

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS**  
**E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

---



**MODELAGEM DE CADASTRO 3D DE EDIFÍCIOS COM**  
**BASE NA ISO 19.152 (LADM)**

**TALITA STAEL PIMENTA DA SILVA COSTA**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréa Flávia Tenório Carneiro**

Recife  
2016

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS**  
**E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

---

**TALITA STAEL PIMENTA DA SILVA COSTA**

**MODELAGEM DE CADASTRO 3D DE EDIFÍCIOS COM**  
**BASE NA ISO 19.152 (LADM)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

**Área de Concentração:** Cartografia e Sistemas de Informação

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Flávia Tenório Carneiro

Recife  
2016

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C837m	<p>Costa, Talita Stael Pimenta da Silva. Modelagem de cadastro 3D de edifícios com base na ISO 19.152 (LADM) / Talita Stael Pimenta da Silva Costa. – 2016. 98 folhas, il., gráfs., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Andréa Flávia Tenório Carneiro. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2016. Inclui Referências, Apêndices e Anexos.</p> <p>1. Engenharia Cartográfica. 2. Cadastro 3D. 3. LADM. 4. CityGML. 5. Modelagem de apartamentos. I. Carneiro, Andréa Flávia Tenório. (Orientadora). II. Título.</p>
	<p>UFPE</p> <p>526.1 CDD (22. ed.)</p> <p>BCTG/2016-309</p>

# **MODELAGEM DE CADASTRO 3D DE EDIFÍCIOS COM BASE NA ISO 19.152 (LADM)**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovado em: 23/08/2016

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Flávia Tenório Carneiro (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia Candeias (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Francisco Henrique de Oliveira (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Estado de Santa Catarina -UDESC

Todas as flores para uma única flor:  
À minha mãe Sandra (*in memoriam*).

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço esta caminhada à minha família: pessoas fundamentais e que me apoiaram incondicionalmente. À minha mãe que, embora ausente, continua presente. À minha avó Lourdes, por existir; Ao meu irmão Tássio, por acreditar em mim todos os dias e me fazer acreditar também; e Ao meu pai Gilson e minha irmã Maria, que mesmo sem saber, me motivam a buscar sempre o meu melhor.

Em especial: Ao meu esposo e amigo Julian Pimenta, pela confiança e segurança emocional ao longo desses anos que eu precisei me ausentar da nossa casa para concluir esta importante etapa pessoal e profissional; e a minha tia Patrícia Nóbrega por me receber no melhor apartamento do Recife e me adotar durante todo este período. A vocês, meu melhor abraço de gratidão.

Gostaria de agradecer imensamente a Prof. Dr<sup>a</sup> Andrea por me orientar durante minha passagem pelo mestrado e por ter me presenteado com este tema tão desafiador e promissor, que é o Cadastro 3D. Poder contribuir através da minha pesquisa me deixa muito mais feliz e realizada do que mesmo o título de mestre. Aproveito e ressalto a importância do amor pelo trabalho, algo que também aprendi bastante com esta grande mulher e agora, amiga.

Através da Andréa, estendo meus agradecimentos aos professores e funcionários desta pós-graduação. Em especial a Professora Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia, que sempre me recebeu com um sorriso no rosto e uma palavra de incentivo; ao Professor Dr. Portugal pelas orientações durante o estágio de docência; a Beth pelo carinho e disposição para me ajudar desde o dia que me inscrevi na seleção; e a Dona Judith por todos os cafés ofertados com muito carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro durante a minha permanência no programa de pós-graduação.

À Prefeitura Municipal do Recife, em especial ao Aurélio e ao Manfredo, pela atenção prestada e disponibilização dos dados que serviram a esta pesquisa.

Ao Instituto Nacional do Semiárido – INSA, através do Ricardo Lima, pela compreensão e incentivo na fase final desta etapa.

Aos meus amigos, que celebraram comigo cada vitória alcançada desde a minha aprovação na seleção do mestrado até o dia da minha defesa. Em especial: Pollyanna, Fernanda, Islany, Nirvana, Sara, Tieta, Rafael, Phablo, Carlos, Pedro, Sandoh, Rodrigo e Bruno.

À Daniela, Talita Merieli e Leonardo por todo carinho e torcida.

Aos colegas que tive a oportunidade de conviver e aprender, o meu mais sincero abraço. Alguns foram fundamentais nessa caminhada e mesmo longe fisicamente tenho a certeza que continuarão me acompanhando: Raul, Elaine, Ariely, Marcelo, Lillian, Tullio, Gilmara, Alexandre, Nicolas, Thomas e Renan.

Gratidão a todos os conselhos, sorrisos, abraços e lições que este ciclo me proporcionou.

*“Lembre-se dos três M. O primeiro M é matemática que é a ciência pura. O segundo M é música que é arte pura. E o terceiro M é meditação que é religião pura. Onde estes três se encontram, você alcança a trindade.”*

*(Osho)*

## RESUMO

O crescimento populacional dos grandes centros urbanos provocou uma intensa verticalização das cidades, tornando-se esses registros um desafio para a administração territorial. Isto ocorre porque o edifício contém um conjunto de situações jurídicas individualizadas (apartamentos, lojas), que deve ser representado de forma tridimensional. Assim, emergem as possibilidades e necessidades de utilização do Cadastro 3D, para um acompanhamento de questões jurídicas relacionadas aos valores de propriedade e restrições das mesmas com respeito aos espaços subterrâneo e aéreo (como no caso dos edifícios), para um melhor gerenciamento espacial. A falta de um conjunto padronizado de conceitos e terminologias referentes à administração territorial levou à formulação e publicação da ISO 19152 - *Land Administration Domain Model* (LADM), que também prevê a modelagem de cadastro tridimensional. Em paralelo, a OGC (*Open Geospatial Consortium*), adotou o CityGML, que é baseado em um série de padrões da ISO 191xx, como um padrão oficial para produção de modelos urbanos, voltado ao armazenamento, visualização e interoperabilidade destas informações. O LADM e o CityGML sendo compatíveis, torna possível a integração desses modelos. Assim, esta pesquisa teve por objetivo apresentar uma metodologia para a modelagem do Cadastro 3D de edifícios com base no LADM, envolvendo no estudo a experiência de alguns países na modelagem do cadastro 3D a partir do LADM e sua aplicabilidade para o cadastro de edifícios. A partir desse entendimento, o trabalho utilizou dados referentes ao cadastro territorial do município do Recife (bidimensional) para elaboração da modelagem 3D, num estudo de caso voltado para o Cadastro 3D de apartamentos. As modelagens foram feitas usando linguagem UML através de diagramas de classe, a partir da estrutura de herança proposta pelo LADM e CityGML. Para tanto foram gerados quatro modelos: de análise, LADM 3D, CityGML e LADM 3D-CityGML, sendo este último o modelo final integrado. Assim, como resultado final, apresenta-se a modelagem 3D para edifícios (apartamentos) de acordo com a ISO19.152:2012 do LADM integrada ao CityGML. Após a integração dos modelos, sua validação foi realizada a partir dos dados cadastrais de apartamentos. Com isso, a pesquisa demonstra a importância do modelo desenvolvido e demonstram a viabilidade do modelo desenvolvido para a situação dos edifícios presentes nas grandes cidades.

**Palavras-chave:** Cadastro 3D. LADM. CityGML. Modelagem de Apartamentos.

## ABSTRACT

The population growth of large urban centers led to a massive verticalization of the cities, becoming these records a challenge for territorial administration. This is because the building contains a set of individualized legal situations (apartamentos, shops), which must be represented in three dimensional form. Thus, the possibilities and requirements for use of the register, for a monitoring of legal issues related to property values, and the same restrictions with respect to the underground and air spaces (as in the case of buildings), to a better space management. The lack of a standardized set of concepts and terminology relating to the territorial administration led to the formulation and publication of ISO 19152-Land Administration Domain Model (LADM), which also provides for registration three-dimensional modeling. In parallel, the Open Geospatial Consortium (OGC), adopted the CityGML, which is based on a series of ISO 191xx standards, as an official standard for production of urban models, back to storage, visualization and interoperability of this information. The LADM and CityGML being compatible, makes possible the integration of these models. Thus, this research aimed to present a methodology for modeling the 3D Register of buildings based on study involving LADM the experience of some countries in modeling of 3D cadastre from LADM and applicability to the directory of your buildings. From this understanding, the work used data relating to the registration of the municipality of Recife (two-dimensional) for elaboration of 3D modeling, a case study focused on the registration of apartments 3D. The molds were made using UML language using class diagrams from the inheritance structure proposed by LADM and CityGML. For both were generated four models: analysis, 3D LADM, CityGML and 3D LADM-CityGML, the latter being the integrated model. So, as a final result, the 3D modeling for buildings (apartments) in accordance with ISO 19,152:2012 the LADM integrated CityGML. After the integration of the models, your validation was performed from the registration data. With that, the research demonstrates the importance of the model developed and demonstrate the viability of the model developed for the situation of the present buildings in large cities.

**Keywords:** 3D Cadastre. LADM. CityGML.Model of Building.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Fluxograma da Metodologia da Pesquisa.....	24
Figura 2-	O Conceito Cadastral e Adaptação ao Conceito de Cadastro 3D.....	28
Figura 3-	Produto típico da varredura a laser, Modelo Digital de Elevação da cidade de Karlsruhe, Alemanha.....	29
Figura 4-	Implicações da Projeção de Situações 3D em 2D.....	30
Figura 5-	A rede ferroviária é acima e debaixo da terra.....	32
Figura 6-	Situação particular dos parques de estacionamento.....	32
Figura 7-	Representação gráfica das questões legais relevantes para o Cadastro 3D.....	33
Figura 8-	Esboço da visão cadastral 2D para o 3D.....	36
Figura 9-	Relação espacial entre objetos territoriais legais (OTL) existentes na superfície e no subsolo.....	37
Figura 10-	Cadastro Apartamento no Brasil.....	39
Figura 11-	Esquema conceitual do LADM.....	40
Figura 12-	<i>Content of Spatial Unit Package with associations to other basic classes</i> .....	41
Figura 13-	Conceito da classe <i>BoundaryFaceString</i> .....	42
Figura 14-	Unidade espacial definida pela <i>BoundaryFaceString</i> .....	43
Figura 15-	Vista lateral mostrando integração da <i>BoundaryFaceString</i> e <i>BoundaryFace</i> para definir volumes 3D limitados e ilimitados.....	43
Figura 16-	Modelo do banco de dados 3D limitado a superfície e parcela.....	44
Figura 17-	<i>Thematic Modules from CityGML</i> .....	47
Figura 18-	<i>Level of Details (LoD)</i> do CityGML.....	48
Figura 19-	3DCIM CityGML Tools (Esri).....	49
Figura 20-	Visão Geral dos Módulos CityGML em modelagem UML.....	50
Figura 21-	Comparativo de referência entre o LADM e CityGML.....	52
Figura 22-	LADM-CityGML para a finalidade cadastral Edifício – Polônia.....	53
Figura 23-	Dados de volumetria de edifícios no Bairro de Boa Viagem cedidos pela PMR.....	56
Figura 24-	Representação de polígonos fechados com diferentes pavimentos.....	57
Figura 25-	Descrição Diagrama de Classe UML.....	58

Figura 26-	Exemplo de associação de classes.....	60
Figura 27-	Classe Proprietario.....	61
Figura 28-	Exemplo <i>CodeList</i> Tipo de Empreendimento.....	62
Figura 29-	Modelo de Análise.....	63
Figura 30-	Atributo Volume na classe <i>LA_Spatial Unit</i> .....	64
Figura 31-	Modelo LADM 3D.....	67
Figura 32-	Modelo CityGML.....	68
Figura 33-	Variação dos LoDs na modelagem.....	69
Figura 34-	Modelo Integrado LADM-CityGML.....	70
Figura 35-	Fluxograma para elaboração Modelagem de Cadastro 3D.....	71
Figura 36-	Exemplo representação de classes para o diagrama simplificado.....	72
Figura 37-	Estudo de caso <i>REC_Party</i> .....	73
Figura 38-	Estudo de caso <i>REC_BAUnit</i> e <i>REC_RRR</i> .....	74
Figura 39-	Estudo de caso <i>REC_SpatialUnit</i> .....	76
Figura 40-	Figura geométrica de referência para obtenção do volume.....	77
Figura 41-	<i>Estudo de caso REC_Building</i> .....	78

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos LoD	49
Quadro 2 – Tipos de Relacionamento entre classes (UML)	60
Quadro 3 – Comparativo de classes: Modelo de Análise X Modelo LADM 3D	66
Tabela 1 – Alíquotas Recife	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
3DCIM	<i>ArcGIS 3D City Information Model</i>
ADE	<i>Application Domain Extension</i>
Art.	Artigo
CityGML	<i>City Geography Markup Language</i>
CF	Constituição Federal Brasileira de 1988.
CIP	Custeio de Serviço de Iluminação Pública
ed.	Edição
et al.	e outros
FIG	<i>International Federation of Surveyors</i>
GML3	<i>Geography Markup Language 3.3.1.</i>
ID	<i>Identifier</i> ou <i>Identificador</i>
IPTU	Imposto Territorial e Predial Urbano
Int	<i>Integer</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KCSC	<i>Korea Cadastral Survey Corporation</i>
LA	<i>Land Administration</i>
LADM	<i>Land Administration Domain Model</i>
LIDAR	<i>Light Detection And Range</i>
LoD	<i>Level of Details</i>
OASIS	<i>Organization for the Advancement of Structured Information Standards</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
OT	Objetos territoriais
OTL	Objeto Territorial Legal

p. página

REC\_LADM *Land Administration Domain Model for Recife*

RRNN Rede de Referência de Nível Nacional

RRR *Rights, Restrictions, Responsibilities*

TIN *Triangulated Irregular Networks*

TLP *Triangulated Irregular Networks*

UML *Unified Language Model*

UTM *Universal Transversal Mercator*

Vol. Volume

XML *eXtensible Markup Language*

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	18
1.1. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	20
1.2. OBJETIVOS.....	21
<b>1.2.1. Objetivo Geral.....</b>	21
<b>1.2.2. Objetivos Específicos.....</b>	22
1.3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	22
<b>1.3.1. Materiais e Métodos.....</b>	23
1.3.1.1 Materiais.....	23
1.3.1.2 Métodos.....	24
1.4. ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA.....	26
<b>2. CADASTRO 3D.....</b>	27
2.1. ASPECTOS ENVOLVIDOS PARA IMPLANTAÇÃO DO CADASTRO 3D.....	28
<b>2.1.1. Aspectos Técnicos.....</b>	28
<b>2.1.2. Aspectos Legais.....</b>	31
<b>2.1.3. Aspectos Administrativos.....</b>	34
2.2. CADASTRO 3D BRASIL.....	35
<b>2.2.1. Cadastro 3D de Edifícios.....</b>	38
2.3. MODELAGEM DO CADASTRO 3D DE ACORDO COM A ISO 19152.....	40
2.4. ESTADO DA ARTE.....	45
<b>3. CITYGML.....</b>	47
3.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS.....	48
3.2. DIAGRAMAS UML - CITYGML.....	52
3.3. CITYGML E O LADM.....	53
<b>4. MODELAGEM DE CADASTRO 3D DE EDIFÍCIO.....</b>	56
4.1. ÁREA DE ESTUDO - QUADRA DO BAIRRO DE BOA VIAGEM, RECIFE-PE.....	57
4.2. MODELO DE DADOS.....	60
<b>4.2.1. Modelo de Análise.....</b>	62
<b>4.2.2. Modelo LADM 3D.....</b>	66
<b>4.2.3. Modelo CityGML ADE.....</b>	69
<b>4.2.4. Modelo Integrado LADM 3D - CityGML.....</b>	71
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	73
5.1. PACOTE PARTY .....	74
5.2. PACOTE ADMINISTRATIVE .....	75
5.3. PACOTE SPATIALUNIT .....	77
5.4. CITYGML (REC_BUILDING).....	80
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	81
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	85
<b>APÊNDICES.....</b>	89
APÊNDICE A - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA QUADRA EM ESTUDO.....	90

APÊNDICE B - TABELA DE METADADOS DO MODELO DE ANÁLISE.....	91
APÊNDICE C - MODELO DE ANÁLISE LADM3D.....	95
APÊNDICE C - MODELO DE ANÁLISE LADM3D-CITYGML.....	96
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 1 – MAPA DO BAIRRO DE BOA VIAGEM.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO 2 – EXEMPLO DE DADO COLETADO NO SISTEMA DE CADASTRO IMOBILIÁRIO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO 3 – MODELAGEM UML CITYGML PARA O MÓDULO TEMÁTICO <i>BUILDING</i>.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO 4 – DIAGRAMA CITYGML PARA O MÓDULO TEMÁTICO <i>BUILDING</i>.....</b>	<b>101</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cadastro territorial é um conjunto organizado de dados espaciais e não espaciais referentes a parcelas de terra, que leva em consideração a situação legal do uso do solo, incluindo direitos públicos e restrições. Nesse contexto, o uso e ocupação do solo apresentam-se de maneira multidimensional, porém sua manipulação e administração espacial ocorrem a partir de representação bidimensional (2D).

