral de Quebec permita o registro de redes de serviços públicos, isso ainda é em grande parte limitado, devido à complexidade de suas dimensões geométricas e seu terceiro componente dimensional. Neste sentido, a fim de permitir a publicação de direitos sobre esses tipos de bens imóveis, criou-se um registro complementar: o registro de redes de serviço público. Cada rede é, portanto, registrada em um arquivo, gravado com um número sequencial, o nome do titular da rede, o nome da administração regional, e vários, mas não obrigatórios, dados textuais, incluindo nomes de ruas, endereço, descrição do espaço envolvente, etc.

A ausência de um plano cadastral para redes de infraestrutura, combinado com essa designação precária torna praticamente impossível a localização de redes subterrâneas utilizando os dados públicos. Mesmo se a designação em termos de terminações, comprimento e caminho for precisa, ainda é impossível saber quais parcelas de terra são afetadas por uma determinada rede. Sem uma ligação global entre cadastro e, pelo menos, o caminho da rede, a identificação de parcelas de terra afetadas é quase impossível.

Com respeito à modelagem destas redes de infraestrutura utilizando os padrões do LADM, Pouliot & Girard (2016) afirmam que o modelo é muito genérico, e os especialistas ainda esperam a sua aplicação a um sistema de registro que envolva a base cartográfica em 3D.

2.2.2 Um protótipo de Cadastro 4D em Rotterdam

Döner et. al. (2011) apresentam um estudo de caso de aplicação de um Cadastro 4D para redes de infraestrutura subterrânea em Rotterdam. Os dados sobre as redes subterrâneas foram organizados num banco de dados espacial e então acessados, consultados e visualizados em 3D. A quarta dimensão (tempo) é representada por

timestamps (uma cadeia de caracteres denotando a hora ou data que certo evento ocorreu, p.ex. "Sat Jul 23 02:16:57 2005").

Para o protótipo, valores z constantes foram estabelecidos para as redes, baseados nas normas holandesas: 1,00m de profundidade para tubulações e 0,60m para cabos. É importante salientar que muitas das redes em Rotterdam obtêm as coordenadas z absolutas com medições GPS antes que os cabos sejam enterrados.

Coordenadas 3D são associadas às parcelas e construções 2D para relacionar a parcela e os conjuntos de dados de construção às redes subterrâneas. As coordenadas z das construções foram obtidas a partir de modelos digitais de elevação (MDE). Após modelar as parcelas, construções e redes subterrâneas em 3d, os três bancos de dados foram importados para um sistema gerenciador de banco de dados e armazenados em diferentes tabelas no banco de dados espacial, permitindo consultas e visualizações, como mostra a figura 3. O detalhamento do estudo de caso e desenvolvimento do protótipo pode ser consultado em Döner et. al. (2011).

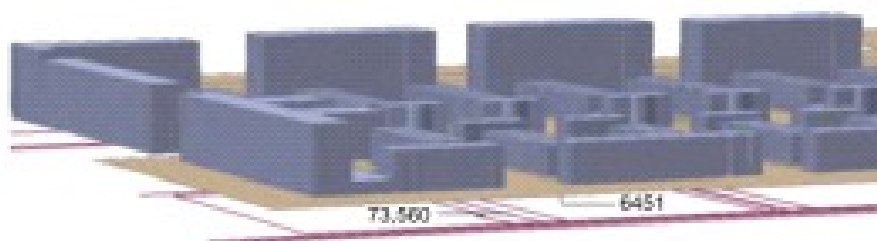


Figura 3 – Visualização de parcelas, construções e redes subterrâneas.
Fonte: Döner et. al. (2011).

3 O CADASTRO DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO DA COMPESA - COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO

A gestão territorial brasileira caminha rumo à integração dos dados, e a base para essa interoperabilidade é o uso da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. O uso e ocupação do solo engloba várias atividades de infraestrutura urbana, e umas das aplicações, imprescindível para o bem-estar humano é a distribuição de água potável. A gestão dos recursos hídricos no país é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas – ANA, que obedece aos fundamentos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e sua atuação é desenvolvida em articulação com órgãos públicos e privados integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA é o órgão responsável pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Pernambuco. É uma sociedade anônima de economia mista, com fins de utilidade pública e está vinculada ao Governo do Estado de Pernambuco por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico. É uma organização dotada de personalidade jurídica de direito privado, tendo o Estado como seu maior acionista (COMPESA, 2016).

Atualmente a COMPESA trabalha com 03 (três) cadastros: o Cadastro Técnico, que engloba as redes de água, esgoto e a estrutura da rede; o Cadastro Comercial, totalmente voltado à ligação da água; e o Cadastro Operacional, que trata da área de abastecimento.

