

Cadastro 3D e Banco de Dados espaciais: Estudo de Caso representando Parcelas espaciais no Brasil

Marcelo Leandro Holzschuh¹
Amilton Amorim²
Guilherme Barros de Souza³

UNESP - Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas
19060-400 Presidente Prudente SP

¹ mlholz@gmail.com

² amorim@fct.unesp.br

³ ghenriquebs@yahoo.com.br

Resumo: Neste artigo apresenta-se algumas definições envolvendo o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), com ênfase ao cadastro de parcelas 3D, e um de seus pilares fundamentais que é o banco de dados. O armazenamento e a recuperação de dados é uma etapa fundamental para o CTM, e com a necessidade do cadastro de estruturas complexas como a sobreposição de imóveis (públicos ou privados), cabos e dutos subterrâneos, comparece a preocupação com a forma de armazenamento, tanto geométrico como suas relações topológicas. Assim, o objetivo deste artigo é armazenar e manipular dados 3D em um Banco de Dados Geográfico (BDG) para fins cadastrais, analisando o conjunto geométrico e os operadores topológicos oferecidos pelo BDG utilizado. Adicionalmente, busca-se proporcionar subsídios para novas fontes de pesquisa como visualização tridimensional e modelagem de objetos espaciais para o Cadastro de parcelas 3D.

Palavras chaves: Cadastro 3D, Banco de Dados Geográficos.

Abstract: This article presents some definitions involving Multipurpose Technical Cadastre (CTM), with emphasis on 3D parcels cadastre, and one of its pillars is the data base. The storage and retrieval of data is a fundamental step for the MTC, and the need for cadastre of complex structures such as superpose properties (public or private), underground pipelines and cables, appears to concern the form of storage, both geometric as their topological relations. The objective of this paper is store and handles 3D data in a Geographic Data Base (BDG) for cadastre, analyzing all geometric and topological operators offered by BDG in used. Additionally, we seek to provide subsidies for new sources of research as three-dimensional visualization and modeling of spatial objects for the cadastre of 3D parcels.

Keywords: 3D Cadastre, Geographic Data Base.

1 Introdução

Os avanços das tecnologias utilizadas em Bancos de Dados (BD) e os esforços realizados para acompanhar a tendência atual da programação orientada a objetos fortalecem as pesquisas que prevêem a utilização de Bancos de Dados Relacionais (BDR). Para os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), estão sendo usados os Bancos de Dados Objeto-Relacionais (BDOR), os quais buscam reunir o melhor de ambas as abordagens (relacional e orientado a objetos).

Juntamente com essas evoluções, culminam as necessidades de alteração do sistema cadastral brasileiro para o Cadastro Tridimensional (3D), o qual atualmente é realizado por meio do registro cadastral bidimensional (2D) das parcelas. Este paradigma cadastral precisa ser alterado devido ao crescente aumento no uso do espaço acima e abaixo da superfície, uma vez que na maioria dos países, os direitos de propriedade iniciam no centro da terra e vão até o “céu”.

O crescimento populacional das cidades durante as últimas décadas ocasionou uma busca por melhor aproveitamento do espaço, sendo muitas vezes dado como solução, o uso de edificações com mais de um pavimento. Isso ocorre principalmente em países que possuem pouca extensão territorial, populosos, ou com grande vocação turística, nos quais a construção de edifícios passou a ser quase um padrão.

Por envolver conhecimentos multidisciplinares (aspecto legal, aquisição dos dados, armazenamento e visualização de dados espaciais) e por sua vasta aplicabilidade (projetos urbanos como planejamento de uso e ocupação do solo, telecomunicações, Cadastro 3D, construção de estradas, pontes, túneis, turismo, etc.), é possível apresentar novos modelos e métodos que atendam as relações e alterações dinâmicas entre as ações antrópicas e o espaço tridimensional.

Dessa forma, representar este processo dinâmico 3D em um sistema 2D gera muitos problemas, sendo alguns deles a visualização e operações topológicas (União, adjacência, sobreposição) entre construções 3D. Esses problemas são minimizados quando as operações são implementadas em um banco de dados, pois os sistemas gerenciadores dos bancos de dados já possuem muitas restrições implícitas, desenvolvidas com a evolução da tecnologia de Banco de Dados e alavancados pela elevada quantidade de dados utilizada.