De acordo com HO *et al* (2013), até recentemente, o instrumento usado para a manipulação de informação sobre a terra e direitos de propriedade, restrições e responsabilidades (do inglês *Rights, Restrictions, Responsibilities* – RRRs) com múltiplos atributos de dimensão existia apenas em meio analógico, onde só é possível obter os limites de plantas – sejam limites horizontais ou terrestres ou perspectivas isométricas de infraestrutura. Para Carneiro (2012), os limites dos imóveis têm sido historicamente organizados em documentos cartográficos por meio de representação bidimensional e não representam sua realidade tridimensional.

Desse modo, os sistemas de administração territorial baseiam-se na tradição de representação 2D de limites de propriedade, muitas vezes correlacionados com uma variedade de outras informações de interesse dos produtores e usuários. Contudo, esses sistemas têm mostrado limitações para lidar com direitos cada vez mais complexos, restrições e responsabilidades que ocorrem nos grandes centros urbanos e regiões metropolitanas. Sendo assim, o Cadastro 3D surge com a necessidade de acompanhamento de questões jurídicas relacionadas aos valores da propriedade e restrições das mesmas com respeito ao uso subterrâneo (Ex.: túneis, rede de esgoto, água, eletricidade, cabos de TV e estacionamento) e ao uso aéreo, como a construção de edifícios acima da malha viária (PAIXÃO, 2012 *apud* STOTER, 2004).

O crescimento populacional dos grandes centros urbanos provocou uma intensa verticalização das cidades, tornando-se esses registros um desafio para a administração territorial. Isto ocorre porque o edifício contém um conjunto de situações jurídicas individualizadas (apartamentos, lojas), que deve ser representado de forma tridimensional. Assim, emergem as possibilidades e necessidades de utilização do Cadastro 3D, para um acompanhamento de questões jurídicas relacionadas aos valores de propriedade e restrições das mesmas com respeito aos espaços subterrâneo e aéreo (como no caso dos edifícios), para um melhor gerenciamento espacial.

No Código Civil brasileiro, o artigo 1.229 ressalta que a “propriedade do solo abrange a do espaço aéreo e subsolo correspondentes, em altura e profundidade úteis ao seu exercício, não podendo o proprietário opor-se a atividades que sejam realizadas, por terceiros, a uma altura ou profundidade tais, que não tenha ele interesse legítimo em impedi-las”. Portanto, nos grandes centros urbanos e metrópoles brasileiras, o cadastró tridimensional mostra-se de grande valia para a administração de territorial, uma vez que a escassez de terras e seu ordenamento complexo implicam no uso de dados de volume.

De acordo com Santos (2012), um dos problemas no domínio de conhecimento na administração territorial é a falta de um conjunto padronizado de conceitos e terminologia. Por este motivo, a *International Organization for Standardization* (ISO) formulou e publicou a norma ISO 19.152 – *Land Administration Domain Model* (LADM). Para o autor, o LADM estabelece a relação entre as pessoas e as unidades territoriais, e trata-se de um padrão descritivo, não prescritivo, cujo foco é a identificação dos direitos, responsabilidades e restrições que afetam a terra (ou água) e seus componentes geoespaciais relacionados.

Tão importante quanto criar um modelo de dados voltado para os dados espaciais 3D (LADM) necessita-se do armazenamento e manipulação destas informações nos diversos sistemas de informação geográfica (*softwares desktop* ou *webgis*) visando apoiar um conjunto de atividades envolvidas no cadastró territorial. Sendo assim, o CityGML - *City Geography Markup Language* aparece como um padrão de modelagem voltado para o armazenamento e a interoperabilidade nos modelos desenvolvidos para representar a realidade tridimensional.

Rönsdorf (2014) descreve o CityGML como um modelo e dados de troca de informação para cidades 3D e, diferente do LADM, ele não contém informações específicas sobre administração territorial. Contudo, a representação de espaços jurídicos em particular (modelados no LADM) pode ser mapeada e codificada para o CityGML *Application Domain Extension* (ADE). Além da implementação de um formato permite troca de dados, seu modelo também poderia ser usado como ponto de partida para criar uma esquema de banco de dados para armazenamento de dados.

Neste contexto, a pesquisa visa investigar a necessidade de implantação do Cadastro 3D em áreas urbanas no Brasil, utilizando como base conceitual a ISO 19152 (LADM). Para tanto, o foco do estudo estará direcionado para a modelagem de Edifícios (*Buildings*), como objeto territorial tridimensional presente e relevante no cadastró urbano, levando em consideração seus aspectos legais, técnicos e administrativos.

Além disso, a modelagem proposta será integrada ao CityGML que é um novo conceito em modelagem de cidades 3D e tem seu formato de dados baseado em XML

(*eXtensible Markup Language*). Além de possibilitar, graficamente, a representação de texturas e materiais na superfície dos objetos, o CityGML pode descrever muitas características geográficas. Assim, a modelagem integrada visa uma futura implementação do modelo que garanta o armazenamento e gerenciamento das informações das parcelas existentes nos edifícios dentro de um sistema de informação geográfica, de forma interoperável.

A validação dos modelos ocorrerá por meio do uso dos dados do bairro de Boa Viagem, situado no município do Recife, em Pernambuco, uma vez que o mesmo se apresenta como um bairro com alto índice de verticalização.

### 1.1. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A realidade física dos objetos existentes na superfície da terra corresponde a sua representação de forma tridimensional. Contudo, os sistemas de administração territorial são voltados para o armazenamento, visualização e manipulação de informações a partir de uma representação bidimensional, emergindo a necessidade de uso do cadastró 3D.

De acordo com Souza (2014), tem crescido o número de túneis, cabos e dutos para redes de infraestrutura das cidades (água, eletricidade, telefonia, gás, cabos de fibra ótica, TV a cabo, etc.). Neste contexto, é possível observar que além do fator histórico (pós-segunda guerra mundial) a escassez territorial exerce pressão nos centros urbanos e metrópoles implicando em um crescimento vertical. Nóbrega (2011) *apud* Somekh (1997, p.20) destacam que,

A cidade vertical envolve a noção de edifícios altos e arranha céu. [...] A essa ideia associam-se a característica da verticalidade, o aproveitamento intensivo da terra urbana e o padrão de desenvolvimento tecnológico do século XX, demonstrando-se a relação verticalização/adensamento.

Neste caso, a legislação brasileira diz que as edificações de um ou mais pavimentos, construídos sob a forma de unidades isoladas entre si, destinadas a fins residenciais ou não residenciais, poderão ser alienados, no todo ou em parte, objetivamente considerados, e constituirá, cada unidade, propriedade autônoma sujeita às limitações desta Lei (Lei 4.591, de 16 de dezembro 1964 -Art. 1º).

A partir do conceito introduzido pela FIG, através do Modelo 2014 um objeto territorial legal é uma porção de território com condições homogêneas de domínio (normalmente

definidas em lei) em seus limites. Já a parcela encontra-se definida como sendo uma porção do território sobre o qual se pode exercer algum direito (Carneiro et al. 2012). Assim, o objeto territorial “edifício” pode ser entendido como um conjunto de parcelas e mostra-se como foco de estudo relevante para o cadastró urbano 3D.

Para Stoter & Oosterom (2006) considerando o aumento de ocorrência de casos relacionados ao cadastró tridimensional, houve uma busca por parte de pesquisadores e técnicos, visando estudar as definições de objetos físicos legais 3D, bem como seu registro em cadastró e modelagem necessária, como a ISO19152 - LADM.

Neste sentido, Lemmen & Oosterom (2013) destacam o LADM como um padrão internacional para o domínio da administração da terra. Seu intuito é estimular o desenvolvimento de aplicações de *software* e acelerar a implementação de um sistema de administração de terras (SAT) que abrange componentes básicos relacionados com a informação de administração da terra tanto para superfícies d’água quanto aos elementos acima e abaixo da superfície da terra, destaques no cadastró 3D, foco deste trabalho.

A OGC (*Open Geospatial Consortium*), desde 2008, adotou o CityGML como um padrão oficial para produção de modelos urbanos, a partir de uma discussão em nível internacional no âmbito de fóruns como *European Spatial Data Research Organization* e o *3D Information Modelling Working Group*. Sendo, portanto, um modelo de dados aberto e gratuito para o armazenamento, a visualização e o intercâmbio de modelos numéricos (ou digitais) de cidades em 3D (ARRUDA, 2013).

Assim, a utilização do LADM integrado ao CityGML nesta pesquisa permitirá um estudo mais aprofundado para implantação do Cadastro tridimensional e, conseqüentemente, contribuir para o avanço neste âmbito.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo Geral

Propor uma metodologia para implantação do Cadastro 3D de edifícios a partir da modelagem de dados de acordo com a ISO 19.152.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Pesquisar sobre conceitos e métodos de implantação do Cadastro 3D a partir da modelagem LADM em outros países, como a Holanda, a Coreia do Sul, Israel e Polônia;
- Estudar a norma do LADM para o Cadastro 3D, bem como as condições de integração entre ISO 19152 e CityGML;
- Caracterizar o Objeto Territorial Legal “Edifício” no Brasil como foco da aplicação Cadastro 3D;
- Elaborar uma modelagem para o Objeto Territorial Legal “Edifício” a partir da ISO19152 – caso de estudo do Recife-PE.
- Integrar a Modelagem de “Edifício” no LADM ao CityGML visando garantir a interoperabilidade para o modelo de cidade 3D;
- Validar o modelo integrado utilizando dados do bairro de Boa Viagem, em Recife-PE.

### 1.3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Com o surgimento do modelo Cadastro 3D, os conceitos e a visão das parcelas cadastrais, dos objetos territoriais e do direito de propriedade começam a se modificar. Sendo assim, o Brasil necessita reestruturar os seus sistemas cadastrais respeitando os RRRs (*Right, Restriction e Responsibilities*) de suas parcelas, porém de forma que estes suportem o cadastro tridimensional.

Na administração territorial é importante existir um domínio de conceitos e terminologias. Para tanto, evidencia-se a importância do uso da ISO19152, referente ao LADM.

Dentre os objetos territoriais legais (OTL) a serem modelados no Brasil (Seção 2.2 deste documento), as restrições urbanísticas elencadas no Art. 182 da Constituição Federal e a Lei 10.257/01 do Estatuto das Cidades, destacam a importância nos diversos casos voltados ao cadastro urbano brasileiro. Neste contexto, a pesquisa adotará um objeto físico que será detalhado a posteriori a partir da contextualização envolvendo o conceito de Cadastro 3D: o Edifício.

Sendo assim, deverão ser modelados o Edifício e seus respectivos andares contendo várias propriedades independentes, possuindo direitos, restrições e responsabilidades.

Com a modelagem de dados do objeto físico em estudo no LADM (modelo conceitual) e visando o armazenamento e a interoperabilidade nos modelos de cidade 3D, o perfil desenvolvido “Edifício” será modelado também com base na ISO/TC211 do CityGML, a fim de otimizar a administração territorial, dentro de um sistema cadastral. Segundo Rönsdorf (2014) deve-se criar um esquema de aplicação específica para um país/região (perfil LADM) que também utiliza conceitos extraídos do modelo conceitual do CityGML. Em seguida, diferentes codificações do esquema de aplicação podem ser criadas.

### 1.3.1. Materiais e Métodos

Esta seção descreve os materiais (*hardware*, *software* e base de dados) utilizados na pesquisa, bem como a metodologia adotada para alcançar os objetivos propostos.

#### 1.3.1.1. Materiais

Os recursos tecnológicos e dados utilizados nesta pesquisa foram:

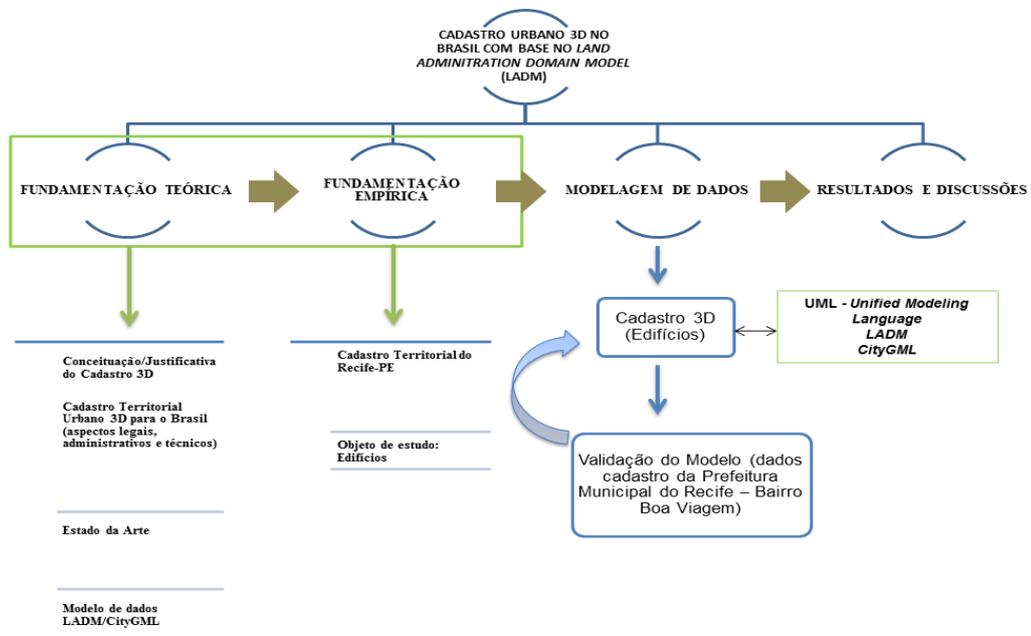
- Notebook Dell. Processador Core i7, 8GB RAM. Sistema Operacional Windows 8.
- Astah Community (versão 7.0) – para o desenvolvimento das modelagens em UML.
- ArcGIS Desktop – para a visualização dos dados cartográficos
- ArcScene – para gerar figura 3D
- Dados cartográficos do Recife-PE (bairro de Boa Viagem)
- Ortofoto digital (1:1.000)
- Base cartográfica digital cedido pela PMR (1:1.000)
- Sistema de Cadastro Imobiliário – para acessar o banco de dados da prefeitura do Recife-PE, cujo qual irá subsidiar o desenvolvimento dos modelos voltados ao caso de estudo (ANEXO B1 e B2).
- ISO 19152 (LADM)
- ISO TC211 – CityGML

1.3.1.2. Métodos

Com base nas pesquisas que vêm sendo realizada nos diversos países, como Holanda, Coreia do Sul, Israel, Turquia, Austrália, entre outros, a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho está organizada nas seguintes etapas: (i) Revisão bibliográfica, referindo-se a fundamentação teórica sobre a tendência e importância da implantação do cadastro urbano 3D para o Brasil e no mundo; (ii) Prática, envolvendo a modelagem de dados 3D para administração territorial de acordo com a norma ISO19152 do LADM e a integração desta modelagem com o padrão de dados CityGML para “Edifício,” usando como base os dados do Sistema de Cadastro Imobiliário de Recife-PE, (iii) a validação dos modelos elaborados a partir dos dados cedidos pela prefeitura, (iv) por fim, as conclusões e recomendações a partir dos resultados alcançados na pesquisa.

O fluxograma da Figura 1 detalha, portanto, a metodologia que será adotada na pesquisa.

Figura 1: Fluxograma da Metodologia da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Detalha-se a seguir as quatro etapas da metodologia:

- i. A primeira etapa, está relacionada a revisão bibliográfica da pesquisa. Esta tem por objetivo consolidar os conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento das atividades e visa atender as necessidades de futuros trabalhos que necessitem do respaldo teórico sobre o Cadastro 3D seja no âmbito internacional, como também nacional. Na Etapa 1, portanto, encontram-se conceituados os modelos de dados do LADM e CityGML e suas aplicabilidades.
- ii. A segunda etapa, intitulada de Fundamentação Empírica, consiste em documentar sobre o cadastro territorial do Recife-PE, através dos dados cedidos pela prefeitura municipal. Apesar de estar presente na Etapa 2, as informações dessa etapa estarão descritas e justificadas no capítulo referente ao Modelos de Dados.
- iii. A Etapa três está relacionada à Modelagem dos dados utilizando linguagem UML. Nesta etapa serão apresentados quatro modelos, através de diagramas de classe. Os modelos serão:
  - a) Modelo de análise: desenvolvido de acordo com os dados coletados no Sistema de Cadastro Imobiliário do Recife-PE.
  - b) Modelo LADM 3D: desenvolvido utilizando como base o Modelo de Análise. Tem por objetivo propor uma modelagem padrão para o objeto territorial “Edifício” (*Building*), usando como referência a ISO19152.
  - c) Modelo CityGML Edifício: desenvolvido utilizando como base o Modelo de Análise e Modelo LADM 3D. Tem por objetivo propor uma modelagem padrão para o objeto territorial “Edifício”, usando como referência a ISOTC211 da elaborada pela OGC.
  - d) Modelo LADM 3D – CityGML: modelo criado para integrar os modelos b) e c), propondo um modelo único voltado ao município do Recife, mais especificamente ao objeto territorial “Edifício”.
  - e) De acordo com o fluxograma, ainda na terceira etapa, os dados coletados na PMR devem testados, a fim de validar o modelo LADM 3D – CityGML.
- iv. A quarta e última etapa, consiste em analisar e discutir sobre os resultados obtidos a partir da validação dos modelos.

