

## MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS TRIDIMENSIONAL BASEADO NO PADRÃO CITYGML

### *Modeling and Implementation of a Tree-Dimensional Database based on the CityGML Standard*

**Denis Leonardo Santos**

**Universidade Federal do Paraná (UFPR)**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (PGCG)

denis.l.santos@hotmail.com

**Silvana Philippi Camboim**

**Universidade Federal do Paraná (UFPR)**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (PGCG)

silvanacamboim@gmail.com

**Caio dos Anjos Paiva**

**Universidade Federal do Paraná (UFPR)**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (PGCG)

anjospaiva@gmail.com

**Luciene Stamato Delazari**

**Universidade Federal do Paraná (UFPR)**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (PGCG)

luciene@ufpr.br

#### **Resumo:**

O crescimento acelerado da população, associado a planejamentos urbanos ineficientes, causados muitas vezes pela falta de ferramentas apropriadas de gestão pública, é um problema recorrente, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Isso origina expansão urbana desordenada, com ocupações irregulares, tornando a gestão territorial uma difícil tarefa, também dentro disso, está a intensa verticalização das cidades. A partir desta problemática, apresentam-se soluções baseadas em geotecnologias como a modelagem utilizando o padrão internacional CityGML, podem ser aplicadas a dados cadastrais já existentes, potencializando sua capacidade de retratar o território. Neste escopo, este trabalho propõe a implementação de uma metodologia para a estruturação de uma base tridimensional usando como estudo de caso parte das edificações do Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, que posteriormente poderão compor o conjunto de dados do projeto UFPR CampusMap. A fim de estruturar as informações geométricas e semânticas existentes, adotou-se o padrão CityGML associados a softwares livres para a modelagem do banco de dados (BDG) tridimensional, esta experiência mostrou que tal padrão é aplicável como ferramenta aberta para planejamento urbano, gestão territorial e possibilita ampla interoperabilidade de dados urbanos tridimensionais. Por fim, a visualização das informações geométricas e semânticas, armazenadas no banco de dados, foi possibilitada por meio de uma plataforma *Web*. Este conjunto de padrões e ferramentas abertas abre o caminho para a estruturação de bancos de dados tridimensionais das cidades brasileiras, podendo utilizar soluções internacionais existentes e a criação de ferramentas e soluções compartilhadas adaptadas à realidade brasileira.

**Palavras-chave:** CityGML. Banco de Dados Geográfico. Interoperabilidade de Dados Tridimensionais.

## Abstract

The accelerated population growth associated with inefficient urban planning, often caused by the lack of appropriate public management tools, is a recurrent problem, especially in developing countries like Brazil. This leads to disorderly urban expansion, with irregular occupations, making territorial management a difficult task, also within this is the intense verticalisation of cities. From this problem, solutions based on geotechnologies are presented, such as modeling using the international standard CityGML, can be applied to existing cadastral data, enhancing its capacity to portray the territory. In this scope, this work proposes the implementation of a methodology for the structuring of a three-dimensional base using as a case study part of the buildings of the Campus Centro Politécnico of the Federal University of Paraná, which may later compose the data set of the UFPR CampusMap project. In order to structure the existing geometric and semantic information, the CityGML standard associated with free software for modeling the three-dimensional database (BDG) was adopted. This experience showed that such standard is applicable as an open tool for urban planning, territorial management and enables broad interoperability of three-dimensional urban data. Finally, the visualization of geometric and semantic information, stored in the database, was made possible through a Web platform. This set of open standards and tools opens the way for the structuring of three-dimensional databases of Brazilian cities, being able to use existing international solutions and the creation of shared tools and solutions adapted to the Brazilian reality.