O armazenamento e a manipulação de dados tridimensionais (x, y, z de pontos, linhas e polígonos), o que é possível em vários BD (Oracle, Postgre, IBM, Ingres, Informix) por meio de suas extensões espaciais, permitem uma gama variada de aplicações. Entre esses Bancos de Dados está o PostgreSQL, com sua extensão espacial PostGIS, apresentando-se como viabilidade para o Cadastro 3D. Esta extensão possui suporte completo ao OpenGL, alguns avanços com relação aos construtores topológicos (*covarages*, *surfaces*, *networks*), ferramentas de interfaces entre usuários de *desktop* e dados espaciais possibilitando a visualização e edição de dados para SIG, bem como ferramentas de acesso a dados via internet.

O objetivo deste trabalho é armazenar e manipular dados 3D em um Banco de Dados Geográfico (BDG) com fins Cadastrais, analisando o conjunto de operadores geométricos e topológicos oferecidos pelo BDG utilizado. Adicionalmente, busca-se proporcionar subsídios para novas fontes de pesquisa como visualização tridimensional e modelagem de objetos espaciais para o Cadastro de parcelas 3D. Neste sentido, desenvolveu-se um estudo de caso para representar uma parcela 3D, a qual está localizada na Faculdade de Ciência e Tecnologias – Unesp, Campus de Presidente Prudente, São Paulo.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Cadastro Técnico Multifinalitário

O CTM, segundo Bittencourt e Loch (2008), compreende desde as medições, que representam toda a parte cartográfica, até a avaliação socioeconômica da população; a legislação, que envolve verificar se as leis vigentes são coerentes com a realidade regional e local; e a parte econômica, em que se deve considerar a forma mais racional de ocupação do espaço, desde a ocupação do solo de áreas rurais até o zoneamento urbano.

Para Philips (1996), o CTM trata-se de um sistema de banco de dados distribuídos em diversos setores (suplementos multifinalitários ou multifuncionais), com um núcleo que é o cadastro básico de bens imobiliários ou base cadastral. Esta base é composta pela: carta de cadastro imobiliário, base métrica, registro de parcelas, proprietários e direitos.

Segundo Amorim et. al. (2008), considerando que os sistemas cadastrais, podem ter um caráter multidisciplinar, os mesmos podem assumir uma função mais abrangente, apresentando-se como um conjunto de informações organizadas para diversos departamentos e setores da administração municipal. Um sistema de gerenciamento de informações que contemple o banco de dados cadastral, com múltiplas finalidades, possibilita a manipulação desses dados apresentando informações de maneira adequada aos usuários, tornando-se um importante instrumento de apoio à tomada de decisão.

2.2 Cadastro 3D

Em 2000, na Universidade de Tecnologia de Delft, teve início a pesquisa sobre a possibilidade do registro de uso do espaço no cadastro 3D. Esta pesquisa foi realizada com a colaboração do cadastro da Holanda (STOTER e PLOEGER, 2003). Na sequência, vários países buscaram soluções para a realização do

cadastro 3D.

O cadastro tradicional é baseado em uma divisão de terras por parcelas em 2D. Seus direitos e limites legais sobre a terra são registrados nestas parcelas. Porém, os limites da parcela não se restringem as bordas 2D, eles possuem o componente espacial tridimensional, ou seja, em altura e profundidade. Na maioria dos países, os direitos de propriedade iniciam no centro da terra e vão até o céu (STOTER e PLOEGER, 2003).

O crescimento populacional das cidades durante as últimas décadas ocasionou uma busca por melhor aproveitamento do espaço, sendo muitas vezes dado como solução, o uso de edificações com mais do que um pavimento (STOTER; OOSTEROM, 2005). Principalmente em países que possuem pouca extensão territorial, populosos, ou com grande vocação turística, a construção de edifícios passou a ser quase que um padrão.

Cadastro 3D não foca apenas a idéia de registro do proprietário do imóvel, mas também atende a outras necessidades como planejamento do uso e ocupação da Terra, localização e visualização de cabos e dutos (água, eletricidade, telefonia, gás, cabos de fibra ótica, TV a cabo) que estão sendo criados para garantir a infra-estrutura da cidade (STOTER et. al., 2004). Isso é importante para o planejamento de futuras instalações de equipamentos públicos e novos loteamentos, além de ordenar o uso do subsolo. Porém, isso tudo envolve uma grande quantidade de dados, os quais utilizam as estruturas e formas de armazenamento dos bancos de dados alfanuméricos e geográficos.