#### 1.4. ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, de acordo com etapas metodológicas descritas a seguir e organizados conforme a ABNT NBR 14.724: 2011.

O primeiro capítulo apresenta a fundamentação teórica do Cadastro 3D, correspondentes aos objetivos da pesquisa e sintetiza a problemática envolvida que levou ao desenvolvimento desta dissertação. Descreve os conceitos e necessidades envolvidas para a implantação de um cadastro tridimensional. Dentre os objetos territoriais envolvidos no cadastro 3D, o capítulo destaca a importância da modelagem de Edifícios, uma vez que o crescimento populacional nos grandes centros urbanos contribui cada dia mais para a verticalização das cidades.

No capítulo 2 encontram-se descritos de forma mais detalhada os aspectos técnicos, legais e administrativos envolvidos para implantação do Cadastro 3D. São mostrados alguns casos envolvendo a necessidade de sua aplicação. Para este capítulo, encontram-se outras duas subseções. A primeira remete a aplicabilidade do Cadastro 3D no Brasil, de acordo com os aspectos legais e como tem sido tratada ao longo dos anos. A segunda subseção refere-se à modelagem do Cadastro 3D de acordo com a ISO19152 e a importância em elaborar este modelo LADM 3D. Além disso, o capítulo traz diversas referências sob os quais se basearam esta pesquisa.

O terceiro capítulo trata sobre o CityGML, suas características principais e utilidade para o armazenamento e visualização de informações de objetos 3D. Esta seção também apresenta a norma e como funciona sua integração com o LADM.

O capítulo 4 apresenta a modelagem dos dados cadastrais da PMR. Para tanto, primeiramente, o capítulo explicará sobre a coleta destas informações que subsidiaram o desenvolvimento dos modelos. Os modelos apresentados nesta seção são: modelo de análise; modelo LADM 3D; modelo CityGML ADE; e por fim, modelo de integração LADM 3D – CityGML ADE.

O quinto capítulo deste documento faz uma análise dos resultados a partir da validação dos modelos criados na seção anterior. Neste capítulo são simulados alguns estudos de caso utilizando as informações cedidas pela prefeitura, subdividindo-se em quatro seções: Pacote da Parte; Pacote Administrativo; Pacote Espacial; e CityGML.

O sexto e último capítulo traz as conclusões acerca da pesquisa desenvolvida e recomendações para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas seguida dos Apêndices e Anexos.

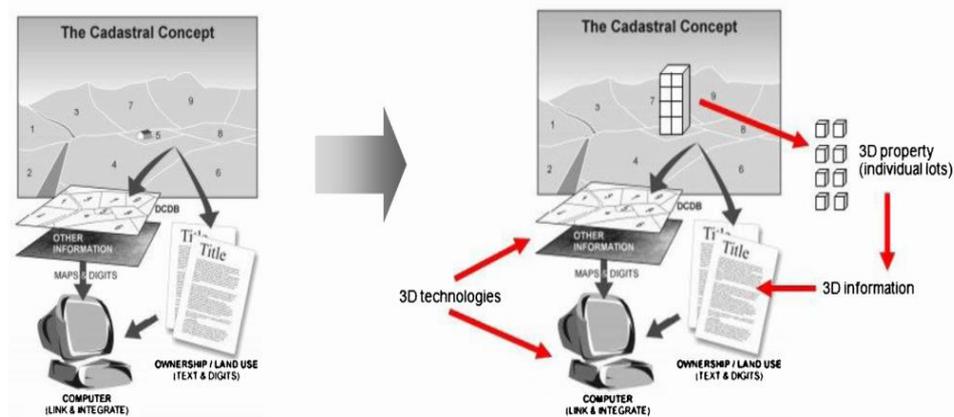
## 2. CADASTRO 3D

De acordo Souza (2011) “do ponto de vista conceitual um dos fundamentos da administração territorial bidimensional é que não pode haver lacunas ou sobreposições na parcela em que os direitos se baseiam, ou seja, uma fração da superfície plana, que implica em volumes da propriedade definido pelas colunas espaço acima e abaixo da parcela de terra de superfície.” Para Stoter (2004) *apud* Souza (2011), o mesmo fundamento (uma fração do espaço sem sobreposições ou lacunas) é também a base do pensamento conceitual em relação ao gerenciamento cadastral 3D.

O desenvolvimento urbano acelerado, a crescente complexidade das infraestruturas de serviços urbanos e de transporte, e o surgimento de legislação cada vez mais exigente em termos ambientais e de restrições, requerem um suporte maior do que podem oferecer os dados cadastrais baseados em plantas (gráficos 2D). Os conceitos e a visão das parcelas cadastrais, dos objetos territoriais e do direito de propriedade começam a se modificar, com o surgimento do modelo Cadastro 3D (Carneiro *et al*, 2013).

A Figura 2 mostra que o conceito de cadastro compreende as partes individuais da informação, relevante à propriedade territorial e sua aplicação através do uso de tecnologia de ligação, integração e visualização das mesmas. Ho, S. et al (2013), destacam que o Cadastro 3D como um conceito (à direita), abrange principalmente a potencial evolução das informações necessárias para o processo de registro verticalmente diferenciados de limites da parcela mas, secundariamente, inclui uma evolução das tecnologias necessárias para oferecer suporte a representação física de informações cadastrais em 3D. Basicamente, têm-se os objetos espaciais representados em duas dimensões, de forma interativa, integrada e representada em um sistema de gestão territorial que necessita evoluir a partir das necessidades de representação, integração e registro de outras parcelas que estão em constante crescimento, principalmente nos centros urbanos, como no caso das edificações, ilustradas também na figura.

Figura 2. O Conceito Cadastral e Adaptação ao Conceito de Cadastro 3D



Fonte: Ho et al. (2013)

O cadastro é fundamentalmente um construto cognitivo utilizado para administrar e processar informações sobre direitos de terra e propriedade, restrições e responsabilidades (RRRs) através de um registro. Este processo depende do uso de pontos conceituais e linhas para formar os limites de terrenos e imóveis (parcela de terra).

Neste contexto, a pesquisa destaca que apenas o cadastro e sua representação bidimensional não é suficiente para englobar todas as situações existentes no mundo real, as quais tornam-se cada vez mais frequentes, com a escassez do espaço geográfico urbano e evolução do homem. Assim, emergem as possibilidades de utilização do Cadastro 3D como fator determinante para um melhor gerenciamento espacial, considerando também, os diversos aspectos envolvidos para a construção do cadastro territorial.

## 2.1. ASPECTOS ENVOLVIDOS PARA IMPLANTAÇÃO DO CADASTRO 3D

Nesta seção serão descritos os aspectos técnicos, legais e administrativos para a implantação do Cadastro 3D.

### 2.1.1. Aspectos Técnicos

No cadastro territorial os limites das parcelas devem ser bem definidos e obtidos com precisão adequada, bem como através da utilização de métodos técnicos para o levantamento: uso de pranchetas e fitas métricas; ou utilização de equipamentos GPS de alta precisão; ou

método por fotografias aéreas. Assim, o mesmo deve ser realizado para o cadastró tridimensional.

Paixão *et al* (2012) descrevem que, o avanço da tecnologia dos levantamentos espaciais proporcionou ferramentas eficazes para o levantamento de informações em regiões extensas, como é o caso do uso do *airborne laser- altimetry* – LIDAR (*Light Detection And Range*), onde a varredura a laser tornou-se uma fonte de coleta de dados 3D bastante utilizada.

Araújo (2015) *apud* Rivas e Brito (2007) explica que o funcionamento da varredura a laser consiste basicamente na determinação da altura de pontos na superfície com o uso de pulsos laser disparados do dispositivo gerador em direção a essa mesma superfície. Ao atingir um alvo, parte da energia emitida reflete de volta ao dispositivo e a partir do tempo entre a emissão e a recepção do pulso calcula-se a distância entre o sensor e o objeto.

A Figura 3 mostra um produto típico da varredura a laser para a malha urbana, sob o qual os objetos territoriais encontram-se visivelmente identificados.

Figura 3. Produto típico da varredura a laser, Modelo Digital de Elevação da cidade de Karlsruhe, Alemanha.



Fonte: Araújo (2015) adaptado de Lorh (1999)

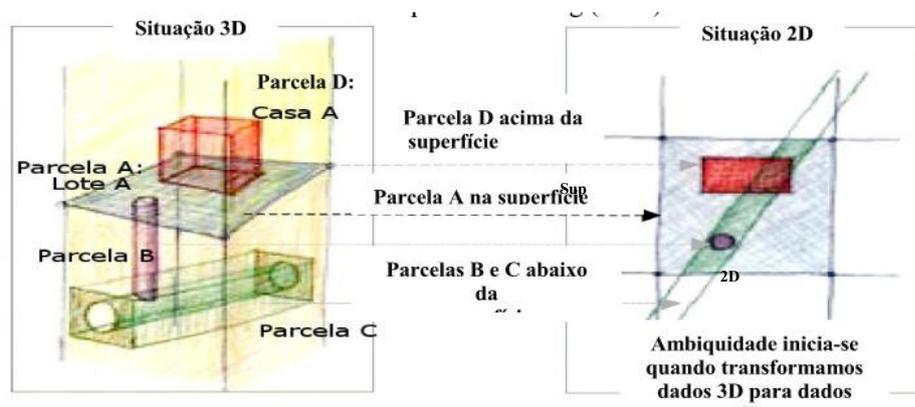
Paralelamente, Paixão *et al.* (2012) *apud* Aydin *et al.* (2004) explicam os principais problemas em criar um cadastró territorial 3D. São eles:

- O direito de propriedade sobre as superfícies aéreas e subterrâneas deve ser definido e registrado nos órgãos responsáveis, além de compor a base de dados cadastrais, devendo ser constantemente atualizado.

- Os proprietários dos imóveis necessitam entender e tolerar a definição de uma parcela 3D a fim de requerer seus direitos.
- As relações jurídicas de sobreposição das parcelas devem ser claramente definidas como, por exemplo, o direito de servidão (parcelas relativas a via de acesso à outras parcelas) e a proteção dos imóveis envolvidos.
- Dados em 3D, antes não existentes, devem ser coletados. Isso eleva o custo de implementação e manutenção do cadastro.

Para elencar os pontos citados, os autores exemplificam a partir da Figura 4 a relação entre o espaço real, obtido em duas dimensões e transformado em cadastro 3D (3D-2D-3D), adaptada de Chong (2006).

Figura 4. Implicações da Projeção de Situações 3D em 2D



Fonte: Paixão et a. (2012) apud Chong (2006)

Stoter (2004) alerta que o registro de propriedades em um sistema cadastral tradicional, sempre foi baseado no conceito de uma parcela em 2D ( $X_i, Y_i$ ). Com o avanço para uma abordagem 3D dos dados espaciais, houve a necessidade de acrescentar o direito da propriedade como parâmetro. Dessa forma, o Cadastro 3D ( $X_i, Y_i, Z_i$ ) deve-se apoiar numa base legal de protocolos de transação imobiliária que representam criação e transmissão de direitos reais da propriedade. Como exemplo, a autora menciona as unidades de apartamentos que serão imóveis definidos em 3D, em que um indivíduo tem um direito real sobre o imóvel e percentualmente sobre as áreas comuns do edifício, permitindo o direito de acesso ao seu imóvel.

Assim, é importante compreender que a mudança para o Cadastro 3D também requer uma modificação da maneira de pensar, relacionada ao setor jurídico e a representação do cadastro territorial, bem como utilizar-se de um sistema de gestão.

Paixão et al. (2012) *apud* Stoter e Zevenbergen (2006) afirmam que, para desenvolver um sistema útil de registros em 3D, é importante observar as necessidades reais do cadastro a respeito das representações tridimensionais. Estas necessidades consistem em:

- Registrar a situação legal das propriedades;
- Fornecer a informação da situação legal desses objetos.

### 2.1.2. Aspectos Legais

Entende-se por parcela como sendo uma unidade do cadastro territorial que, apesar de ter seu termo interpretado de diversas maneiras de acordo com cada país, é vista como uma porção do território sobre a qual se pode exercer algum direito (Carneiro, 2012).

No contexto onde a “porção do território” refere-se aos imóveis definidos na maioria dos Códigos Civis, se encontra a necessidade de implantação do Cadastro 3D a partir da definição legal. O Código Civil da Holanda (artigo 05:20 e 05:21), por exemplo, define a propriedade da terra como Propriedade do solo, incluindo a “propriedade de todo o espaço acima da superfície, todas as camadas da terra abaixo, todas as águas subterrâneas e todos os dispositivos elétricos”. O mesmo ocorre na Alemanha, no Bürgerliches Gezetzbuch (§ 905), no Reino Unido, em França e na Bélgica (Van der Molen, 2002 *apud* Ravi, 2000).

No caso do Brasil, o Código Civil em seu artigo 79 diz: “são bens imóveis e tudo quanto se lhe incorporar natural ou artificialmente”, ressaltando no artigo 1.229 que a “propriedade do solo abrange a do espaço aéreo e subsolo correspondentes, em altura e profundidade úteis ao seu exercício, não podendo o proprietário opor-se a atividades que sejam realizadas, por terceiros, a uma altura ou profundidade tais, que não tenha ele interesse legítimo em impedi-las”.

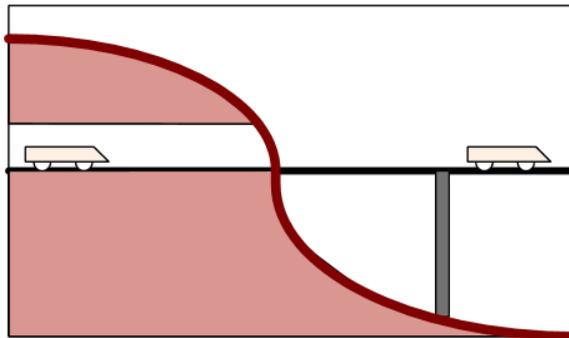
Entretanto, uma parcela natural como rio, lagos, etc. são entendidos como Objetos territoriais (OT) sem conotação jurídica. Por outro lado, os Objetos Territoriais Legais (OTL) são uma porção de território definido por um direito constituído em forma de lei. São elas: restrições urbanísticas, restrições aeronáuticas, direito de mineração, terreno de marinha e etc.

Para Carneiro *et al* (2012), destacam que o objetivo de um cadastro 3D seria produzir e armazenar informações sobre parcelas 3D, dar subsídios aos legisladores para a descrição

dos objetos territoriais e determinar suas interseções no espaço 3D, gerando informação territorial espacial útil para a definição de políticas do solo urbano.

A Figura 5 demonstra que um cadastro 3D teria a capacidade de publicitar as diferenças de domínio e de utilização entre a superfície, o espaço aéreo e o subsolo. Outra situação na qual o cadastro 3D teria um papel relevante é no controle do espaço aéreo e do subterrâneo ocupados pelas redes de infraestrutura.

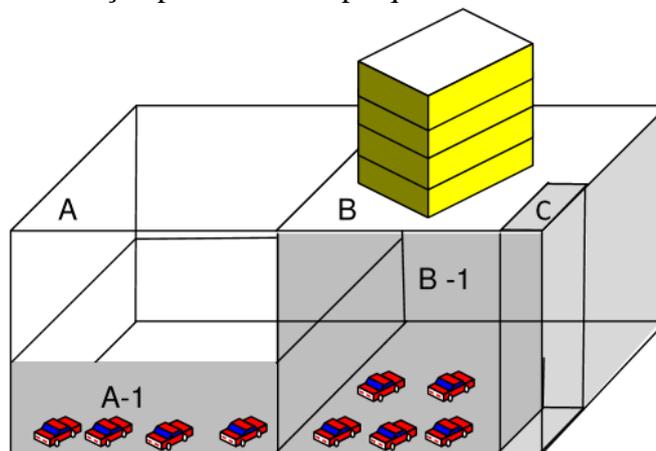
Figura 5. A rede ferroviária é acima e debaixo da terra.



Fonte: FELUS et al (2014)

Felus et al. (2014) ressaltam outra forma de aplicação do Cadastro 3D bastante comum em diversos países: os parques de estacionamento. Na Figura 6, observa-se a parcela de estacionamento abrange as parcelas A-1(exclusão da parcela A) e B-1(a exclusão da B), compostas fora do eixo parcela (C). Ou seja, é possível perceber um conjunto de parcelas inseridas em um objeto territorial (*Building*) e que se relacionam de forma direta.