**Keywords:** CityGML, Geographic Database, Three-Dimensional Data Interoperability.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial no ano de 1950 somava em torno de 2,6 bilhões de pessoas, tendo esse número praticamente dobrado em 37 anos, passando para 5 bilhões de pessoas no ano de 1987 e chegando ao número de 6 bilhões no ano de 1999. Após quase 20 anos depois, alcançamos a marca de 7,6 bilhões, sendo estimado para 2030 uma população de 8,6 bilhões. Esse crescimento acelerado traz como consequências questões ambientais, de saúde, segurança e de moradia. Neste panorama, o Brasil é o quinto país mais populoso do globo, totalizando aproximadamente 209 milhões de pessoas distribuídas em um território de 8,5 milhões de quilômetros quadrados. Contudo, após marcos históricos, como a revolução industrial e o êxodo rural na década de 1980, no Brasil, grande parte da população passa a migrar da zona rural e aglomerar-se em grandes centros urbanos, devido a modernização do campo, elevando a produtividade e inviabilizando pequenas e médias propriedades rurais (HARTWIG, 2013).

Neste cenário, temos grandes centros urbanos em expansão e aumento populacional. Com isso, as questões de planejamento urbano e gestão territorial se tornam artificios extremamente poderosos para estas demandas, a fim de oferecer uma melhor qualidade de vida e uma melhor gestão do território, em centros de grande densidade demográfica. Outro fator relevante é o aumento da complexidade das cidades, devido a sua intensa verticalização (edifícios), transformando os registros um desafio para a administração territorial. Costa (2016) atribuí isso ao variado conjunto de situações jurídicas individualizadas, como valores de propriedade e restrições destas, esta realidade atinge também porções subterrâneas.

Neste contexto, o Cadastro pode ser considerado uma importante ferramenta existente para a gestão territorial, sendo um instrumento de auxílio a gestão municipal em controlar e planejar o espaço que lhe confere. Tais sistemas de gerenciamento territorial tem sido amplamente aplicado em representações bidimensionais (2D), porém, devido ao aumento da complexidade dos centros urbanos estes sistemas têm mostrado limitações, tanto em questões geométricas quanto legais. Frente a isso, o Cadastro Tridimensional (3D) surge de modo a suprir e sanar limitações antes em aberto (COSTA, 2016). A partir disto, temos algumas

pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na discussão referente ao benefício do uso de dados tridimensionais na gestão pública (BILJECKI et al., 2014; BUYUKSALIHA et al., 2013; GÓZDŹ et al., 2014; KOLBE et al., 2005; YING et al., 2017). Um exemplo prático e atual desta aplicação, é a cidade de Singapura que vem desenvolvendo seu portal Virtual Singapore, desde 2014, com dados tridimensionais a fim de maximizar o uso do espaço terrestre limitado (NATIONAL RESEARCH FOUNDATION, 2018).

O crescimento progressivo da tecnologia traz grandes avanços na área de geotecnologias, como o uso do Laser Scanner e de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) por meio de processos fotogramétricos e estereoscopia, promovendo um amplo acesso a obtenção de dados tridimensionais. As informações que antes eram levantadas com dificuldade e na dimensão 2 (2D), hoje tem sua coleta facilitada graças ao avanço tecnológico, ocasionando também levantamentos coerentes a dimensão do mundo real (3D). Em meio a isto, o mapeamento realizado em 2D, por se tratar de uma representação plana, não condiz com a realidade, omitindo questões físicas fundamentais para vários objetivos. Com isso, os dados tridimensionais, por se tratarem de informações mais complexas, necessitam de questões como organização, armazenamento, gerenciamento e interoperabilidade são essenciais.

O armazenamento e gerenciamento podem ser resolvidos empregando-se banco de dados aliado a um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), porém, segundo Carneiro, Erba & Augusto (2012) para o sucesso do Cadastro 3D, no âmbito nacional, é necessária a definição de padrões que possibilitem a estruturação e o intercâmbio de dados. Internacionalmente, desde 2002 vem sendo desenvolvido e aprimorado o padrão internacional CityGML (CITYGML, 2012), tendo como intuito, suprir as demandas de mapeamentos tridimensionais, adicionando às representações basicamente geométricas, informações semânticas e topologia dos objetos. O CityGML é um modelo de dados padronizado internacional, que tem como objetivo a modelagem, armazenamento e troca de dados tridimensionais de cidades, baseado em XML, sendo um esquema para a versão *Geography Markup Language 3.1.1 (GML3)*, um padrão extensível de dados espaciais publicado pelo *Open Geospatial Consortium (OGC)* e *International Organization for Standardization (ISO TC211)*. Seu uso pode ser realizado em diversas áreas como planejamento urbano, telecomunicações móveis, gerenciamento de desastres, cadastro tridimensional, turismo, navegação de veículos e pedestres (CITYGML, 2012). O padrão inclui aspectos comumente das áreas urbanas em diversos módulos, tais como: *Appearance, Bridge, Building, CityFurniture, CityObjectGroup, Generics, LandUse, Relief, Transportation, Tunnel, Vegetation, WaterBody* e *TexturedSurface*. Os objetos são descritos em cinco *Level Of Detail (LOD)*: LOD0, meramente bidimensional; LOD1, trazendo somente a altura das feições; LOD2, que traz informações geométricas mais detalhadas dos elementos; LOD3, que trata de um modelo fidedigno dos elementos e LOD4 que além das informações anteriores, traz a parte interior (ou *indoor*) das componentes de uma cidade (CITYGML, 2012).