2.3 Banco de Dados Relacionais

Os Bancos de Dados tem sua origem na década de 1970, abrangendo até hoje as mais diversas áreas que necessitam definir, armazenar, alterar e recuperar dados inter-relacionados. Para isso, os BD's utilizam o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), que, segundo Damas (2007), possui como objetivo fornecer a interface entre os dados e o usuário, definindo, acessando e gerenciando estes dados.

O modelo relacional é o mais difundido entre os diversos bancos de dados desenvolvidos. O modelo relacional utiliza a estrutura de relação, que é uma estrutura bidimensional que obedece a um esquema determinado e possui zero ou mais instâncias. O esquema de uma relação é constituído por um ou mais atributos que traduzem o tipo de dados a ser armazenado. Estas relações podem ser definidas por uma tabela, constituída por linhas e colunas, onde as colunas ou campos representam os atributos e as linhas representam os registros ou as instâncias da relação (DAMAS, 2007).

Para evitar este problema, segundo Neves, Rocha e Segundo (2007), foram desenvolvidos os Bancos de Dados do tipo Objeto-Relacional (BDOR), tentando incluir em uma mesma infra-estrutura o melhor dos dois mundos (relacional e orientado a objetos). Não é uma nova tecnologia, mas antes uma mistura dos dois modelos. Os bancos de dados deste tipo são híbridos. Trata-se, normalmente, de sistemas de gerência de banco de dados relacional cujas funcionalidades foram estendidas de maneira a suportar o armazenamento e o processamento de objetos, que passam a ser tratados como se fosse um tipo de dados do próprio banco de dados, também chamados de extensões espaciais.

A utilização intensa dos ambientes gráficos (ex. Janelas do Windows) e a utilização generalizada de linguagens de programação, do tipo orientado a objetos, levaram muitos programadores a sentirem necessidade de armazenar mais do que simples dados nos bancos de dados que suportavam as suas aplicações.

Tratando-se de uma evolução do Sistema de Gerência de Banco de Dados Objeto-Relacional (SGBDOR), o modelo objeto-relacional integra na sua estrutura o processamento robusto de transações e o alto desempenho no acesso aos dados que herdou do modelo relacional e a flexibilidade do seu parente orientado a objetos.

Um SGBDOR utiliza um modelo de dados que incorpora características orientadas a objetos em um SGBD relacional. A informação continua a ser armazenada em tabelas, mas pode incluir estruturas de dados mais ricas do que as habituais, denominadas Tipos Abstratos de Dados – TAD. Um SGBDOR, ao permitir incluir estruturas mais complexas (TAD) nas suas tabelas, necessita de uma extensão da linguagem SQL para a sua manipulação (DAMAS, 2007).

A maior parte das grandes empresas desta área (IBM, Informix, Microsoft, Oracle e Sybase) já disponibilizou versões Objeto-Relacional dos seus principais produtos. Deste modo, os programadores

podem então trabalhar com as estruturas habituais em forma de tabela bidimensional e a linguagem SQL que lhe está associada, enquanto assimilam a nova tecnologia de processamento orientada a objetos (DAMAS, 2007), principalmente enquanto se adaptam ao conceito de dados geográficos armazenados em forma de objeto. Entre os Bancos de Dados Objeto-Relacionais estão os Bancos de Dados Geográficos (BDG), que surgiram com a necessidade do armazenamento e manipulação de dados espaciais.

Os dados geográficos a serem armazenados nos BDG's são constituídos da relação entre os dados espaciais e os dados tabulares. A função destes dados é representar graficamente, fisicamente, quantitativamente e qualitativamente os elementos existentes sobre a superfície terrestre. Conforme apresentado na Figura 1, os dados geográficos dividem-se, em estruturas vetoriais e matriciais. As vetoriais se dividem em ponto, linha e área (ou polígono). Um ponto é um par ordenado (x, y) de coordenadas espaciais. Uma linha é um conjunto de pontos conectados. Uma área é a região do plano limitada por uma ou mais linhas poligonais conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima. Estes três estruturas subsidiam os vetores e topologias dos geo-objetos, redes e estruturas 2,5 D (CÂMARA, 2005). A estrutura 2,5 D refere-se a valores que possuem uma representação de localização (x,y) e um atributo (z).