Existem dois bancos de dados (BD) ativos, sendo um geográfico e outro alfanumérico. O banco de dados geográfico é um Sistema de Informações Geográficas denominado GISCOMP. Trata-se de uma plataforma WebGIS, de acesso restrito a funcionários da COMPESA, com atividades limitadas à inserção de dados no BD, os quais são fiscalizados pela Gerencia de Cadastro Técnico - GTC - setor de geoprocessamento - responsável por toda funcionalidade do WebGIS - Estrutura, Edição, Validação e Publicação.

Os cadastros Técnico e Operacional possuem banco de dados distintos, mas esses também tem seus dados inseridos no WebGIS. O segundo banco de dados é o GSAN – Gestão de Serviços de Saneamento, que é um banco de dados alfanumérico, com 93 campos de armazenamento de dados, alimentado por todas as gerências da COMPESA. O sistema possui informações acerca de todos os cadastros, desta forma ele é mais complexo e mais robusto que o GISCOMP, que trata, em sua totalidade, apenas do setor comercial, fazendo conexão com os outros setores para validação dos dados e publicação das informações na web.

A Gerência de Cadastro Técnico e Comercial trabalha com o software de GIS da *Environmental Systems Research Institute* (ERSI) - ArcGIS, versão 10.3. O Sistema Operacional é Microsoft Windows, e o Banco de Dados é o SQL Server. Os bancos de dados da COMPESA não possuem conexão com outras plataformas, ou seja, não interagem com outras entidades.

Com o intuito de dinamizar o trabalho e atender ao maior número de localidades possível, a COMPESA trabalha na atualização da base cadastral, visto que a cartografia é peça fundamental na execução de um SIG.

O processo de evolução cadastral da COMPESA segue apresentado na figura 4.

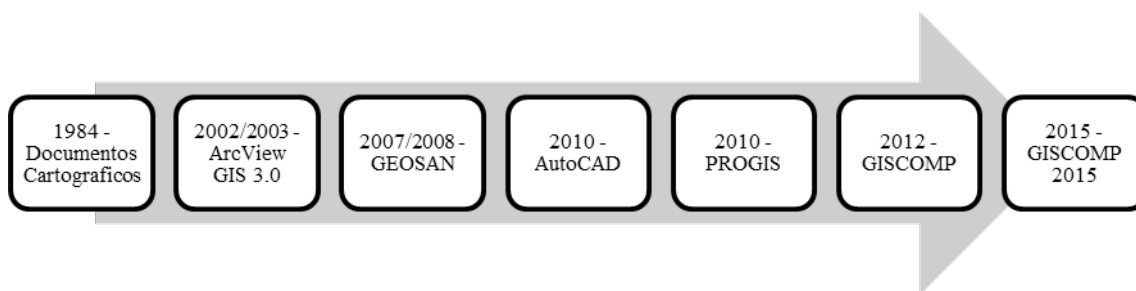


Figura 4 – Evolução cadastral da COMPESA.

A fase atual do cadastro passa por uma reestruturação do WebGIS – GISCOMP, que é composto por dados de diversas fontes: IBGE; Prefeituras; Imagens para vetorização (figura 5); Cadastro da rede de esgoto da RMR pela Odebrecht Ambiental – OA; GSAN; Matrículas de ligação de água cadastradas em campo; Base Técnica/Operacional; Cadastros de novos projetos e obras, como apresentado na figura 6.



Figura 5 – Imagem com a vetorização da rede.
Fonte: adaptado da base cartográfica da COMPESA.

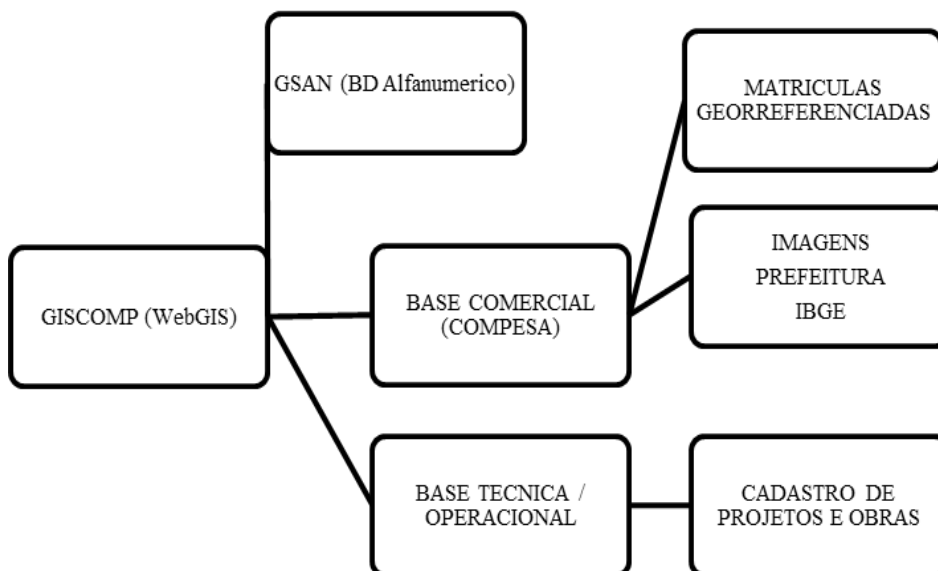


Figura 6 – Composição da base cadastral da COMPESA.
Fonte: adaptado da COMPESA.