A partir desta união entre ferramentas, banco de dados e padrão CityGML, é possível obter a interoperabilidade e racionalização dos dados, que por sua vez, pode ser empregado em situações de planejamento e gestão territorial (NATIONAL RESEARCH FOUNDATION, 2018), gerenciamento de serviços (NORKART, 2018), simulação de construções (GIM INTERNATIONAL, 2016), documentação arquitetônica (BASTIAN, 2015) e segurança contra desastres naturais.

Desta forma, o presente artigo propõe implementar uma metodologia que possa suprir demandas de armazenamento e visualização de dados espaciais tridimensionais para o planejamento urbano e gestão territorial, utilizando o padrão internacional CityGML.

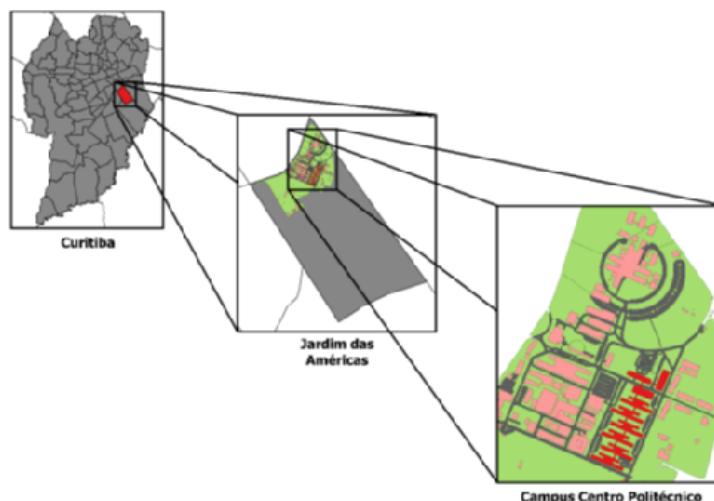
## 2. MÉTODOS

A metodologia utilizada é dividida em diferentes etapas como a manipulação dos dados tridimensionais, a criação e modelagem do banco de dados, a adequação das informações ao padrão CityGML e visualização das informações.

### 2.1. Área de estudo

A escolha da área de estudo foi baseada na disponibilidade de dados tridimensionais. Devido a existência do projeto UFPR CampusMap (<http://www.campusmap.ufpr.br>), fez-se a escolha em adotar as edificações destacadas em vermelho, na Figura 1.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Os Autores (2018).

### 2.2. Manipulação dos dados Tridimensionais

A partir da área de estudo definida, foi realizado o tratamento dos dados selecionados como amostra. Para efetuar esta operação fez-se uso do software AutoCAD, com a finalidade de realizar o recorte das informações. Partindo da seleção realizada, trabalhou-se com os dados dentro do software SketchUp, para estabelecer o modelo tridimensional da área de estudo.

### 2.3. Criação e modelagem do banco de dados



## 2.4. Adequação dos dados ao padrão CityGML

A partir dos dados preparados e do modelo tridimensional gerado, é necessário exportar estas informações para um arquivo no formato GML3, que é baseado na linguagem XML. Esta operação é realizada a partir de um complemento do software SketchUp, a extensão comercial CityEditor (<https://www.3dis.de/cityeditor/>). Esta ferramenta foi escolhida devido à falta de opções gratuitas. Além disso, esta extensão permite ao usuário realizar a classificação automática das superfícies que são paredes, chão e telhado.