Com relação à estrutura matricial, utiliza-se uma grade regular sobre a qual se representa, célula a célula, o elemento que está sendo representado. A cada célula, atribui-se um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objeto pertence uma determinada célula. Assim, o espaço é representado como uma matriz $P(m, n)$ composto de m colunas e n linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. Recentemente, surgiu o conceito de espaço celular, que é uma estrutura matricial generalizada onde cada célula está associada a vários tipos de atributos.

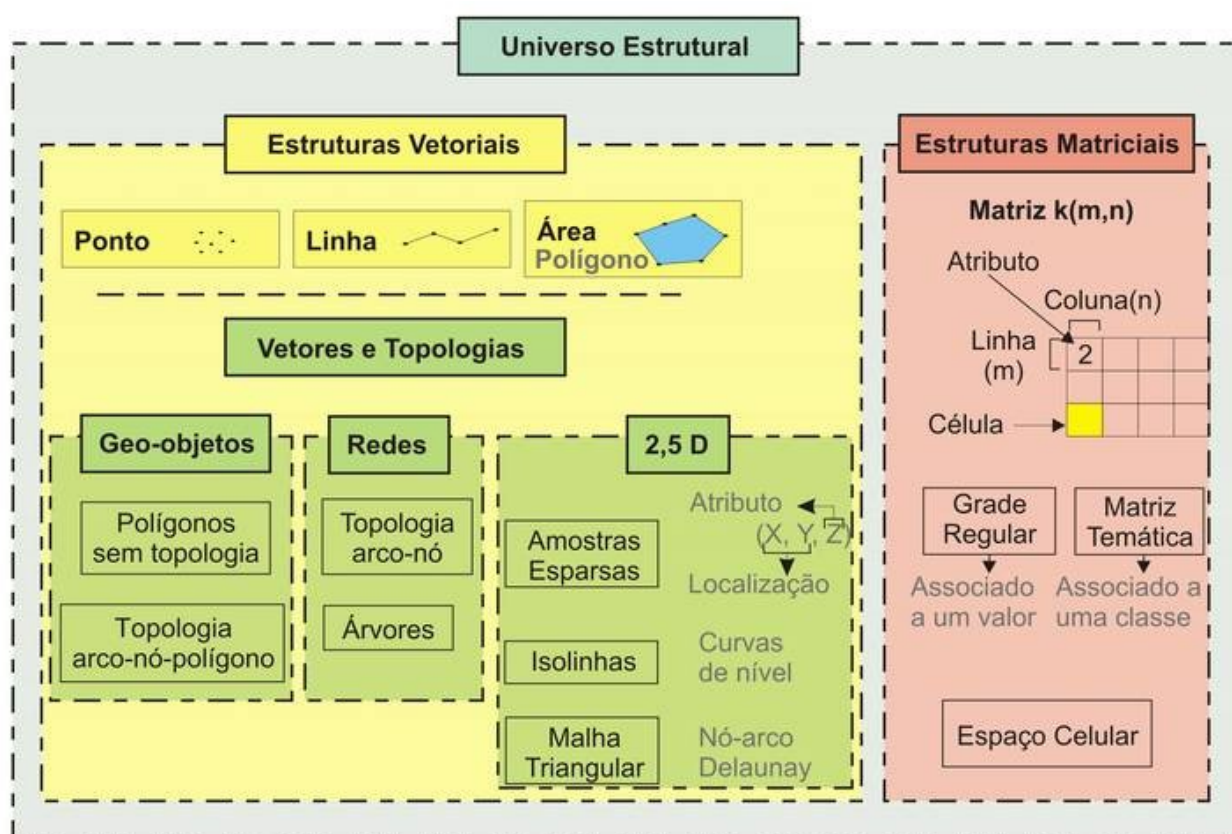


Figura 1 : Estruturas de dados utilizados em banco de dados geográficos.

Para fins cadastrais, comumente são utilizados as estruturas vetoriais (ponto, linha e polígono), as quais são mais simples para os BDG manipularem. Entre os BD's desenvolvidos para manipulação destes dados espaciais está o PostgreSQL, com sua extensão espacial PostGIS.

2.4 PostgreSQL e PostGIS

O PostgreSQL é um SGBDOR, gratuito e podendo ser obtido na Internet. Atualmente está na sua versão 8.4 (<http://www.postgresql.org/>), desenvolvido pelo Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia em Berkeley (QUEIROZ; FERREIRA, 2005). É suportada grande parte do padrão SQL:2003, além de serem oferecidas muitas funcionalidades modernas, como: comandos complexos, chaves estrangeiras, gatilhos, visões, integridade transacional, controle de simultaneidade multiversão, funções, operadores, funções de agregação, métodos de índice, linguagens procedurais, etc.