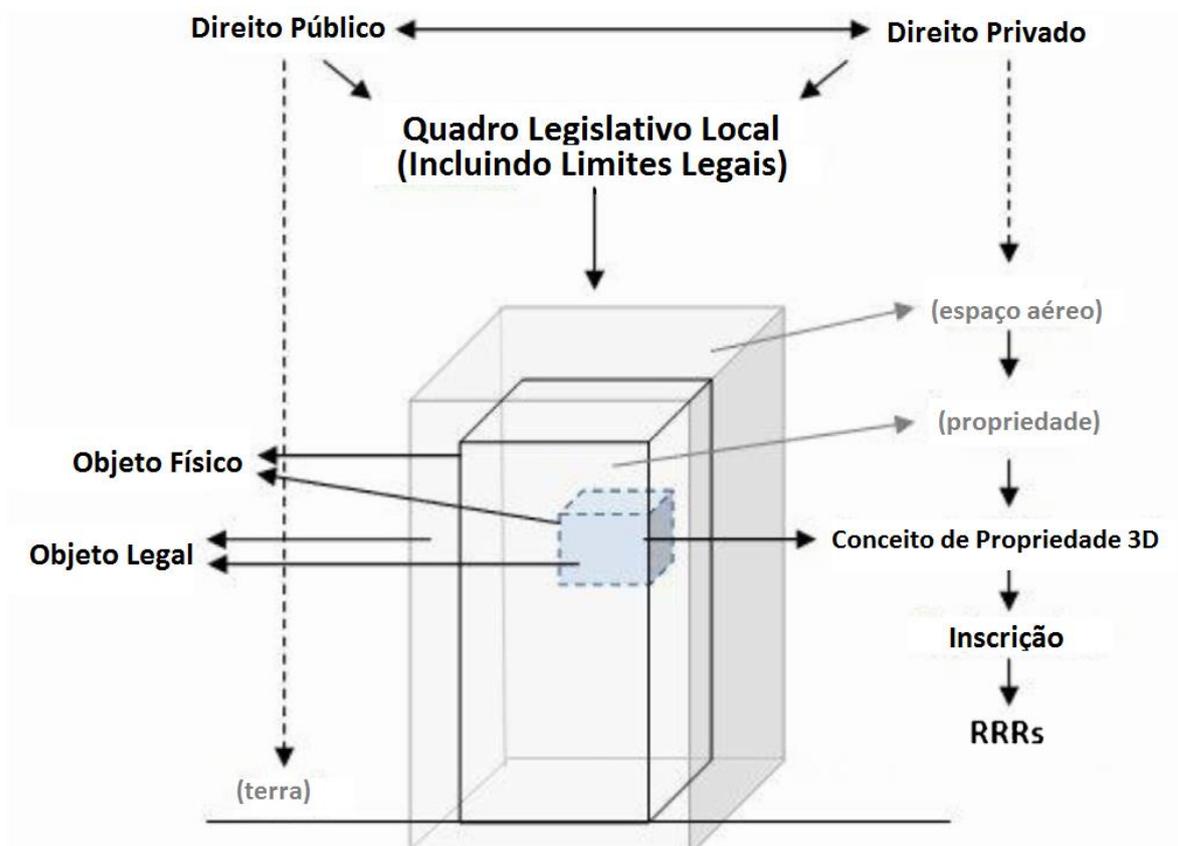
Figura 6. Situação particular dos parques de estacionamento



Fonte: FELUS et al (2014)

A representação gráfica das questões jurídicas discutidas até o momento na literatura e suas inter-relações, podem ser observadas na Figura 7, adaptada de Ho et al. (2013). É possível, assim, perceber que o direito de propriedade, seja ele privado ou público, conforme legislação de cada país, engloba espaço aéreo, superfície e subsolo, ou um objeto físico que esteja inserido em outro, definido anteriormente no conceito de Cadastro 3D, como no caso dos Edifícios e seus respectivos andares contendo várias propriedades (parcelas) independentes, possuindo direitos, restrições e responsabilidades.

Figura 7. Representação gráfica das questões legais relevantes para o Cadastro 3D



Fonte: Adaptado de Ho et al. (2013)

### 2.1.3. Aspectos Administrativos

A administração do uso e ocupação do solo, como previsto no cadastro, contribui para o desenvolvimento sustentável. Isto significa que a gestão territorial é de suma importância para os diversos entes federados que necessitam do espaço geográfico para exercer suas atividades.

De acordo com Van Der Molen (2002), seja qual for o caso, deve-se reconhecer que o cadastro visa registrar os direitos e interesses da terra, porque a lei reconhece estes direitos e interesses como uma legítima relação entre o requerente e a terra. Estas relações, por consequência, são legalmente definidas e têm um poder jurídico contra outras pessoas ('terceiros'). Isto conclui porque embora a terra refira-se a relação homem-terra, a noção social é uma relação homem-homem com respeito à terra. Essas pessoas, portanto, devem ter acesso a informações sobre o estatuto jurídico, a qual determina seu comportamento relacionado a compra de terras, criando direitos derivados, etc. Sem uma definição de direitos de propriedade na lei e sem mecanismos legalmente definidos para a aquisição, transferência, proteção, restrição, criação ou registro destes direitos e interesses, toda essa relação torna-se sem sentido. Portanto, os cadastros só são significativos se operam dentro de um contexto institucional, fornecendo regras para:

- Definição de direitos de propriedade,
- Definindo mecanismos para aquisição, transferência, etc.,
- Definindo tarefas e responsabilidades da administração pública quanto ao direito de registrar.

Ainda em Van Der Molen (2002) ainda afirma que isto é igualmente verdadeiro para Cadastro 3D. Sem definir a terceira dimensão (e até mesmo a dimensão 'quarta' no caso de partilha de tempo) em regimes de direitos de propriedade, os Cadastros 3D são sem sentido.

Neste contexto, observa-se que apesar dos códigos civis, notadamente o do Brasil, contarem com a regulamentação da propriedade de forma ampla, ou seja, englobando espaço aéreo e subsolo, o direito administrativo e a administração pública não têm percebido e atentado para a implantação do Cadastro 3D, através das medições dessas parcelas. Assim, o aspecto administrativo encontra-se defasado quanto ao domínio dessas informações tão relevantes para o cadastro territorial necessitando, portanto, de uma atualização nos critérios que a administração se utiliza para registro e controle da propriedade.

Assim, a titulação de terras, registro de terra e fornecimento de informações, em geral, são exemplos de desenvolvimento administrativo (VAN DER MOLEN, 2002). De posse das informações cadastrais que contemplam as diversas situações existentes nos grandes centros urbanos, as quais são importantes para a tomada de decisão, possibilitaria em um real controle das propriedades urbanas e rurais.

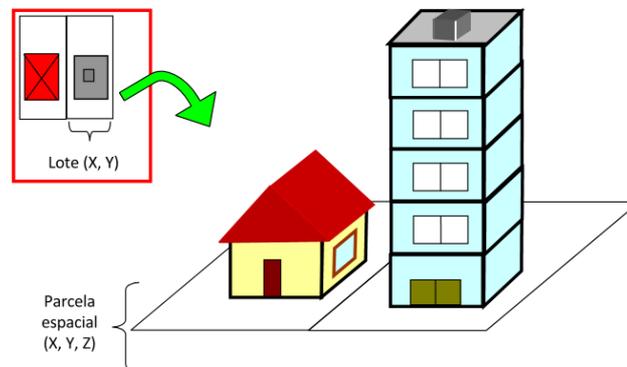
## 2.2. CADASTRO 3D BRASIL

Conforme mostrado anteriormente, entende-se por cadastro territorial a relação existente entre uma parcela de terra e um registro de propriedade. Para tanto, o cadastro deve estar em uma base de dados e sistema de informação atualizada, e possuir uma descrição geométrica, a fim de explicitar a natureza da relação. O cadastro territorial encontra-se ligado à fins fiscais, legais e/ou de planejamento, implicando na sua multidisciplinaridade que auxilia na gestão de território e uso do solo, otimizando a tomada de decisão.

No Brasil, o cadastro pode ser observado de maneira complexa, uma vez que tem sua estrutura apresentada no Cadastro Rural de forma centralizada, gerenciada pelo governo federal e, no Cadastro Urbano, sob responsabilidade administrativa nos diversos municípios brasileiros. Assim, Carneiro et al. (2012) destacam que com a necessidade e a possibilidade real de reestruturação desses sistemas, o Brasil poderá obter um sistema cadastral multifinalitário que envolva todos os imóveis urbanos e rurais do país, incorporando também os preceitos do Cadastro 3D.

Souza (2011) ressalta que é necessária uma nova modelagem de dados para que o Cadastro atenda às demandas das mais diversas áreas sobre a informação tridimensional. Na Figura 8, tem-se um esboço da nova abordagem para esta representação. Nesta figura, o autor compara a representação 2D de um edifício e como deve ser sua nova abordagem na visão cadastral 3D.

Figura 8: Esboço da visão cadastral 2D para o 3D



Fonte: SOUZA, 2011

Com o desenvolvimento urbano acelerado, a crescente complexidade das infraestruturas de serviços urbanos e de transporte, e o surgimento de legislação cada vez mais exigente em termos ambientais e de restrições, observa-se a necessidade de um suporte maior do que podem oferecer os dados cadastrais baseados em plantas 2D (CARNEIRO et al., 2012).

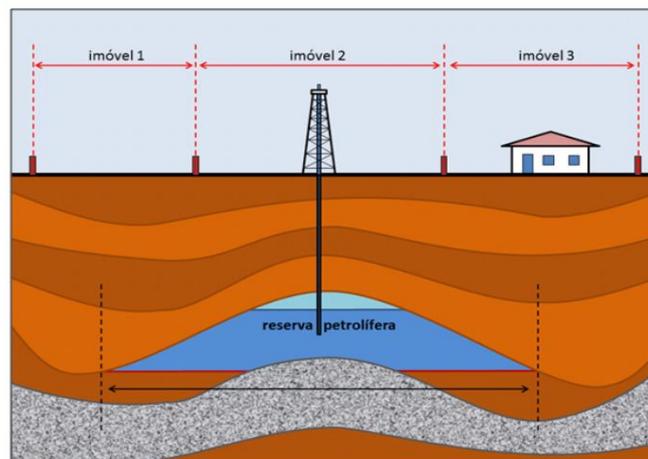
Para tanto, FIG - *International Federation of Surveyors* (1995) em seu Modelo de “Cadastro 2014” que é constituído por seis diretrizes obtidas através de questionários aplicados anualmente aos membros dos grupos de trabalho (GT), no XX Congresso da Federação Internacional de Agrimensores (FIG) realizado em 1994 em Melbourne – Austrália. Assim, foi criada uma visão futurística do cadastro estabelecendo metas a serem cumpridas no decorrer dos 20 anos seguintes, ou seja, até o ano de 2014 (contagem a partir de 1994), introduziu o conceito de objeto territorial, que podem ser amparados por uma legislação (OTL) ou não (OT). No Brasil os OTL são representados por:

- **Terrenos de Marinha:** Art. 51, §14, da Lei de 15/11/1831 e Artigo 13 do Código de Águas – Decreto nº 24.643/1934.
- **Terrenos Reservados:** artigo 14 do Código de Águas e artigo 31 do Código de Águas combinado com o inciso III do artigo 20 da Constituição Federal.
- **Servidão:** artigos 1.378 a 1.389 do Código Civil
- **Reserva Legal:** Lei nº 4.771/1965, artigo 1º, §2º, III e artigo 16, §2º.
- **Área de Preservação Permanente:** artigo 1º, §2º, II e artigo 3º, §1º, do Código Florestal.

- **Direitos de Mineração:** Artigo 176 da Constituição Federal; Decreto-Lei nº 227, de 1967 do Código de Minas;
- **Restrições Aeronáuticas:** Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de 1986, artigos 43 a 46.
- **Restrições Urbanísticas:** Artigo 182 da Constituição Federal; Lei nº 10.257/2001 do Estatuto das Cidades.

Nestas condições, constata-se que, no Brasil, o Cadastro 2D não têm sido eficiente na correlação das informações espaciais, nem na prevenção dos conflitos de interesse (Carneiro et al, 2012). Conforme os autores, nestes casos, um cadastro 3D teria a capacidade de publicitar as diferenças de domínio e de utilização entre a superfície, o espaço aéreo e o subsolo (Figura 9).

Figura 9: Relação espacial entre objetos territoriais legais (OTL) existentes na superfície e no subsolo.



Fonte: Carneiro (2012)

Além disso, Santos (2013), afirma que no Brasil, a disponibilidade das mais técnicas modernas de levantamento, processamento, tratamento e análise de dados espaciais não se traduz na implantação de sistemas de informações territoriais eficientes no âmbito cadastral.

### 2.2.1. Cadastro 3D de Edifícios

De forma geral, um cadastro é normalmente baseado em parcelas e em sistema de informações atualizadas, contendo um registro de interesses do território (por exemplo: direitos, restrições e responsabilidades). Segundo Jazayeri et al. (2014), um pré-requisito para a produção de modelos cadastrais 3D é ter acesso aos dados espaciais em 3D (interior e exterior) das unidades a serem cadastradas. Geralmente, inclui-se uma descrição geométrica das parcelas de terra ligada a outros registros que descrevem a natureza dos interesses.

Ao se referir a um modelo cadastral 3D para apartamentos, Pouliot & Vasseur (2014) afirmam que a terceira dimensão de dados espaciais pode ser expressa como a elevação vertical (ortométrica ou altitude elipsoidal) ou coordenadas Z dos limites, altura do edifício ou o volume das unidades legais em 3D. Vários instrumentos de pesquisa são usados atualmente para adquirir esses dados espaciais em 3D, incluindo GNSS / GPS, estação total, fotografias, distanciômetro (telêmetro a laser), e LiDAR terrestre (scanner a laser). Atualmente, a informação tridimensional do cadastro é registrada como um atributo das parcelas, usando a legislação da propriedade horizontal. Em áreas com um uso intensivo da terra, existe um crescente interesse em usar o espaço sob e acima da superfície.

A definição da altura no cadastro precisa cumprir, ao menos, as condições de precisão do mesmo. Porém, ainda existe uma discussão com relação a esses requisitos de qualidade. Navratil & Unger (2013) citam como exemplo as coordenadas coletadas na Áustria, que são registradas com precisão de centímetros, correspondendo à qualidade geométrica de um trabalho de construção como a colocação de paredes. A precisão para limites de terras agrícolas pode ser menor, já que as fronteiras territoriais a serem conhecidas possuem uma precisão de cerca de 20 centímetros (menos do que a largura de uma lâmina de arado). Para os donos de terras, a forma da parcela é mais importante do que a posição geográfica absoluta, uma vez que a forma determina usos possíveis, por exemplo, se um edifício específico pode ser construído.

A parcela do apartamento no cadastro admite a difusão de espaços que pertencem a pessoas distintas dentro de um mesmo edifício. Geralmente, esta separação é vertical e a fronteira do mesmo deve caber dentro do limite máximo permitido. Vários estudos sobre o desenvolvimento de cadastros 3D tem sido realizados, os mesmos passaram por uma minuciosa análise referente às configurações corretas e complexas em 3D. Porém, como concluíram Van Oosterom et. al. (2011), quase nenhum registro cadastral aproximou-se de

uma solução fundamental para cadastro 3D. Em vez disso, parcelas 3D em mapas cadastrais são (principalmente) limitados a unidades de apartamentos, apesar de vários países estarem buscando desenvolver o cadastro 3D, como o exemplo da Federação Russa (VANDYSHEVA et al., 2011).

No Brasil a partir dos diversos sistemas cadastrais existentes para cada município, o cadastro de apartamento é tratado apenas em sua forma bidimensional. Ou seja, não atende a real necessidade cadastral envolvida para este objeto espacial. A Figura 10, como exemplo, ilustra um objeto bidimensional (lote) armazenando informações para mais de um registro (proprietário por apartamento).

Figura 10: Cadastro Apartamento no Brasil



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Neste contexto, percebe-se a importância de elaboração de um modelo cadastral que englobe todas as exigências envolvidas desde o cadastro mais simples (2D) até um de mais complexidade, como no caso da modelagem de dados 3D para Edifícios, contemplando sua menor unidade espacial, os apartamentos.

Com a Lei 10.267/01, a partir da exigência do intercâmbio entre cadastro e registro, houve também uma aproximação com os princípios e conceitos internacionais.

### 2.3. MODELAGEM DO CADASTRO 3D DE ACORDO COM A ISO 19152

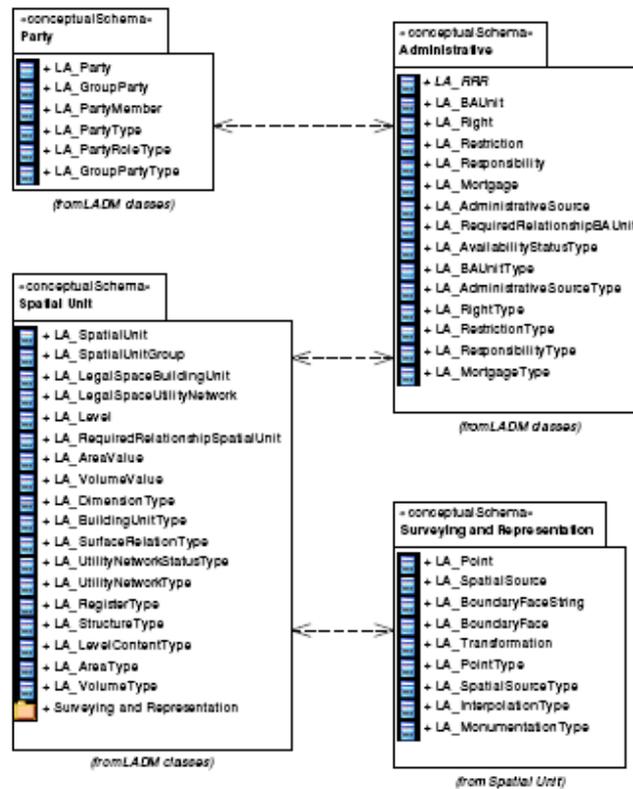
De acordo com Santos (2012), um dos problemas no domínio de conhecimento em administração territorial é a falta de um conjunto padronizado de conceitos e terminologia. Por este motivo, a *International Organization for Standardization* (ISO) formulou e publicou a ISO 19.152 – *Land Administration Domain Model* - LADM (Modelo de Domínio da Administração Territorial). Desenvolvida pela FIG em parceria com outras instituições a norma ISO 19152 estabelece a relação entre as pessoas e as unidades territoriais, e trata-se de um padrão descritivo, não prescritivo, cujo foco é a identificação dos direitos, responsabilidades e restrições que afetam a terra (ou água) e seus componentes geoespaciais relacionados.