## 2.5. Importação das informações para o banco de dados

Portanto, com os dados exportados e seguindo o padrão CityGML, faz-se a utilização da ferramenta de importação/exportação de dados do software 3D City DataBase. Nesta etapa é necessário inserir somente as informações do banco de dados já criado, para se estabelecer a conexão com o mesmo e o arquivo gerado na exportação do software SketchUp.

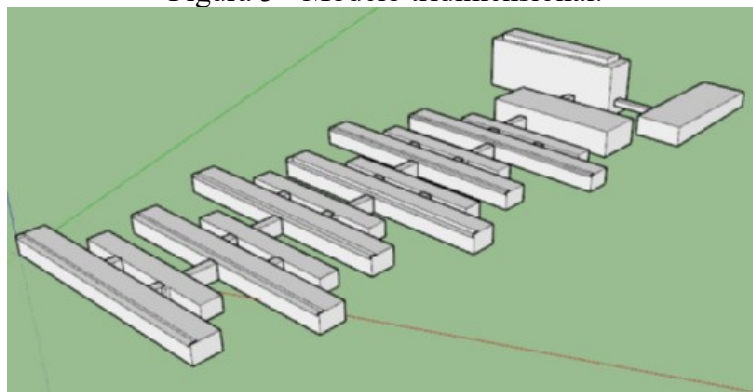
## 2.6. Visualização das informações armazenadas no banco de dados

Por fim, após o tratamento dos dados, modelagem do banco de dados e importação dos dados, a última etapa a ser realizada é a visualização dos dados contidos no banco de dados. Tal visualização foi realizada por meio de uma ferramenta também contida no software 3D City DataBase, sendo chamada de 3DCityDB-Web-Map-Client. O primeiro passo é a exportação das informações do banco de dados no formato *JavaScript Object Notation* (JSON), por ser um arquivo com extensão que a ferramenta utilizada aceita. Em seguida é feita a exportação dos atributos dos mesmos dados exportados no primeiro passo, gerando uma tabela de extensão .xlsx, pois a exportação no formato JSON não extrai as informações semânticas contidas no modelo. Com isso, é necessário para a visualização dos dados, que seja executado um servidor local, usando o software Node.js para rodar os scripts necessários. A partir dos dados exportados e da ferramenta que será usada para a visualização pronta para execução, são inseridos os arquivos com os dados geométricos (JSON) e semânticos (tabela).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como produto da etapa de manipulação dos dados, obteve-se como resultado o modelo tridimensional apresentado na Figura 3. Com isso, é possível visualizar como foram estabelecidos, no SketchUp, os blocos e os corredores de ligação necessários entre as edificações para uma representação assertiva em relação a realidade, respeitando o nível de detalhe adotado.

Figura 3 - Modelo tridimensional.



Fonte: Os Autores (2018).

O estabelecimento e estruturação do banco de dados gerou um total de 3 *schemas*, 67 *tables*, 1336 *functions*, 2 *triggers functions*, 14 *sequences* e 4 *views*. É importante citar que o alto número de *functions* se deve ao fato de as mesmas terem a responsabilidade de serem utilizadas na importação e exportação das informações do banco de dados, sendo todos os dados armazenados dentro das tabelas criadas a partir do Designer utilizado para modelar o banco de dados.

A exportação de dados do software utilizado para a modelagem, realizada pelo complemento CityEditor, fornece um arquivo com extensão .gml. Este arquivo segue o padrão da linguagem XML, que têm uma formatação característica utilizando *tags* e tabulação no formato “cascata”, conforme Figura 4. Nesta figura, vemos que a classe mãe chama-se *CityObjectMember*, em seguida temos a classe *Building*, e pode-se perceber que a cada *tag* utilizada trata-se de uma classe e do encaminhamento que os dados terão dentro do banco de dados. Este fato de como o arquivo é organizado, expõe muito bem como o padrão internacional CityGML proporciona uma alta racionalização dos dados. Também pode ser visualizado que as informações espaciais, referentes as superfícies formadas no software SketchUp, estão contidas na última *tag* do formato GML e que a primeira coordenada X e Y está presente no final da mesma lista de coordenadas. Isso se dá pelo fato de o polígono que forma a superfície ter de ser fechado, em todas as ocasiões.