Em sua versão de distribuição oficial, o PostgreSQL apresenta tipos de dados geométricos (*point*, *lseg*, *path*, *box*, *polygon*, *circle*), operadores espaciais simples e indexação espacial através de R-Tree nativa ou através de R-Tree implementada no topo do mecanismo de indexação GiST (*Generalized Search Tree*). Lembrando que o PostgreSQL também possui os mecanismos de indexação B-Tree e HASH. Entre os pontos fortes deste SGBD, segundo Queiroz e Ferreira (2005), está o grande potencial de extensibilidade, o que possibilitou o desenvolvimento de uma extensão geográfica mais completa, chamada PostGIS.

O PostGIS foi desenvolvido pela empresa *Refraction Research Inc*, como um projeto de tecnologia “código aberto” de banco de dados espacial, com Licença Pública Geral (GPL – *General Public Licence*), e é disponibilizado no site <http://www.postgis.org/download>. Entre os tipos espaciais suportados pelo PostGIS e embutidos na SQL do PostgreSQL estão: ponto, linha, polígono, multiponto, multilinha, multipolígono e coleção de geometrias, conforme a Figura 2. O OpenGIS define duas formas de armazenar objetos espaciais: a forma *Well-Known Text* (WKT) e a forma *Well-Known Binary* (WKB). Para poder armazenar dados 3D, o PostGIS possuía a extensão aos padrões WKT e WKB, denominados *Extended Well-known Text* (EWKT) e *Extended Well-known Binary* (EWKB) (<http://postgis.refractions.net/docs/>).

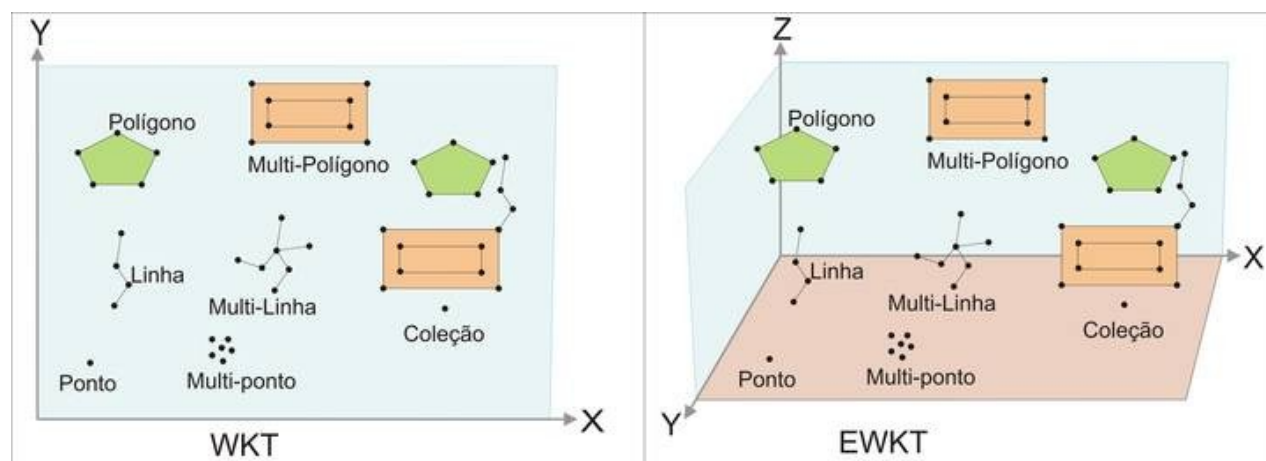


Figura 2 : Dados espaciais a serem armazenados no PostGIS usando o padrão WKT para dados bidimensionais e o padrão EWKT para dados 3D ou 4D

Em relação às tabelas de metadados do PostGIS, as mesmas seguem as especificações da *Simple Features Specification for SQL* (SFSQL). Quando o PostGIS é instalado, automaticamente já são acrescentadas as duas tabelas de metadados ao BD, denominadas *spatial_ref_sys*, utilizada para manipular os sistemas de coordenadas, e a *geometry_columns*, que auxiliam na definição de colunas espaciais, através de restrições geométricas pré-definidas.