O LADM é um modelo abstrato e conceitual, que apresenta as entidades básicas com os seus respectivos atributos para unidades territoriais, no entanto podem ser adicionadas ou removidas outras entidades de acordo com a realidade de cada região. Para tanto, o mesmo apresenta quatro classes principais, são elas:

- *LA\_Party*: As instâncias dessa classe são as partes (pessoas ou organizações), ou parte de grupo (grupos de pessoas ou organizações).
- *LA\_RRR*: As Instâncias de subclasses de *LA\_RRR* são direitos, restrições e responsabilidades.
- *LA\_BAUnit*: As instâncias dessa classe contêm informações administrativas relativas às unidades espaciais com igualdade de direitos, restrições e responsabilidades.
- *LA\_SpatialUnit*: As instâncias dessa classe são unidades espaciais, lotes, Parcelas e edifícios ou redes.

Dentro do modelo, estas classes aparecem encapsuladas em pacotes principais: *Party Package*, *Administrative Package*, *Spatial Unit Package* e o *Surveying and Representation*. Na Figura 11 é possível perceber o relacionamento entre estes pacotes a partir do esquema conceitual do LADM.

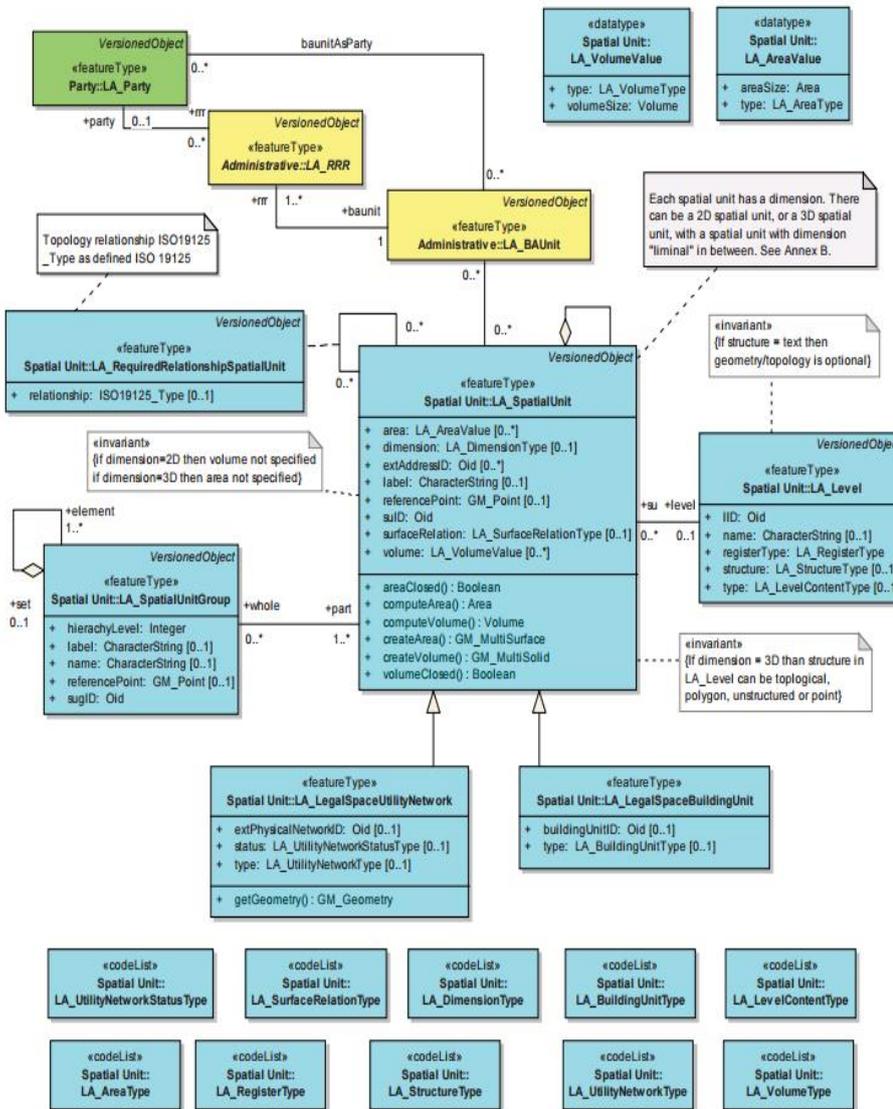
Figura 11: Esquema conceitual do LADM



Fonte: ISO 19152

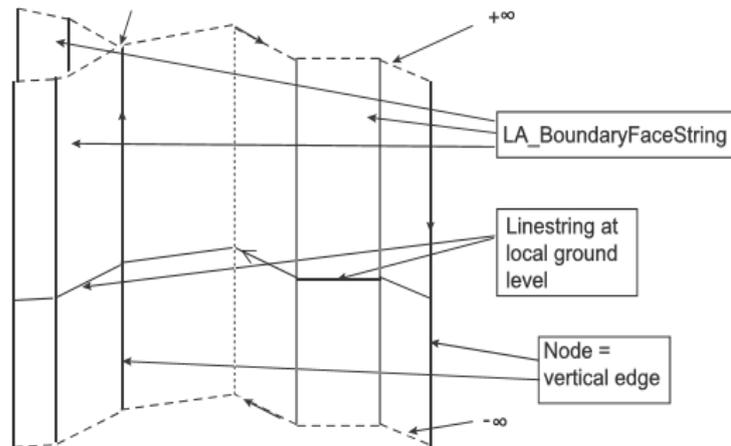
Para Oosterom et al. (2011), o *Spatial Unit Package* é bastante relevante, englobando as classes *LA\_SpatialUnit*, *LA\_SpatialUnitGroup*, *LA\_Level*, *LA\_LegalSpaceNetwork*, *LA\_LegalSpaceBuildingUnit* e *LA\_RequiredRelationshipSpatialUnit*, além disso se relaciona de forma direta com os demais pacotes do LADM (Figura 12). A *SpatialUnit* representa um ponto (ou multiponto), uma linha (ou multilinha) que representa uma área individual (ou múltiplas áreas) da terra ou água, mais especificamente, um volume individual (ou múltiplos volumes). Assim, a modelagem do objeto territorial 3D para o Cadastro deve ocorrer em especial na classe *LA\_SpatialUnit*, para a representação dos objetos em três dimensões.

Figura 12: Content of Spatial Unit Package with associations to other basic classes



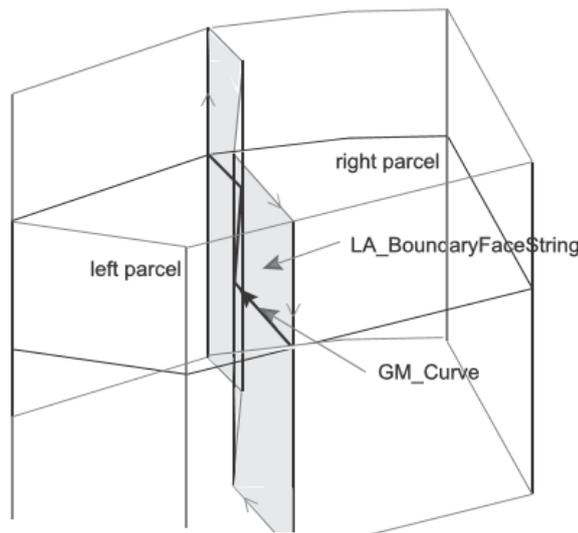
Fonte: ISO/FDIS 19152 (2012)

De acordo com a ISO (2012), as representações de unidades espaciais 2D e 3D na norma LADM ocorrem através das classes *BoundaryFaceString* e *BoundaryFace*. Muitos países utilizam a interpretação de representação 2D como um volume prismático 3D, sem limite superior ou inferior. Nesse caso, as representações 2D e 3D são unificadas e representadas pela classe *BoundaryFaceString* usando o *GM\_MultiCurve* para armazenamento.

Figura 13: Conceito da classe *BoundaryFaceString*

Fonte: ISO/FDIS 19152 (2012)

Na Figura 13 é possível observar a classe *LA\_BoundaryFaceString* representando a graficamente a face de um objeto territorial de forma tridimensional. Por ser do tipo *MultiCurve* os níveis são representados por linhas e representam os limites dos objetos, apresentados também na figura 14 a seguir.

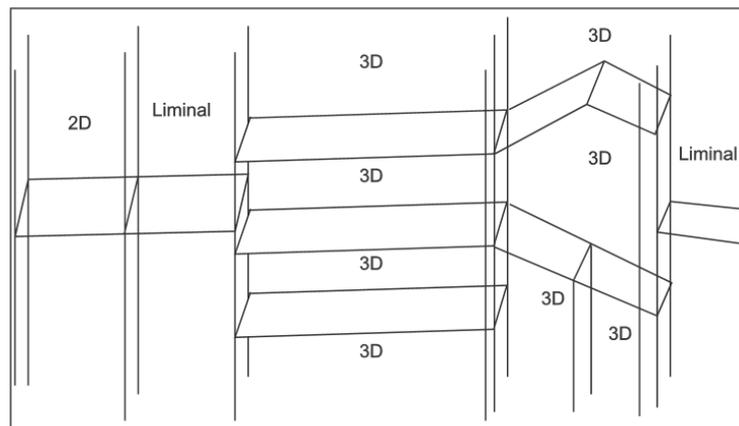
Figura 14: Unidade espacial definida pela *BoundaryFaceString*

Fonte: ISO/FDIS 19152 (2012)

Contudo, para a representação real do objeto 3D (ou seja, não considerando um objeto 2D como um prisma), deve ser utilizada a classe *boundary faces* usando *GM\_Surface* para o armazenamento.

A norma também ressalta que as unidades espaciais estão em um limiar entre objetos 2D e 3D. Sendo assim, essas representações são uma combinação entre a *Boundary face string* e *Boundary faces* (Figura 15).

Figura 15: Vista lateral mostrando integração da *Boundary face string* e *Boundary faces* para definir volumes 3D limitados e ilimitados



Fonte: ISO/FDIS 19152 (2012)

Neste caso, o atributo “*dimension*” na classe *LA\_SpatialUnit* indica se o objeto refere-se a um objeto 2D, um limite entre eles ou uma unidade espacial 3D (ISO, 2012).

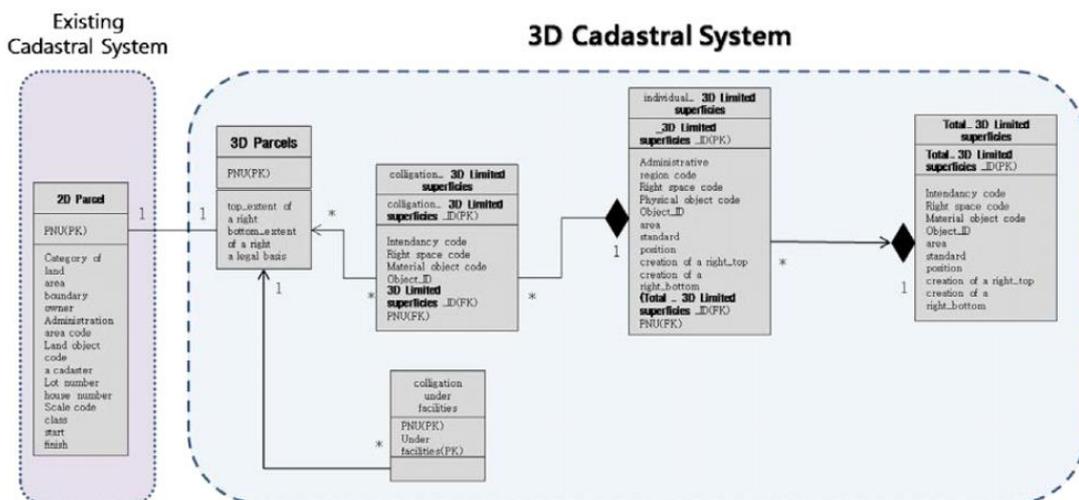
O LADM também pode ser visto como um modelo de meta para administração territorial e tem conexões importantes com outras normas, uma vez que as unidades administrativas no LADM são espaços legais que podem ter um relacionamento com características físicas mantidas em outros modelos de domínio como, por exemplo, no caso de unidades de apartamentos (Rönsdorf, 2014). Dessa forma, a integração de diferentes modelos assegura a coerência entre registros legais e físicos.

### 2.4. ESTADO DA ARTE

Stoter e Oosterom (2006) destacam que o cadastro 3D vem sendo objeto de pesquisa visando estudar as definições de objetos legais 3D, bem como seu registro em cadastro e modelagem necessária.

Na última década, a Coreia do Sul desenvolveu uma pesquisa em parceria com a Holanda para realizar investigação conjunta, capacitação e assessoria internacional no domínio da administração territorial com foco especial na evolução do cadastro 3D. Na Coreia do Sul participou a *Korea Cadastral Survey Corporation (KCSC)* e a Universidade de Seoul (*University of Seoul*) e na Holanda as Universidades de Delft (*Delft University*) e Twente (*University of Twente*). Jeong (2012) relata que primeiramente a KCSC realizou projetos de pesquisa envolvendo oito regiões diferentes em Seul e usando dados de pesquisa multidimensional conseguiram registrar as propriedades das dimensões tridimensionais destas áreas no sistema cadastral. Em parceria com a Holanda, a Coreia seguiu no desenvolvimento do Modelo de administração territorial, com a utilização do LADM em sua fase final de modelagem. A Figura 16 a seguir mostra um resultado da pesquisa supondo que o banco de dados 3D limitado a superfície e parcela.

Figura 16: Modelo do banco de dados 3D limitado a superfície e parcela



Fonte: JEONG (2012)

Felus et al. (2014) realizaram um estudo para implantação do Cadastro 3D a partir da ISO19152 para Israel, motivados pela escassez territorial, uma vez que o país, relativamente pequeno, possui um rápido crescimento populacional. Para tanto, a pesquisa envolve adaptação da legislação a fim de garantir o suporte ao cadastro tridimensional. Além disso, o trabalho apresenta cinco etapas necessárias à implantação. São elas: a) Plano de mudanças (cadastro 3D); b) Modelagem dos Dados (através do LADM); c) Padrão de transferência de dados (CityGML); d) Validação dos dados automatizados; e) Armazenamento dos dados espaciais (2D e 3D).

Nesta perspectiva, Rönsdorf et al. (2014) desenvolveram uma pesquisa para a integração do *Land Administration Domain Model* com o CityGML. Neste trabalho enfatiza-se a importância do uso de LADM nos casos de adensamento urbano, os quais se utilizam de cadastro 2D e necessitam de suporte ao 3D, e como este cadastro pode ser mapeado e codificado com o *CityGML Application Domain Extension* (ADE). Neste trabalho ressaltam que os dois (LADM e CityGML) são compatíveis na ISO19107 que garante a sobreposição dos tipos permitidos de geometria.

Gózdź et al (2014), destacam que existem muitos formatos de armazenamento e visualização de dados espaciais e os mesmos são focados apenas na descrição da geometria. Em contrapartida, o CityGML fornece um modelo de informação geográfica para malha urbana e, não só representa a forma e a aparência gráfica dos objetos 3D da cidade, mas também aborda a representação das propriedades semânticas e temáticas, taxonomias e agregações. Os autores elaboram, portanto, modelo de dados integrado LADM-CityGML, voltado aos edifícios.

A partir desta ótica, pesquisadores de vários países têm pesquisado e desenvolvido cada vez mais o cadastro 3D (JEONG et al, 2012; HO, S., RAJABIFARD, A., STOTER, J., KALANTARI, M. 2013; BILJECKI, 2014; AIEN, RAJABIFARD, KALANTARI, & WILLIAMSON, 2011; OOSTEROM, Peter Van., 2013). Os estudos mais recentes (ÇAGDAS, 2013; RÖNSDORF, 2014; GÓZDŹ et al.,2014) detalham a modelagem do Cadastro 3D respeitando os RRRs, pautadas no LADM e no uso do padrão de dados do CityGML, de forma a otimizar a administração territorial para uma cidade 3D.

Já no Brasil algumas pesquisas foram desenvolvidas englobando aos aspectos envolvidos para a implantação do Cadastro 3D. Dentre elas, uma análise dos aspectos jurídicos e administrativos envolvidos para implementação de um cadastro multifinalitário 3D

(CARNEIRO et al, 2012; e SOUZA et al., 2011) e também um estudo sobre método de modelagem da parcela espacial apresentada por Souza (2015), com ênfase no aspecto técnico.