Figura 4 - Arquivo GML.

```

<gml:boundedBy>
  <gml:Envelope srsName="urn:ogc:def:crs,crs:EPSG::31982,crs:EPSG::31982"
    srsDimension="3">
    <gml:lowerCorner>677558.646 7183688.016 906.254</gml:lowerCorner>
    <gml:upperCorner>678006.387 7184161.627 955.289</gml:upperCorner>
  </gml:Envelope>
</gml:boundedBy>
<core:cityObjectMember>
  <bldg:Building gml:id="_teste6_Layer0_BD.C891eXedZzsqDrhuY0iI">
    <bldg:boundedBy>
      <bldg:RoofSurface>
        <bldg:lod2MultiSurface>
          <gml:MultiSurface>
            <gml:surfaceMember>
              <gml:Polygon>
                <gml:exterior>
                  <gml:LinearRing>
                    <gml:posList srsDimension="3">
                      677644.926 7183761.717 920.012 677641.099 7183763.381
                      920.012 677638.564 7183757.456 920.012 677642.4
                      7183755.815 920.012 677644.926 7183761.717 920.012
                    </gml:posList>
                  </gml:LinearRing>
                </gml:exterior>
              </gml:Polygon>
            </gml:surfaceMember>
          </gml:MultiSurface>
        </bldg:lod2MultiSurface>
      </bldg:RoofSurface>
    </bldg:boundedBy>
  </bldg:Building>

```

Fonte: Os Autores (2018).

Para a visualização dos dados, foram feitos alguns testes relacionados a coordenada Z, pois a ferramenta utilizada não oferece compatibilidade com sistemas de referência tridimensional, tendo a superfície de representação constante e coordenada Z igual a 0 (zero). Sabendo disso, no primeiro teste arbitrou-se que a coordenada Z da base de cada edificação será igual a 0 (zero), para que as mesmas coincidam com a superfície de representação, conforme Figura 5.

Figura 5 - Visualização dos dados (teste1).



Fonte: Os Autores (2018).

Apesar do resultado aparentar adequado em um primeiro momento, fazendo uma verificação mais refinada, percebeu-se algumas discrepâncias que podem ser observadas na Figura 6, como é possível ver os corredores que seriam suspensos foram alinhados ao nível do terreno, esse fato não representa a realidade.

Figura 6 – Discrepância resultante de alturas relativas e não absolutas (teste 1).



Fonte: Os Autores (2018).

Outra questão é devido à superfície de representação ser plana e o modelo tridimensional acompanhar o desnível topográfico do local. Conseqüentemente, os corredores de ligação entre blocos se caracterizam como rampas, e esse fato faz com que a representação destoe ainda mais da veracidade do relacionamento das edificações. Uma solução para este caso, seria a junção de todos os sólidos em um só elemento, porém, esta ação retiraria as informações semânticas individuais das edificações.

Conforme os erros apontados anteriormente, o segundo teste teve uma abordagem diferente, adotando um deslocamento igual a coordenada Z mínima encontrada nos dados, resultando no produto conforme Figura 7.

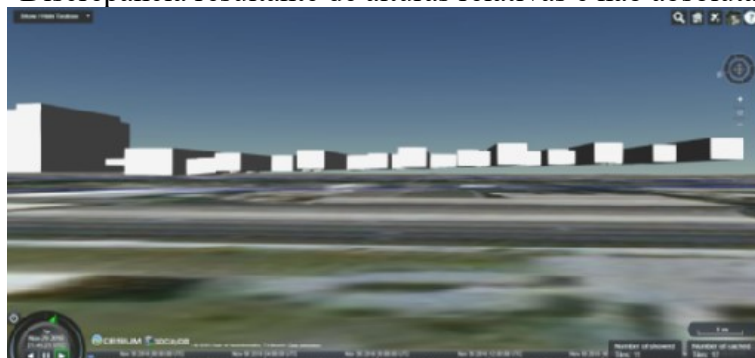
Figura 7 - Visualização dos dados (teste 2).