3 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do estudo de caso, optou-se por usar o BD PostgreSQL, em sua versão 8.4, juntamente com sua extensão espacial PostGIS, versão 1.3. As tabelas definidas possuem a capacidade de armazenar dados 3D de pontos, linhas, polígonos, multipontos, multilinhas, multipolígonos, conforme ilustra a Figura 3. Os dados utilizados referem-se a um bloco existente na Faculdade de Ciência e Tecnologias – Unesp, Campus de Presidente Prudente, São Paulo. Não preocupou-se com a precisão dos dados, pois o objetivo era armazenar e analisar as diferentes possibilidades do oferecidas pelo BDG.

Após o desenvolvimento da estrutura (banco de dados e tabelas) realizou-se uma análise das diferentes formas de armazenamento de dados referentes às parcelas 3D, possíveis no BDG. Nestas análises objetiva-se identificar vantagens e desvantagens entre cada forma de armazenamento.

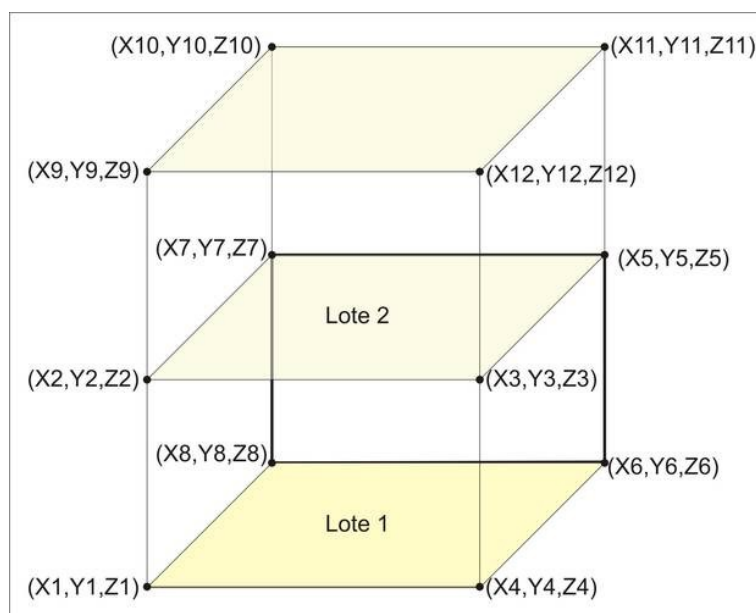


Figura 3 : Exemplo de uma parcela 3D com dois pavimentos.

4 Análise dos Resultados

O armazenamento no banco de dados dos limites da parcela 3D pode ser feito de três formas: por arestas (linha), polígono ou multipolígono. Porém, cada uma delas deverá ser analisada com muito cuidado, pois apresenta vantagens e desvantagens.

O armazenamento das arestas, em forma de linhas, evita a redundância de dados no banco de dados. Por exemplo, na Figura 3, a aresta formada pelos pontos com as coordenadas (X2,Y2,Z2) e (X3,Y3,Z3) são armazenadas no BDG apenas uma vez, servindo tanto para representar o *Lote 1* quanto o *Lote 2*. Porém, exige muita habilidade do programador para realizar a reconstrução da área do lote, e não permite análises volumétricas dos demais objetos cadastrais (dutos, prédios, etc.). Um exemplo do uso dessa metodologia é apresentado por Stoter e Oosterom (2006), e sendo aplicada na Holanda.

Outra maneira é armazenar o polígono no BDG, de modo a aumentar a rigidez geométrica no armazenamento de cada parcela. Seu uso é muito comum em representações e armazenamentos de dados referentes às parcelas 2D. Para dados 3D para fins cadastrais, como pontes, viadutos, entre outros, também são necessários vários polígonos para a representação dos mesmos. Outro fator a ser considerado é o número de pontos repetidos no BDG, como na Figura 3, o ponto representado na coordenada (X2,Y2,Z2), seria armazenado cinco vezes no BDG, pois apareceria em cinco polígonos diferentes.

Usando o multipolígono, reduzimos o número de pontos repetidos no BDG. Apesar desta redução, ainda teríamos vários pontos armazenados com redundância. Já a recuperação dos polígonos envolvidos é mais rápida, porém, ainda não é possível o relacionamento topológico entre os diferentes objetos 3D cadastrados.

Como estes dados para o armazenamento são os mais comuns no cadastro de parcelas 3D, buscou-se identificar o que é possível ser feito usando um BDG. Na Tabela 1 são apresentados os comandos SQL para definição das tabelas no BDG e suas colunas espaciais.