O GSAN é um sistema integrado de gestão de serviços, o qual é atualizado diariamente pelas unidades de atendimento ao público da COMPESA, assim como nas unidades de trabalho interno. O cliente pode ter acesso aos serviços oferecidos pelo GSAN através do site: <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/>. Sendo um banco de dados alfanumérico, o GSAN não tem a potencialidade encontrada no GISCOMP,

que é um banco de dados geográfico. Nesse sentido, o GSAN é vinculado ao GISCOMP para validação dos dados e incorporação ao sistema Web.

A base comercial da COMPESA é vinculada à ligação de água. No caso, a ligação de água é a menor unidade cadastral da COMPESA, e nela é atribuída uma matrícula. Nesta matrícula contem os dados referentes ao cadastro do cliente. As matrículas são georreferenciadas em campo através de dispositivos móveis. São disponibilizados mapas digitais, nos quais são inseridas informações em campo, e retorna os dados coletados em *shapefiles*, que são validados pela equipe de geoprocessamento, e inserido no GISCOMP.

As imagens utilizadas são derivadas de consórcios com outras entidades, como o projeto PE 3D, Voo aerofotogramétrico da Odebrecht Ambiental, FIDEM, entre outras fontes.

Os dados do IBGE referem-se aos setores censitários, limites municipais, corpos d'água, hidrografia, entre outros. Novas obras e projetos são vinculados ao sistema, pois isso afeta diretamente nos sistemas de abastecimento de água e rede de esgoto da região.

A base técnica e operacional possui um sistema separado, mas o mesmo é vinculado ao GISCOMP para publicação dos dados na plataforma WebGIS.

A rede da COMPESA segue apresentada na base cartográfica como mostra a figura 7.

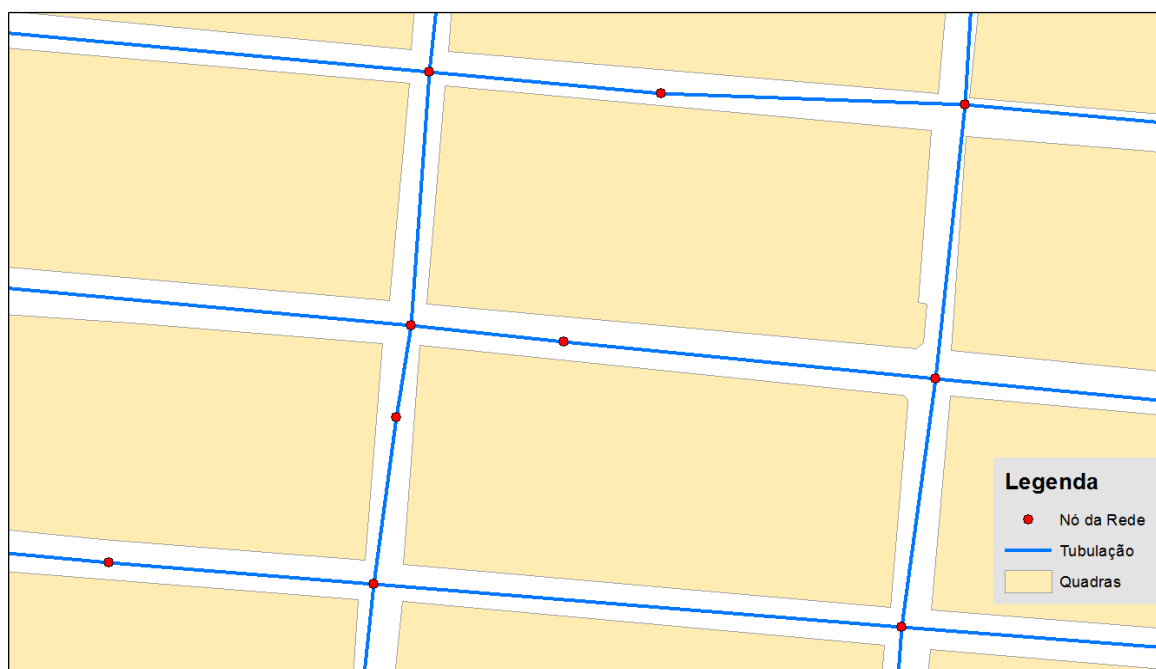


Figura 7 – Rede de distribuição de água apresentada na base cartográfica da COMPESA.