Fonte: Os Autores (2018).

Como resultado, as discrepâncias relacionadas ao posicionamento dos corredores foram resolvidas, porém, devido ao modelo seguir a topografia local e a superfície de representação do modelo tridimensional ser constante e igual a 0 (zero), ocasionou que as edificações não acompanham a superfície topográfica. Conforme Figura 8, é possível perceber que as edificações estão suspensas perante a superfície de representação.

Figura 8 – Discrepância resultante de alturas relativas e não absolutas (teste 2).



Fonte: Os Autores (2018).

Observando os resultados dos testes anteriores e para manter tanto a semântica individual dos elementos quanto o relacionamento entre as edificações e a superfície de representação, julgou-se necessário a modelagem do terreno para a área de estudo, fazendo uso dos mesmos dados de do projeto UFPR CampusMap, então, foi gerado o modelo tridimensional presente na Figura 9. Pode-se perceber que realizando a modelagem do terreno e adicionando as informações aos dados de edificações já existentes, formou-se um plano que representa a topografia real do local, dando a base necessária para que as edificações não fiquem em estado suspenso.

Figura 9 - Representação dos dados (teste 3).



Fonte: Os Autores (2018).

#### 4. CONCLUSÃO

A modelagem e implementação de um banco de dados tridimensional baseado no padrão internacional CityGML, pode ser considerada uma opção como ferramenta do planejamento e gestão territorial.

Com o decorrer da metodologia e resultados apresentados, foi possível observar o grande potencial que a área de geotecnologias pode proporcionar para questões de análise, planejamento e maximização de resultados. Ao fim, é possível constatar a viabilidade de gerar bases 3D, utilizando a metodologia proposta para cidades brasileiras, fazendo uso em sua maioria de tecnologias abertas. Contudo, ainda é necessário o desenvolvimento de ferramentas e software para a total aplicação em tecnologia aberta, sendo essencial a

integração com padrões nacionais, capacitação das prefeituras no manejo e manutenção das bases, investimento em levantamentos que possibilitem a geração de bases tridimensionais, estudo da legislação para possíveis alterações, pesquisas sobre novas análises espaciais e visualizações.

Adicionalmente, por meio de software livre buscou-se implementar a metodologia proposta, no entanto, devido à pouca disponibilidade de ferramentas para o tratamento e modelagem dos dados, estas duas etapas foram realizadas dentro de software proprietário. Outra etapa muito importante, especificamente na exportação dos dados do SketchUp para o formato CityGML, havia sido estimado o uso de uma extensão livre, porém a mesma teve sua atualização paralisada. Devido a isto, constatou-se a escassez de ferramentas livres que possibilitem este processo de saída dos dados em diferentes plataformas que permitem a edição de dados tridimensionais. Outro fator encontrado, foram as ferramentas para visualização dos dados armazenados, que em sua grande parte tratam-se de plataformas desenvolvidas por meio de programação e bibliotecas existentes. Estes fatos listados dificultam a implementação de uma metodologia de baixo custo visando a aplicação de tecnologias no benefício do planejamento e gestão do território, dificultando a acessibilidade a municípios com menor receita.

Outro fator a ser mencionado reside na falta de pesquisas relacionadas ao padrão empregado, bem como assuntos relacionados a modelos 3D munidos paralelamente de topologia e informações semânticas no âmbito nacional, assim, é necessário desenvolver novos estudos para viabilizar a conexão de especificações técnicas (ET) nacionais oficiais, como a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (EDGV), com o padrão internacional CityGML, aceito pela OGC. Outro fator de grande relevância é o desenvolvimento de ferramentas para software livre, que possibilite a manipulação e exportação de dados tridimensionais, para o padrão CityGML.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da Bolsa na modalidade GM (Mestrado), processo 134306/2019-8.

## Referências

3D CITY DATABASE. **3D City DataBase**. Disponível em:  
<https://www.3dcitydb.org/3dcitydb/3dcitydbhomepage/>. Acesso: 21/10/2018.