Tabela 1 – Comandos SQL para definir o banco de dados, as tabelas e suas colunas espaciais

Operação		Comandos SQL
Definir o BD e o usuário		<code>CREATE DATABASE postgis WITH OWNER = postgres ENCODING = 'UTF8';</code>
Tabela de ponto		<code>CREATE TABLE ponto (id_ponto integer NOT NULL, nome_ponto VARCHAR(30), CONSTRAINT id_ponto_pk PRIMARY KEY (id_ponto));</code>
Tabela de polígono		<code>CREATE TABLE poligono (id_poli integer NOT NULL, nome_poli VARCHAR(30), CONSTRAINT id_poli_pk PRIMARY KEY (id_poli));</code>
Tabela de multipolígono		<code>CREATE TABLE multipoligono (id_multipoli integer NOT NULL, nome_multipoli VARCHAR(30), CONSTRAINT id_multipoli_pk PRIMARY KEY (id_multipoli));</code>
Tabela de linha		<code>CREATE TABLE linha (id_linha integer NOT NULL, nome_linha VARCHAR(30), CONSTRAINT id_linha_pk PRIMARY KEY (id_linha));</code>
Tabela de Multilinha		<code>CREATE TABLE multilinha (id_multilinha integer NOT NULL, nome_multilinha VARCHAR(30), CONSTRAINT id_multilinha_pk PRIMARY KEY (id_multilinha));</code>
Adicionar a coluna espacial do tipo	Ponto	<code>SELECT AddGeometryColumn ('ponto', 'geo_ponto', 29192, 'POINT', 3);</code>
	Linha	<code>SELECT AddGeometryColumn ('linha', 'geolinha', 29192, 'LINESTRING', 3);</code>
	Multilinha	<code>SELECT AddGeometryColumn ('cadperimetro', 'geomultilinha', 29192, 'MULTILINESTRING', 3);</code>
	Polígono	<code>SELECT AddGeometryColumn ('poligono', 'geo_poligono', 29192, 'POLYGON', 3);</code>
	Multipolígono	<code>SELECT AddGeometryColumn ('multipoligono', 'geo_multipoligono', 29192, 'MULTIPOLYGON', 3);</code>

Com a definição do banco de dados e as tabelas, fez-se a inserção dos dados. Esses dados referem-se a uma construção com dois pavimentos, e como é apresentado na Tabela 2, este armazenamento é possível.

Tabela 2 – Comandos SQL para inserir os dados no banco de dados

Operação	Comandos SQL
Inserir Ponto	<code>INSERT INTO cadpontos VALUES (1, 'P1', GeomFromEWKT('SRID=29192;POINT(457963.30925564247 7553775.051832954 436)'));</code>
Inserir Linha	<code>INSERT INTO cadlinha VALUES (1, 'Linha', GeomFromEWKT('SRID=29192;LINESTRING(457963.30925564247 7553775.051832954 436, 457935.7610097412 7553788.678639082 436)'));</code>
Inserir Polígono	<code>INSERT INTO cadimovel (codimovel, "geopoly") VALUES (1, GeomFromEWKT('SRID=29192;POLYGON(((457963.30925564247 7553775.051832954 436, 457935.7610097412 7553788.678639082 436, 457931.04687140515 7553780.207921759 436, 457959.1843845984 7553766.581115632 436, 457963.30925564247 7553775.051832954 436)')));</code>
Inserir Multipolígono	<code>INSERT INTO cadarea (codarea, "geomultipoly") VALUES (1, GeomFromEWKT('SRID=29192; MULTIPOLYGON(((457963.30925564247 7553775.051832954 436, 457935.7610097412 7553788.678639082 436, 457931.04687140515 7553780.207921759 436, 457959.1843845984 7553766.581115632 436), ((457963.30925564247 7553775.051832954 439, 457935.7610097412 7553788.678639082 439, 457931.04687140515 7553780.207921759 439, 457959.1843845984 7553766.581115632 439, 457963.30925564247 7553775.051832954 439)')));</code>
Inserir Multilinha	<code>INSERT INTO cadperimetro (codperimetro, "geomultilinha") VALUES (1, GeomFromEWKT('SRID=29192; MULTILINESTRING((457963.30925564247 7553775.051832954 436, 457935.7610097412 7553788.678639082 436), (457931.04687140515 7553780.207921759 436, 457959.1843845984 7553766.581115632 436)')));</code>

Analisando os dados armazenados no BDG, pergunta-se: Qual a melhor forma de armazenar dados de parcelas 3D no BDG? Isso nos remete a uma análise de qual será a finalidade destes dados, ou seja, quais os requisitos que os mesmos devem atender. Existem vários critérios a serem analisadas para implantação de um BDG, entre eles é a redundância de dados, o tempo de processamento das consultas, acesso aos dados, entre outros.