Fonte: adaptado da base cartográfica da COMPESA.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo teórico realizado e a descrição do cadastro da COMPESA, conclui-se que o primeiro passo para o aperfeiçoamento do sistema

cadastral é a sua unificação, utilizando os padrões do LADM e incluindo a terceira dimensão. Esse elemento z poderá ser obtido a partir dos bancos de dados descritivos da empresa, que podem ser associados à base cartográfica existente.

A estrutura cadastral da COMPESA é bastante extensa e complexa, o que pede uma atenção maior quanto à compreensão e descrição, apresentando-se como uma dificuldade no momento do entendimento do sistema para posterior modelagem.

A proposta deste artigo faz parte de um projeto que pretende integrar o sistema cadastral da unidade e implementar a estrutura 3D, com base nas normativas do LADM, que visa à adequação da estrutura de uma forma simplificada, podendo modelar o cadastro existente dentro do padrão imposto pela norma.

Referências Bibliográficas

BRASIL. **Decreto-lei nº 6.666, de 27 de novembro de 2008**. Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Brasília, DF, 28 de nov. 2008. Seção 1, p. 57.

CÁMARA, M. A. U.; BALBOA, J. L. G.; ARIZA LÓPEZ, F. J. **Análisis de da Propuesta ISO 19152 (Land Administration Domain Model)**. Primer Congreso Internacional de Catastro Unificado y Multipropósito. Universidad de Jaén, España, 16 - 18 de junio, 2010.

COELHO, F. J. M. **Estudos de Sistemas Cadastrais de empresas de Saneamento através de benchmarking**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2004.

DÖNER, F., BIYIK, C. **Conformity of LADM for Modeling 3D/4D Cadastre Situations in Turkey**. 5th Land Administration Domain Model Workshop. 24-25 September 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.

DÖNER, F. *et al.* **Solutions for 4D cadastre – with a case study on utility networks**. International Journal of Geographical Information Science Vol. 25, No. 7, July 2011, 1173–1189.

FELUS, Y. BARZANI, S. CAINE, A. BLUMKINE, N. and VAN OOSTEROM, P. **Steps Towards 3D Cadastre and ISO 19152 (LADM) in Israel**. 4th International Workshop on 3D Cadastres. 9-11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates.

FREDERICO, L. N. S. **Modelagem de Cadastro Territorial de Bens Imóveis da União de Acordo com a LADM ISO/FDIS19.152:2012**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2014.

HASHIM, M.; WEI, J. S.; AND MARGHANY, M. **Subsurface Utility Mapping for Underground Cadastral Infrastructure**. 31st Asian Conference on Remote Sensing 2010 (ACRS 2010). 1-5 November 2010, Hanoi, Vietnam. Volume 2, 2010, pages 1200-1206.

ISO/FDIS/TC211 (2012). **ISO/TC 211 Geographic Information – Land Administration Domain Model (LADM)**. ISO/FDIS 19152 (Final Draft International Standard).

PAIXÃO, S.; HESPANHA, J. P.; GHAWANA, T.; CARNEIRO, A. F. T.; ZEVENBERGEN, J.; **Modelling Brazilian Indigenous Tribes Land Rights with ISO 19152 LADM**. 5th Land Administration Domain Model Workshop - 24-25 September 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.

POULIOT, J.; CUISSART, R.; BORDIN, P. **Cadastral mapping for underground networks: A preliminary analysis of user needs**. 27th International Cartographic Conference. 16th General Assembly. Maps Connecting the World. August 23-28, 2015. Rio de Janeiro, Brazil.

POULIOT, J.; GIRARD P.; **Subsurface Utility Network Registration and the Publication of Real Rights: Pending for a Full 3D Cadastre**. FIG Working Week 2016. Recovery from Disaster Christchurch, New Zealand, May 2–6, 2016.

SANTOS, J. C. **Análise da aplicação do modelo de domínio de conhecimento em administração territorial (LADM) ao cadastro territorial urbano brasileiro – estudo de caso para o município de Arapiraca – AL**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. **História**. Disponível em: <http://servicos.compesa.com.br/historia-e-perfil/>. Acesso em: 14 de junho de 2016.

ZULKIFLI, N. A.; ABDUL RAHMAN, A.; HASSAN, M. I.; and TAN L. C. **Conceptual Modelling of 3D Cadastre and LADM**. WCS-CE - The World Cadastre Summit, Congress & Exhibition Istanbul, Turkey, 20 –25 April 2015.