ANTONIO, N. D., **UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA REPRESENTAR OBJETOS TERRITORIAIS EM UM SISTEMA CADASTRAL 3D**. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2015.

BASTIAN, A. V. CityGML e fotogrametria digital na documentação arquitetônica: potencialidades e limitações. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 2015.

BILJECKI, F.; LEDOUX, H.; STOTER, J.; ZHAO J. **Formalisation of the Level Of Detail In 3D City Modelling**. Computers, Environment and Urban Systems, vol. 48, pp. 1-15. 2014.

BUYUKSALIHA, TR. ISIKDAGB, U. ZLATANOVAC, S. **EXPLORING THE PROCESSES OF GENERATING LOD (0-2) CITYGML MODELS IN GREATER MUNICIPALITY OF ISTANBUL**, 2013. Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-2-W2/19/2013/isprsarchives-XL-2-W2-19-2013.pdf>. Acesso: 25/09/2018.

CARNEIRO, A.F.T.; ERBA, D.A.; AUGUSTO, E.A.A. **Cadastro Multifinalitário 3D: Conceitos e Perspectivas de Implantação no Brasil**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 64, n.2, p. 257-271. 2012.

DATE, C. Banco de Dados: Introdução a Sistemas de Banco de Dados. **Tradução da 8o ed. Rio de Janeiro: Campus**, 2008.

CITYGML. Disponível em: <https://www.citygml.org/about/>. Acesso: 15/09/2018.

COSTA, T. S. P. S., **MODELAGEM DE CADASTRO 3D DE EDIFÍCIOS COM BASE NA ISO 19.152 (LADM)**. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2016.

GIM INTERNATIONAL. **3D GIS in China**. Disponível em: <https://www.gim-international.com/content/article/3d-gis-in-china-2>. Acesso: 16/11/2016.

GÓZDŹ, K., PACHELSKI, W., VAN OOSTEROM, P., COORS, V. **The Possibilities of Using CityGML for 3D Representation of Buildings in the Cadastre**, 2014. Disponível em: [http://www.gdmc.nl/3dcadastres/literature/3Dcad\\_2014\\_34.pdf](http://www.gdmc.nl/3dcadastres/literature/3Dcad_2014_34.pdf). Acesso: 25/09/2018.

HARTWIG, M. MIGRAÇÃO CAMPO CIDADE: TRAJETÓRIAS DE VIDA, TRABALHO E ESCOLARIZAÇÃO DE JOVENS TRABALHADORES. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DO CAMPO, 1., 2013, Rio Grande do Sul. **Anais**. Santa Maria: SIFEdoC, 2013.

ISO. **ISO 19136:2007**. Geographic information - Geography Markup Language (GML), 2007.

KOLBE, T.H., GRÖGER, G., PLÜMER, L. **CityGML: Interoperable Access to 3D City Models**. In: van Oosterom P., Zlatanova S., Fendel E.M. (eds) Geo-information for Disaster Management. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.

NATIONAL RESEARCH FOUNDATION (NRF). **Virtual Singapore**. Disponível em: <https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>. Acesso: 16/11/2018

NORKART. Ny **3D kartløsning**. Disponível em: <https://www.norkart.no/2016/03/09/ny-3d-kartlosning/>. Acesso: 17/11/2018

ONU. **A ONU e a população mundial**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>. Acesso: 16/11/2018.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC). OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. **OGC**. 2012. Disponível em: <http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0> Acesso: 15/09/2018.

POSTGIS. **PostGIS**. Disponível em: <http://postgis.net/>. Acesso: 21/10/2018.

POSTGRESQL. **PostgreSQL**. Disponível em: <https://www.postgresql.org/about/>. Acesso: 21/10/2018.

SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. **Sistema de Banco de Dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

TRIMBLE INC. **SketchUp**. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR>. Acesso: 21/10/2018.

YING, S.; GUO, R.; YANG, J.; HE, B.; ZHAO, Z.; JIN, F. 3D Space Shift from CityGML LoD3-Based Multiple Building Elements to a 3D Volumetric Object. **Isprs International Journal Of Geo-information**. [s.l.], p. 1-18. Janeiro, 2017.