Para recuperar os dados armazenados, utiliza-se uma consulta SQL. Para exemplificar, supõe-se que o objetivo é recuperar os dados da tabela ponto, para isso, usa-se o comando: `SELECT id_ponto, nome_ponto, AsEWKT(geo_ponto) FROM ponto`. Essa consulta retorna todos os dados da tabela, e os da coluna espacial no formato texto, pois o padrão é hexadecimal. Informações para o cadastro bidimensional (2D) já existem várias funções implementadas, porém para o 3D existe uma carência muito grande de funções.

Entre os principais problemas está a visualização dos dados armazenados. Atualmente ainda não existem softwares para visualização destes dados tridimensionais a partir do BDG, o que revela a necessidade do desenvolvimento de sistemas que permitam a integração entre o usuário final e a base de dados. A visualização dos dados armazenados é de fundamental importância para o planejamento.

5 Conclusões e recomendações

Com os resultados obtidos, demonstrou-se a viabilidade de armazenamento e manipulação de dados 3D em um BD Espacial, contribuindo significativamente como etapa para a posterior implementação e visualização de modelos de dados que atendam às necessidades do Cadastro 3D.

Como o intuito era identificar a capacidade de armazenamento de dados espaciais referentes à parcela 3D, conclui-se que é possível. Porém, em nenhum caso foi possível realizar operações volumétricas e de vizinhança, pois o BDG utilizado não possui esta função implementada. Operações topológicas envolvidas com a parcela 3D também não foram possíveis de serem realizadas, as quais são objeto de estudo em trabalhos futuros.

Constatou-se que existe a necessidade do desenvolvimento de ferramentas para a visualização dos dados a partir do PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS. Esse desenvolvimento no PostgreSQL seria um avanço considerado frente a bancos de dados comerciais, uma vez que ele é gratuito e de grande difusão entre usuários de bancos de dados.

6 Referências Bibliográficas

- AMORIM, A.; SOUZA, G. H. B.; YAMASHITA, M. C.:** *Cadastro Técnico Multifinalitário via Internet: um importante instrumento de apoio ao planejamento municipal*. Revista Brasileira de Cartografia, nº 60/02, Agosto 2008, p. 119 – 125.
- BITTENCOURT, R. B.; LOCH, C.:** *O Cadastro Técnico Multifinalitário e a Regularização ambiental de Propriedades de Suinocultura*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, Florianópolis-SC. Anais do COBRAC 2008.
- CÂMARA, G.:** *Representação computacional de dados geográficos*. In: M. A. Casanova; G. Câmara; C. A. Davis Júnior; L. Vinhas; G. R. Queiroz; Banco de Dados Geográficos. p.1-44. Curitiba, Paraná, Brasil: MundoGEO, 2005.
- DAMAS, L.:** *SQL - Structured Query Language* (E. M. Uchôa). 6 ed., p.384. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R.** *SGBD com extensões espaciais*. In: M. A. Casanova; G. Câmara; C. A. Davis Júnior; L. Vinhas; G. R. Queiroz; Banco de Dados Geográficos. p.281-316. Curitiba, Paraná, Brasil: MundoGEO, 2005.
- STOTER, J.; OOSTEROM, P. V.:** *3D Cadastre in an International Context: legal, organizational and technological*. v. 20, p.323. New York, EUA: CRC Taylor & Francis, 2006.
- STOTER, J. E.; PLOEGER, H. D.:** *Property in 3D—registration of multiple use of space: current practice in Holland and the need for a 3D cadastre*. Computers, Environment and Urban Systems, 27, 553-570 p, 2003.
- STOTER, J. E.; OOSTEROM, P. J. M.; PLOEGER, H. D.; AALDERS, H. J. G. L.:** *Conceptual 3D Cadastral Model Applied in Several Countries*. In: FIG Working Week 2004, Athens, Greece, 2004, 1-27 p.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro a esta pesquisa.