### 3. CITYGML

O *City Geography Markup Language* - CityGML é um conceito novo e inovador para o modelagem de cidades 3D e uso de terra que está rapidamente sendo adotado a nível internacional (KOLBE&GRÖGER, 2003).

Ele foi concebido como um modelo de dados aberto, o CityGML possui seu formato baseado em XML (*eXtensible Markup Language*) para o armazenamento e a interoperabilidade nos modelos de cidade 3D. ARRUDA (2013) diz que o CityGML se trata de um esquema para a versão *Geography Markup Language* 3.1.1 (GML3), um padrão internacional extensível para a troca de dados espaciais que faz parte da série ISO 19100 publicada pelo *Technical Committee Geographic information/Geomatics/International Organization for Standardization* (ISO TC21)<sup>1</sup>.

Este formato é baseado em um série de padrões da ISO 191xx, do *Open Geospatial Consortium* (OGC), do *W3C Consortium*, o *Web 3D Consortium* e a *Organisation for the Advancement of Structured Information Standards* (OASIS), o CityGML é um esquema de aplicação do GML3, cujo qual tem a sua representação de geometria 3D, baseada no modelo ISO 19152. Em 14 de março de 2012, os membros da OGC adotaram a versão 2.0 do CityGML como o Padrão Oficial OGC.

A aplicabilidade do CityGML inclui o planejamento urbano; projeto de arquitetura; turismo e lazer; simulações ambientais; telecomunicações móveis; gestão de desastres; segurança nacional; simuladores de treinamento; robótica móvel; e Cadastros 3D, tema principal desta pesquisa.

---

<sup>1</sup> Dentre as normas que formam a série ISO 19100, são adotadas pelo CityGML as seguintes:  
ISO/TS 19103/2005 - *Conceptual schema language (units of measure, basic types)*;  
ISO 19107/2003 - *Spatial schema (spatial geometry and topology)*;  
ISO 19108/2002 - *Temporal schema (temporal geometry and topology, temporal reference)*  
ISO 19109/2005 - *Rules for application schemas (features)*;  
ISO 19115/2005 - *Metadata*;  
ISO 19111/2007 - *Spatial referencing by coordinates (coordinate reference systems)*;  
ISO 19123/2003 - *Schema for coverage geometry and functions (coverages, grids)*.

### 3.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Prandi (2013) afirma que o CityGML define classes e relacionamentos para os mais relevantes objetos topográficos nas cidades e regiões metropolitanas respeitando suas propriedades geométricas, topológicas, semânticas e aparência.

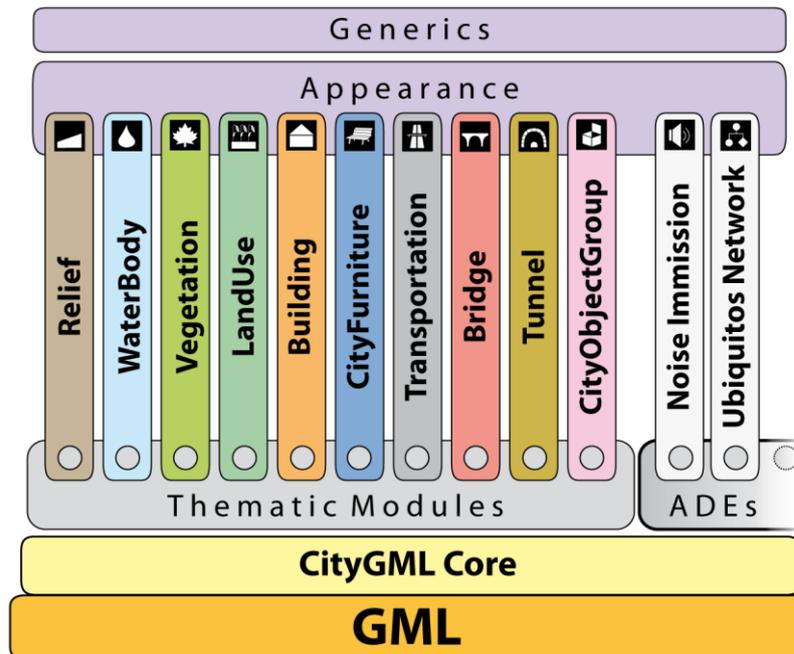
Em contraste com outros formatos de vetor 3D, CityGML é baseado em um modelo de informações de propósito geral, além do conteúdo de geometria e seus respectivos gráficos. Para as áreas de domínio específico, também fornece um mecanismo de extensão para enriquecer os dados com características identificáveis sob preservação de interoperabilidade semântica.

Além de possibilitar, graficamente, a representação de texturas e materiais na superfície dos objetos, o CityGML pode descrever muitas características geográficas (Figura 17) a partir de diversos módulos temáticos. São elas:

- Modelo Digital de Terreno, com combinação de TIN (*triangulated irregular networks*), dados *rasters*, entre outros.
- *Sites*: incluindo construções, pontes e túneis
- Vegetação: áreas, volumes e objetos isolados com classificação da vegetação.
- Aquíferos (Volume, superfície)
- Transporte
- Cadastro 3D
- Objetos e atributos para cidades (*Generic City*)

Além destes eixos temáticos, o CityGML possui o CityGML Core (núcleo da aplicação), *CityObjectGroups* (grupos de objetos urbanos), *Generics* (objetos em geral), *Appearance* (aparência/aspecto) nos quais são definidas as estruturas que são relevantes e que podem ser aplicadas a todos os módulos temáticos.

Figura 17: *Thematic Modules from CityGML*



Fonte: SOAVE, 2015

Conforme informado anteriormente, o CityGML é um modelo de dados aberto e gratuito, para a representação, o armazenamento, a visualização e o intercâmbio de modelos de dados numéricos (ou digitais) das cidades 3D. ARRUDA (2013) destaca que nele, são definidas a geometria, a semântica, a topologia e a aparência (ou aspecto) dos objetos mais relevantes em contextos urbanos ou regionais. Assim, no CityGML as informações armazenadas são definidas de acordo com o *Level of Details* (LoD) do objeto descrito. Assim, os mesmos são divididos em cinco níveis, conforme tabela a seguir:

Quadro 1 – Descrição dos LoDs

LoD	Descrição de Feições
0	Representação bidimensional
1	Modelo em blocos com estrutura de telhado
2	Modelo de construção com textura e modelo de telhado
3	Modelo de arquitetura detalhada com portas e janelas externas
4	Nível mais detalhado, incluindo modelo interior, quartos, sala, janelas, mobília, etc.

Fonte: Elaborada pela Autora (2016)

Boeters *et al* (2015) *apud* Stadler&Kolbe (2007) evidenciam que há, no entanto, um aumento progressivo no detalhamento geométrico e espacial-semântico em diferentes LoDs no CityGML. Porém, isto é aplicado apenas na parte exterior dos edifícios e apenas no nível LoD4 as informações do interior estarão disponíveis. A Figura 18 mostra de forma ilustrada os diferentes níveis de representação dos objetos no CityGML.

Figura 18. Level of Details (LoD) do CityGML



Fonte: Biljecki (2014)

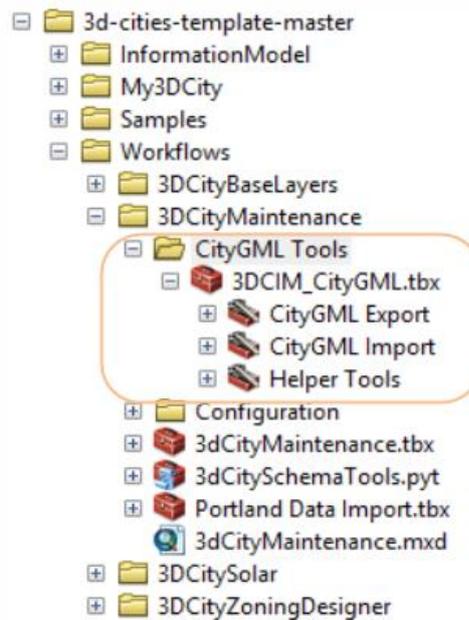
Na Figura 18, evidencia-se que o LoD0 refere-se a modelagem bidimensional dos objetos territoriais na superfície da terra. A representação tridimensional, por sua vez, ocorre a partir do LoD1, cujo qual seria suficiente para o modelo de cadastro territorial 3D. A partir do LoD2 ao LoD4 o nível de detalhamento do objeto representado fica cada vez maior podendo ser aproveitado para outras áreas, como na arquitetura.

O CityGML é suportado por um grande número de produtos de *software* e provedores de dados em todo o mundo, e define uma representação 3D semanticamente rica de recursos geoespaciais em áreas urbanas (RÖNSDORF, 2014). Neste contexto, dentre os *softwares*, pode-se destacar o ArcGIS<sup>2</sup> que através da sua extensão *Data Interoperability* consegue importar e exportar arquivos do CityGML, usando o 3DCIM (*ArcGIS 3D City Information Model*), ilustrado na Figura 19 a seguir:

Figura 19: 3DCIM CityGML Tools (Esri)

---

<sup>2</sup> ArcGISDesktop, tecnologia Esri®, a partir da versão 10.3 (ESRI, 2015)



Fonte: ESRI (2015)

Rönsdorf (2010) destaca os outros *softwares* que suportam o formato de dados CityGML. São eles:

- *University of Bonn: Aristoteles Viewer (free)*
- *Snowflake software: Go Publisher WFS*
- *Interactive Instruments: WFS*
- *Oracle 11g: 3D data types and CityGML loader Tech.*
- *University of Berlin: Oracle schema/loader/updater/citygml4j, an open-source Java class library and API for the processing of 3D city models (free)*
- *Bentley: Bentley Map Autodesk: LandXplorer CityGML Viewer (free) + studio (authoring/management)*
- *Safe Software FME (reader & writer)*
- *CPA: SupportGIS3D*
- *GTA: Tridicon CityDiscoverer*
- *MetGeoInfo: CityGRID*
- *Bitmanagement: BS Contact Geo 3D*
- *Ptolemy3D: virtual globe CityGML plugin*
- *RhinoTerrain: CityGML support in development*
- *FH GK: CityGML-Toolchain , different tools incl. Sketch-Up plugin (free)*

### 3.2. DIAGRAMAS UML - CITYGML

Uma visão geral do CityGML que traduz as características explanadas no item 3.1 podem ser reconhecidas através da modelagem UML<sup>3</sup> desenvolvida pela OGC (2012). Neste cenário, podemos destacar os módulos temáticos, *Bridge*, *Relief*, *Vegetation*, *Transportation*, *WaterBody*, *LandUse*, *CityFurniture*, *Tunnel* e *Building*. Todos os módulos são generalizados da classe *CityObject*, conforme modelagem na Figura 20.

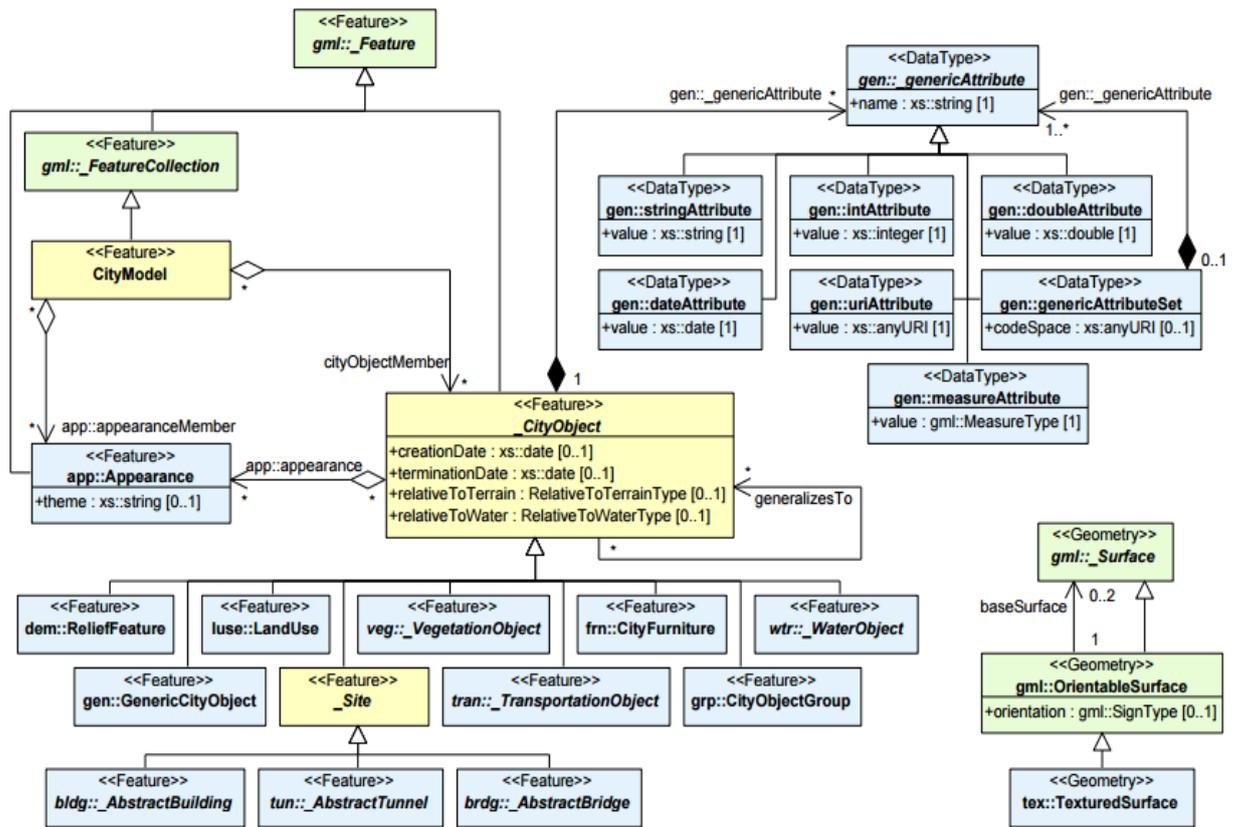
No módulo *Apperance* são destacados a aparência dos objetos espaciais e pode ser bastante utilizado em projetos de arquitetura, por exemplo. Neste sentido, o objeto territorial deve estar em seu maior nível (LoD 4).

O módulo *Building*, também apresentado na Figura 20, deve ser utilizado caso o objeto de estudo esteja relacionado a uma construção (casa/edifício), como no caso do apartamento, objeto deste estudo. Portanto, nesta pesquisa, a modelagem do CityGML será elaborada tomando como base a modelagem UML Padrão do módulo, recomendada pela OGC (Anexo 1) e posteriormente integrada a modelagem LADM referente ao objeto territorial legal modelado.

---

<sup>3</sup> OGC Doc. No. 12-019.

Figura 20: Visão Geral dos Módulos CityGML em modelagem UML



Fonte: OGC, 2012.

### 3.3. CITYGML E O LADM

Rönsdorf et al. (2014) destacam que o LADM e o CityGML são compatíveis na ISO19107 que garante uma sobreposição dos tipos permitidos de geometria. Contudo, o autor ainda afirma que a especificação da ISO19152 torna claro que o LADM é um modelo conceitual que fornece uma linguagem formal para descrever a administração territorial sobre suas partes, unidades administrativas e espaciais, bem como fontes e representações.

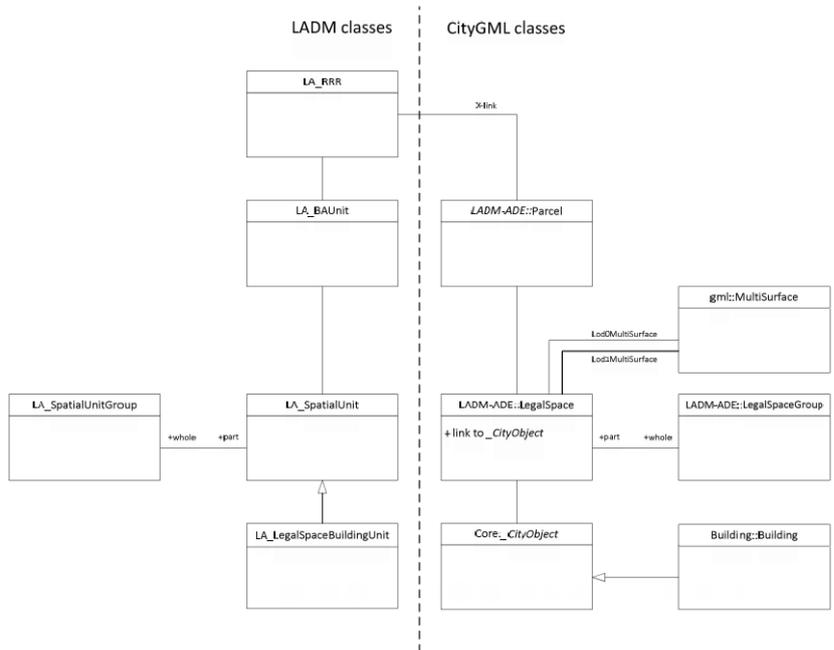
Por outro lado o CityGML é um codificador de dados feito para garantir a interoperabilidade destes. Assim, é baseado num modelo conceitual que é descrito no padrão de dados, mas é especificada apenas no nível de codificação. Com isso, na classes de feição modelada na especificação do CityGML pode ser inferida uma escolha para tipos de objeto explicitamente com definição de semântica (tais como prédios, estradas, pontes, etc.). Assim, evidencia-se um contraste com o LADM que não é um esquema de aplicação em seu próprio direito.

Segundo Rönsdorf et al. (2014), existem duas formas de criar o CityGML ADE para a administração territorial:

- i. Criar um esquema de aplicação específica de um país/região (perfil LADM) que também utiliza conceitos extraídos do modelo conceitual do CityGML. Em uma segunda etapa, podem ser criadas codificações diferentes do esquema do aplicação. Assim, esta codificação 3D será expressa como um CityGML ADE.
- ii. Diretamente implementar o LADM em uma ADE, fazendo algumas suposições sobre a digitação da classe de feição.

Sob forma de acomodar a integração do LADM e CityGML, nota-se que o LADM se refere a fins de orientação para as características físicas que são mantidos em outros conjuntos de dados usando o estereótipo << modelo >><sup>4</sup>. Esse estereótipo define classes em um nível abstrato que são também definidas em outros modelos, como no CityGML. Como exemplo, a LA\_LegalSpaceBuildingUnit (LADM) refere-se a um ExtPhysicalBuildingUnit (CityGML) e o LA\_LegalSpaceUtilityNetwork (LADM) refere-se à classe ExtPhysicalUtilityNetwork (CityGML).

Figura 21: Comparativo de referência entre o LADM e CityGML



Fonte: Rönsdorf et al. (2014)

<sup>4</sup> Exemplo <<Feature Type>>; << data type >>; (Figura 6).



#### 4. MODELAGEM DE CADASTRO 3D DE EDIFÍCIOS

Conforme explanado nos capítulos anteriores, o objetivo desta pesquisa corresponde à modelagem LADM 3D do objeto territorial legal **Edifício** (*Building*) formado por um conjunto de unidades juridicamente autônomas. De bastante relevância no cadastro territorial urbano, os edifícios são comumente representados na forma bidimensional nos sistemas cadastrais, enquanto que sua natureza é tridimensional.

Para tanto, a modelagem de acordo com a ISO19152 voltada ao cadastro 3D visa, de maneira geral, reestruturar os conceitos e a visão das parcelas cadastrais, do objeto territorial em estudo, e do direito de propriedade que começam a se modificar.

No Brasil, como ainda não existem normas nem legislação referente ao cadastro urbano, há uma dificuldade para a elaboração do modelo conceitual para o objeto territorial “Edifício” que seja utilizado, de maneira geral, nos municípios brasileiros.

Assim, para o estudo da modelagem do Cadastro 3D de edifícios no Brasil, buscou-se escolher um município:

- i. Onde o cadastro territorial já estivesse aplicado e consolidado;
- ii. Que possuísse um grande volume predial (grande centro urbano);
- iii. Que possuísse uma base cartográfica atualizada com informações tridimensionais.

Levando em consideração os critérios de escolha, o município do Recife, em Pernambuco, foi escolhido por atender aos requisitos supracitados. Sendo assim, nesta etapa da metodologia da pesquisa foi desenvolvida a modelagem de dados LADM, do modelo no CityGML e por fim, do modelo integrado do LADM 3D com o CityGML, utilizando os dados fornecidos pela Prefeitura Municipal do Recife, através dos setores de cadastro e cartografia.

#### 4.1. ÁREA DE ESTUDO – QUADRA DO BAIRRO DE BOA VIAGEM, RECIFE-PE

O levantamento de Cobertura Aerofotogramétrica e Perfilamento Laser Aerotransportado no Recife foi realizado como ponto de partida para que o município possa planejar e implantar o Cadastro tridimensional. Para tanto, o Datum Horizontal de referência adotado foi o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000, sendo adotado como Datum Vertical, a Rede de Referência de Nível Nacional (RRNN) - Imbituba (SC). O Sistema de Projeção adotado foi o *Universal Transversa de Mercator*- UTM (RECIFE, 2013).

Ainda de acordo com o relatório de atividades de Recife (2013) cedido pela PMR, foram levantados dados em uma área estimada de 220 Km<sup>2</sup>, gerando os seguintes produtos:

- Geração do Modelo Digital de Terreno (MDT)
- Geração do Modelo Digital de Elevação (MDE)
- Geração de Curvas de Nível
- Geração do Mapa de Declividades
- Geração do Mapa Hipsométrico
- Geração do Mapa de Intensidade
- Geração do Mapa de Composição
- Obtenção de polígonos 2D e 3D (volumetria) em uma área de 72 km<sup>2</sup>.

De acordo com a Engefoto (2014), no município 55 Km<sup>2</sup> foram levantados para a obtenção de polígonos 3D. Nesta área encontra-se o bairro de Boa Viagem (ANEXO 1) que está inserido na Região Política Administrativa VI (RPA6) com área total de 7,53 Km<sup>2</sup> e 122.022 habitantes de acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2010).

COSTA et al. (2008), relatam que durante a Segunda Guerra Mundial o bairro Boa Viagem,

Começou a ser mais intensamente ocupada para fins militares. Mais tarde, com a conexão viária entre a área de estudo e o centro da Cidade do Recife, os raros prédios e muitas casas dos anos 1940s, 1950s e 1960s foram substituídos por uma maioria esmagadora (2/3 dos imóveis a beira-mar) de edifícios altos (com mais de 10 andares) quase que exclusivamente para residências de alto luxo. A taxa de construção desses prédios esteve em um máximo aproximadamente seis prédios por ano, na década de 1970.

Na Figura 23 (gerada no ArcScene<sup>5</sup>®) é possível observar a visualização gráfica tridimensional nos dias atuais, utilizando dados de volumetria cedidos pelo setor de cadastro da prefeitura do Recife para uma determinada quadra do bairro de Boa Viagem.

Figura 23: Dados de volumetria de edifícios no Bairro de Boa Viagem cedidos pela PMR



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

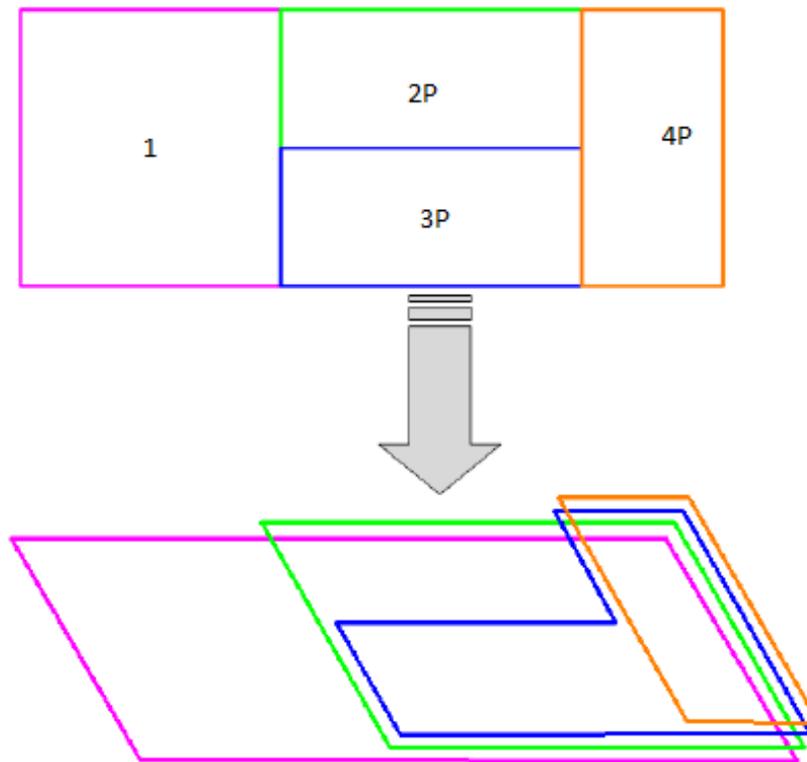
Na quadra em estudo (mapa de localização – Apêndice A) contém dez edifícios, inseridos em lotes distintos e terão algumas de suas informações cadastrais usadas para validar a modelagem de dados 3D, objeto desta pesquisa. Os polígonos 2D e dados de volumetria foram gerados pela Engefoto (2014). De acordo com a mesma,

Na restituição dos pavimentos são vetorizadas linhas que definem o primeiro pavimento da edificação correspondente ao polígono mais externo definido pela sua projeção no terreno em seguida serão vetorizadas as linhas correspondentes ao restante dos pavimentos. Para identificação dos pavimentos é utilizado um nível (*layer*) e cor diferentes definidos no início das atividades.

(ENGEFOTO, 2014, p.6)

Ilustrada na Figura 24, tem-se a diferenciação por cores dos diferentes pavimentos em um exemplo de restituição:

Figura 24: Representação de polígonos fechados com diferentes pavimentos



Fonte: Adaptado de Engefoto (2014)

Ainda de acordo com a metodologia aplicada pela Engefoto (2014) a restituição ocorre até o quarto pavimento, depois será identificada como torre.

Os dados cartográficos do Recife-PE restituídos poderão ser atrelados aos dados cadastrais pertinentes a cada parcela existente nos edifícios. Portanto, observa-se a importância da escolha da área para validar os modelos de dados que compõem esta pesquisa.

Neste contexto, gerar a modelagem de acordo com a ISO19152 visa padronizar e gerenciar as informações de forma otimizada.

## 4.2. MODELO DE DADOS

Para desenvolver um sistema de informação é necessário o planejamento de sua arquitetura e atividades. Espíndola (2015) destaca que um dos elementos que contribuem para a eficiência de um *software* é a sua modelagem. Assim, o autor descreve um modelo de dados como sendo a simplificação da realidade.

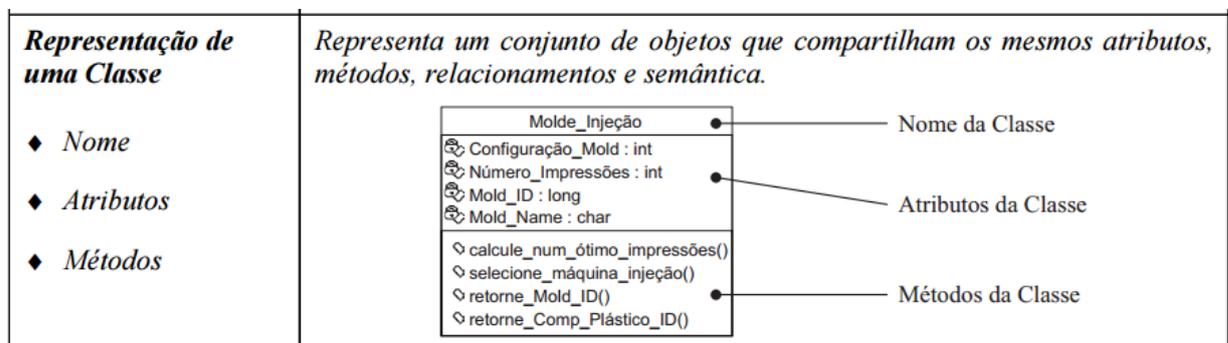
A modelagem de dados 3D tem por objetivo servir de planejamento para a implementação de um sistema de administração territorial que atenda as necessidades do cadastro urbano 3D.

O modelo de dados descreve a estrutura de seus objetos e os relacionamentos existentes entre eles em um determinado instante de tempo, atributos e operações que caracterizam cada classe do objeto (ESPÍNDOLA, 2016).

Para Costa (2001, p. 23) a UML (*Unified Modelling Language* – Linguagem de Modelagem Unificada) define um conjunto básico de diagramas e notações que permitem representar múltiplas perspectivas do sistema sobre análise de desenvolvimento, sendo apresentado em diagramas de: *Use Cases*; Classes; Interações; de atividades; e de Estado e transição. Na pesquisa, os modelos de dados foram feitos no diagrama de classe, pois é como se apresenta na norma ISO19152 do LADM.

O diagrama de classe apresenta classes referentes a objetos do mundo real (como pessoa, imóvel, direito, etc.) contendo seu nome, atributos e operações que devem ser implementadas (Figura 25).

Figura 25: Descrição Diagrama de Classe UML



Fonte: Adaptado de Costa (2001)

Dentro do modelo de dados, as classes devem se relacionar por meio de: Associação; Agregação; Composição; Dependência; ou Generalização. O Quadro 2 descreve cada uma delas e mostra graficamente como se comportam os relacionamentos.

Quadro 2 – Tipos de relacionamento entre classes (UML)

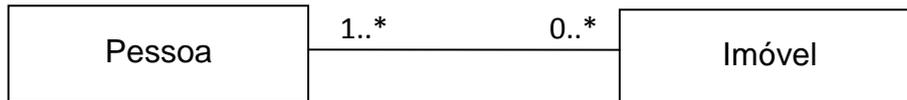
Tipos de Relacionamento de Classes	Descrição	Representação
Associação	Descreve um vínculo e determina que as instâncias de uma classe estejam ligadas a outra.	
Agregação	Demonstra que as informações de uma classe (objeto) precisam ser complementadas por um objeto de outra classe.	
Composição	Representa um vínculo mais forte, onde uma classe deve pertencer ao objeto-todo.	
Dependência	Identifica uma ligação fraca entre objetos de duas classes	
Generalização/ Especialização	Atributos e métodos definidos na classe-mãe são herdados pelas classes-filhas	

Fonte: Elaborada pela autora (2016)

O relacionamento por “Associação” é representado por uma linha sólida e define qual a multiplicidade existente no relacionamento entre as classes. O intervalo pode ser de zero para um (0..1), de zero para muitos (0..\*), de um para muitos (1..\*), de dois para 5 (2..5) e assim por diante. Caso não seja descrita nenhuma multiplicidade, é considerado o padrão de relacionamento um para um (1..1). O exemplo da Figura 26 mostra a associação entre as classes *Pessoa* e *Imóvel* onde,

- i. Uma pessoa possui um ou muitos imóveis (0..\*)
- ii. Um imóvel necessita de, no mínimo, um proprietário ou vários proprietários (1..\*).

Figura 26: Exemplo de associação de classes



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

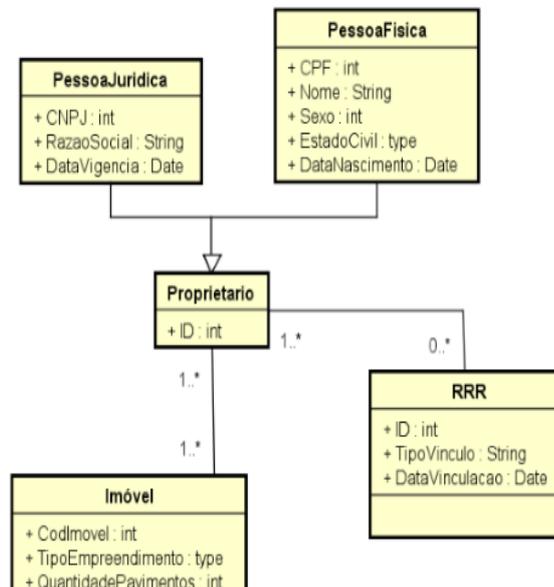
A partir deste entendimento, nas subseções deste capítulo serão apresentados os modelos de dados para o Cadastro 3D, tomando como base as informações cedidas pela Prefeitura Municipal do Recife-PE e os padrões internacionais LADM e CityGML, de acordo com a FIG (1995) e OGC (2012), respectivamente.

#### 4.2.1 Modelo de Análise

A partir das informações cadastrais, coletadas na PMR (ANEXO 2), foi possível elaborar um diagrama de classes inicial, ou seja, um Modelo de análise. Este modelo teve por objetivo organizar as informações que estavam disponíveis em meio analógico (papel) para que as mesmas visualizadas de forma clara e pudesse apoiar o desenvolvimento dos outros modelos.

O modelo de análise contém doze classes. São elas: *Proprietario*; *PessoaFisica*; *PessoaJurídica*; *RRR*; *Imovel*; *Quadra*; *Lote*; *Apartamento*; *Tributos*; *IPTU*; *TLP*; e *CIP*. A classe *Proprietario* (Figura 27) foi generalizada, pois as informações do cadastro coletadas não possuíam informações suficientes para gerar todas as regras de negócio no modelo. A mesma possui ligação com as classes “Imóvel” e “RRR”.

Figura 27: Classe Proprietario



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

A classe *Imovel* refere-se ao Edifício ou Casa construída. Para tanto, houve a necessidade de criar uma classe chamada *Apartamento* que contém características distintas de uma casa, como por exemplo, o atributo *AreaTotalComum* e *AreaTotalPrivada*.

Outra classe criada foi *Tributos*, que tem por objetivo generalizar todos os tributos cobrados para aquele determinado imóvel. Sendo assim foram criadas, classes distintas para os diversos tipo de tributos criados no município: *IPTU* referente ao Imposto Territorial e Predial Urbano (IPTU); *TLP* referente a Taxa de Limpeza Pública (TLP); e a *CIP* referente a contribuição de Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP). A classe *Tributos*, no entanto, tem multiplicidade 0..\* com o imóvel, uma vez que o mesmo pode ser isento (como no caso de prédios para Instituição Pública) ou pode ter vários tributos ligados ao mesmo Imóvel (apartamento).

Além das classes, também foram criados algumas *CodeLists* <<exemplo>>. Estes são referentes ao tipo (*type*) de alguns atributos. Como no caso do atributo *TipodeEmpreendimento*, demonstrado na Figura 28.

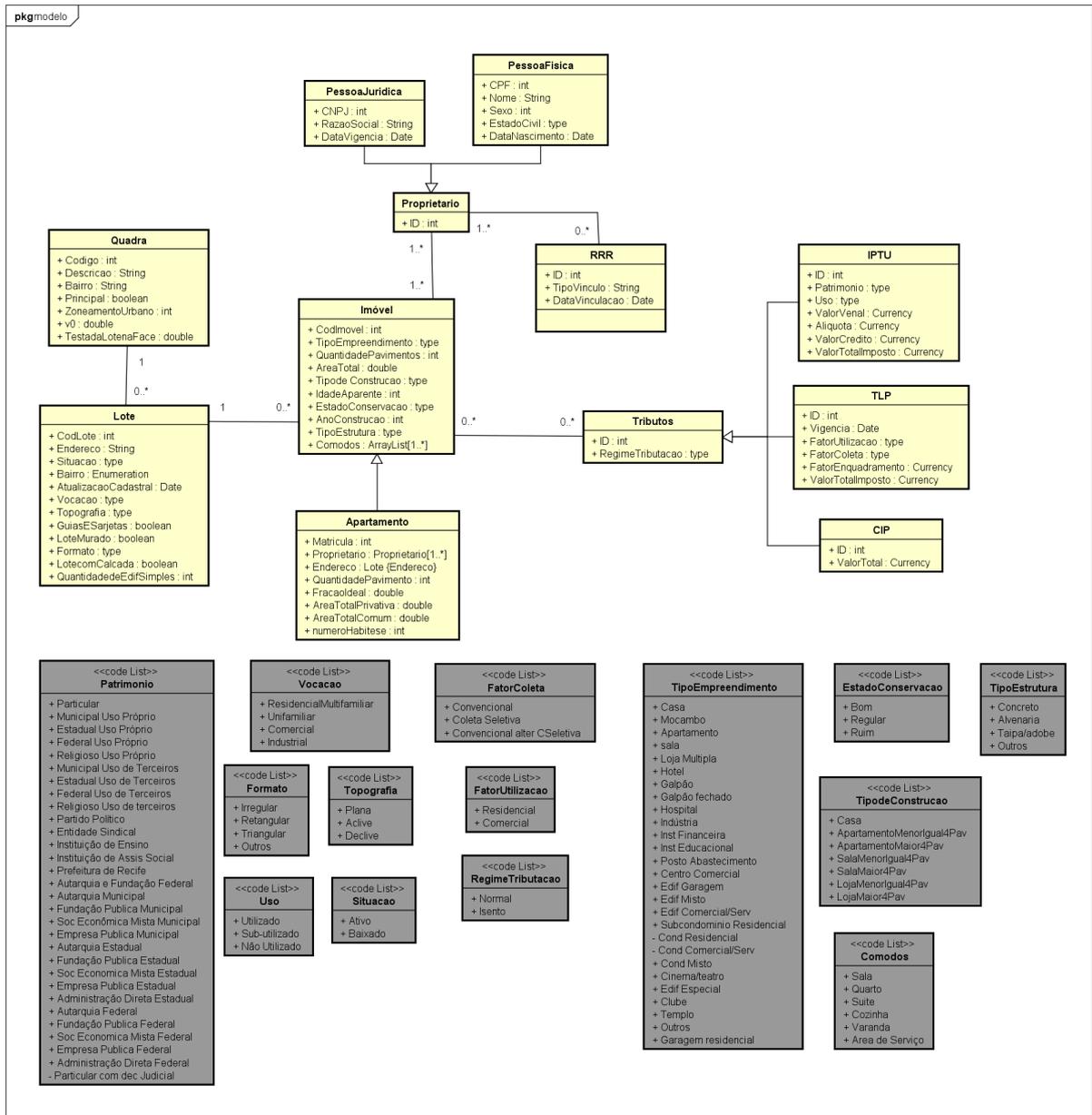
Figura 28: Exemplo *CodeList* Tipo de Empreendimento

<b>&lt;&lt;code List&gt;&gt; TipoEmpreendimento</b>
+ Casa
+ Mocambo
+ Apartamento
+ sala
+ Loja Multipla
+ Hotel
+ Galpão
+ Galpão fechado
+ Hospital
+ Indústria
+ Inst Financeira
+ Inst Educacional
+ Posto Abastecimento
+ Centro Comercial
+ Edif Garagem
+ Edif Misto
+ Edif Comercial/Serv
+ Subcondominio Residencial
- Cond Residencial
- Cond Comercial/Serv
+ Cond Misto
+ Cinema/teatro
+ Edif Especial
+ Clube
+ Templo
+ Outros
+ Garagem residencial

Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Sendo assim a Figura 29 a seguir, mostra o Modelo de Análise criado.

Figura 29: Modelo de Análise



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

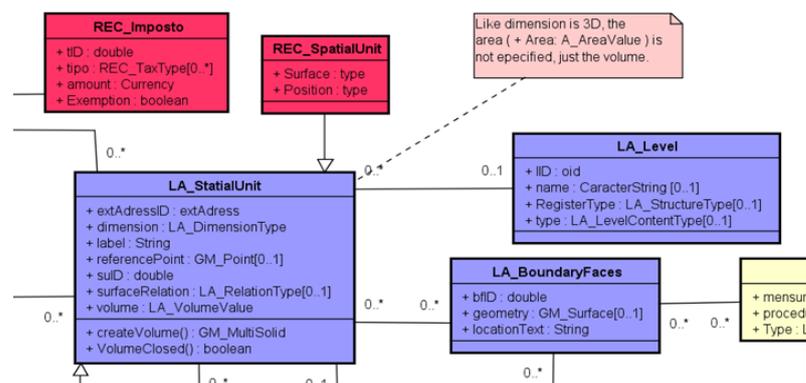
Para melhor entendimento, foram criadas tabelas contendo os metadados (descrição dos dados) de cada classe deste modelo (Apêndice B).

#### 4.2.2 Modelo LADM 3D

Após a elaboração do modelo de análise, descrito no capítulo anterior, criou-se um modelo baseado na norma ISO19152 voltado ao cadastro 3D. Para melhor entendimento do modelo, foram atribuídas cores distintas. Assim, o verde representa a classe *LA\_Party*, o amarelo para *LA\_RRR*, o azul para a classe *SpatialUnit* e o vermelho as classes referente ao município do Recife, todas recebendo a nomenclatura inicial *REC*.

Como contextualizado na seção 2, a norma do LADM prevê algumas classes e atributos fundamentais para um modelo de dados voltado ao Cadastro 3D. Dentre eles podemos citar a declaração do atributo *Volume* em detrimento a *Area* (Figura 30).

Figura 30: Atributo Volume na classe *LA\_SpatialUnit*

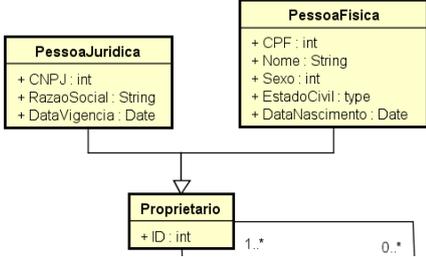
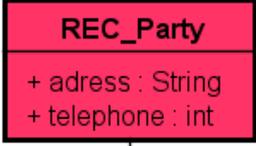
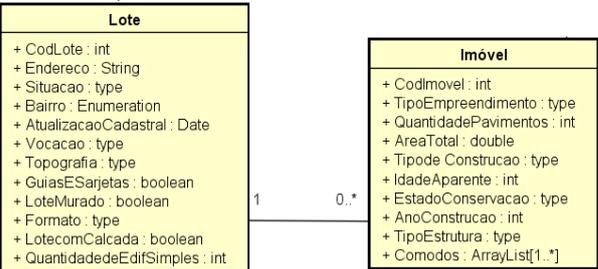
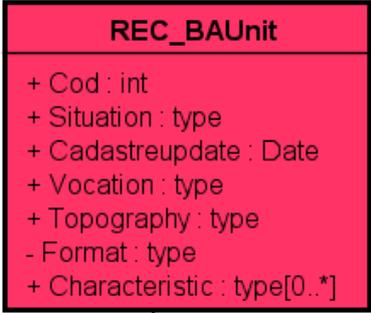
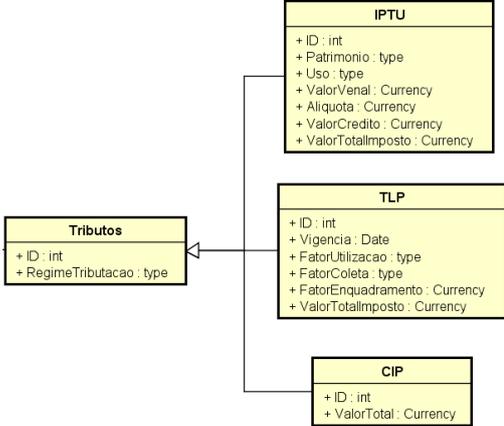
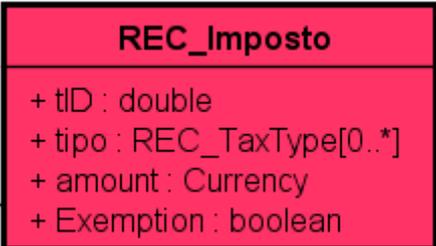
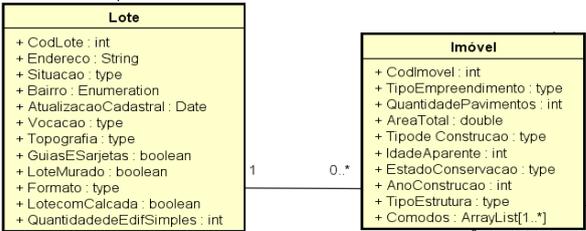
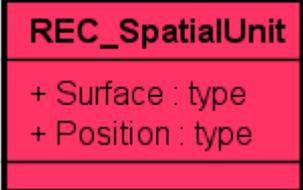


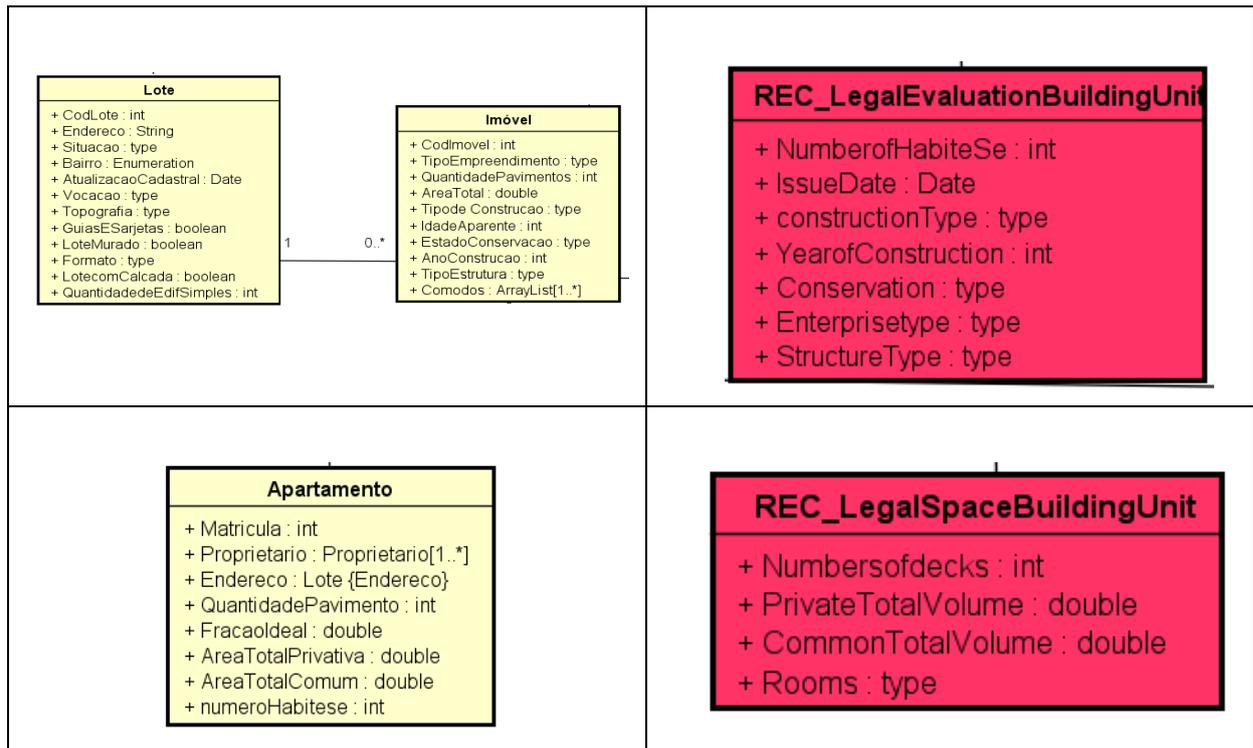
Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Outra característica importante na modelagem do cadastro 3D são as classes *BoundaryFaceString* e *BoundaryFace* contempladas neste modelo, com o atributo *geometry* sendo *GM\_MultiCurve* e *GM\_Surface*, respectivamente.

Além destes, outros atributos próprios do sistema cadastral do Recife, necessitaram serem acrescentados ao Modelo LADM 3D e eles podem ser percebidos através das classes: *REC\_Party*; *REC\_BAUnit*; *REC\_Imposto*; *REC\_SpatialUnit*; *REC\_LegalSpaceBuildingUnit*; *REC\_LegalEvaluationBuildingUnit* (Quadro 3).

Quadro 3 – Comparativo de classes: Modelo de análise x Modelo LADM 3D

Modelo de Análise (Classes)	Modelo LADM 3D (Classes correspondentes)
 <pre> classDiagram     class PessoaJuridica {         + CNPJ : int         + RazaoSocial : String         + DataVigencia : Date     }     class PessoaFisica {         + CPF : int         + Nome : String         + Sexo : int         + EstadoCivil : type         + DataNascimento : Date     }     class Proprietario {         + ID : int     }     PessoaJuridica -- &gt; Proprietario     PessoaFisica -- &gt; Proprietario     Proprietario "1..*" -- "0..*"         </pre>	 <pre> classDiagram     class REC_Party {         + address : String         + telephone : int     }         </pre>
 <pre> classDiagram     class Lote {         + CodLote : int         + Endereco : String         + Situacao : type         + Bairro : Enumeration         + AtualizacaoCadastral : Date         + Vocacao : type         + Topografia : type         + GuiasESarjetas : boolean         + LoteMurado : boolean         + Formato : type         + LotecomCalcada : boolean         + QuantidadedeEdifSimples : int     }     class Imovel {         + CodImovel : int         + TipoEmpreendimento : type         + QuantidadePavimentos : int         + AreaTotal : double         + Tipode Construcao : type         + IdadeAparente : int         + EstadoConservacao : type         + AnoConstrucao : int         + TipoEstrutura : type         + Comodos : ArrayList[1..*]     }     Lote "1" -- "0..*" Imovel         </pre>	 <pre> classDiagram     class REC_BAUnit {         + Cod : int         + Situation : type         + Cadastreupdate : Date         + Vocation : type         + Topography : type         - Format : type         + Characteristic : type[0..*]     }         </pre>
 <pre> classDiagram     class Tributos {         + ID : int         + RegimeTributacao : type     }     class IPTU {         + ID : int         + Patrimonio : type         + Uso : type         + ValorVenal : Currency         + Aliquota : Currency         + ValorCredito : Currency         + ValorTotalImposto : Currency     }     class TLP {         + ID : int         + Vigencia : Date         + FatorUtilizacao : type         + FatorColeta : type         + FatorEnquadramento : Currency         + ValorTotalImposto : Currency     }     class CIP {         + ID : int         + ValorTotal : Currency     }     Tributos &lt; -- IPTU     Tributos &lt; -- TLP     Tributos &lt; -- CIP         </pre>	 <pre> classDiagram     class REC_Imposto {         + tID : double         + tipo : REC_TaxType[0..*]         + amount : Currency         + Exemption : boolean     }         </pre>
 <pre> classDiagram     class Lote {         + CodLote : int         + Endereco : String         + Situacao : type         + Bairro : Enumeration         + AtualizacaoCadastral : Date         + Vocacao : type         + Topografia : type         + GuiasESarjetas : boolean         + LoteMurado : boolean         + Formato : type         + LotecomCalcada : boolean         + QuantidadedeEdifSimples : int     }     class Imovel {         + CodImovel : int         + TipoEmpreendimento : type         + QuantidadePavimentos : int         + AreaTotal : double         + Tipode Construcao : type         + IdadeAparente : int         + EstadoConservacao : type         + AnoConstrucao : int         + TipoEstrutura : type         + Comodos : ArrayList[1..*]     }     Lote "1" -- "0..*" Imovel         </pre>	 <pre> classDiagram     class REC_SpatialUnit {         + Surface : type         + Position : type     }         </pre>



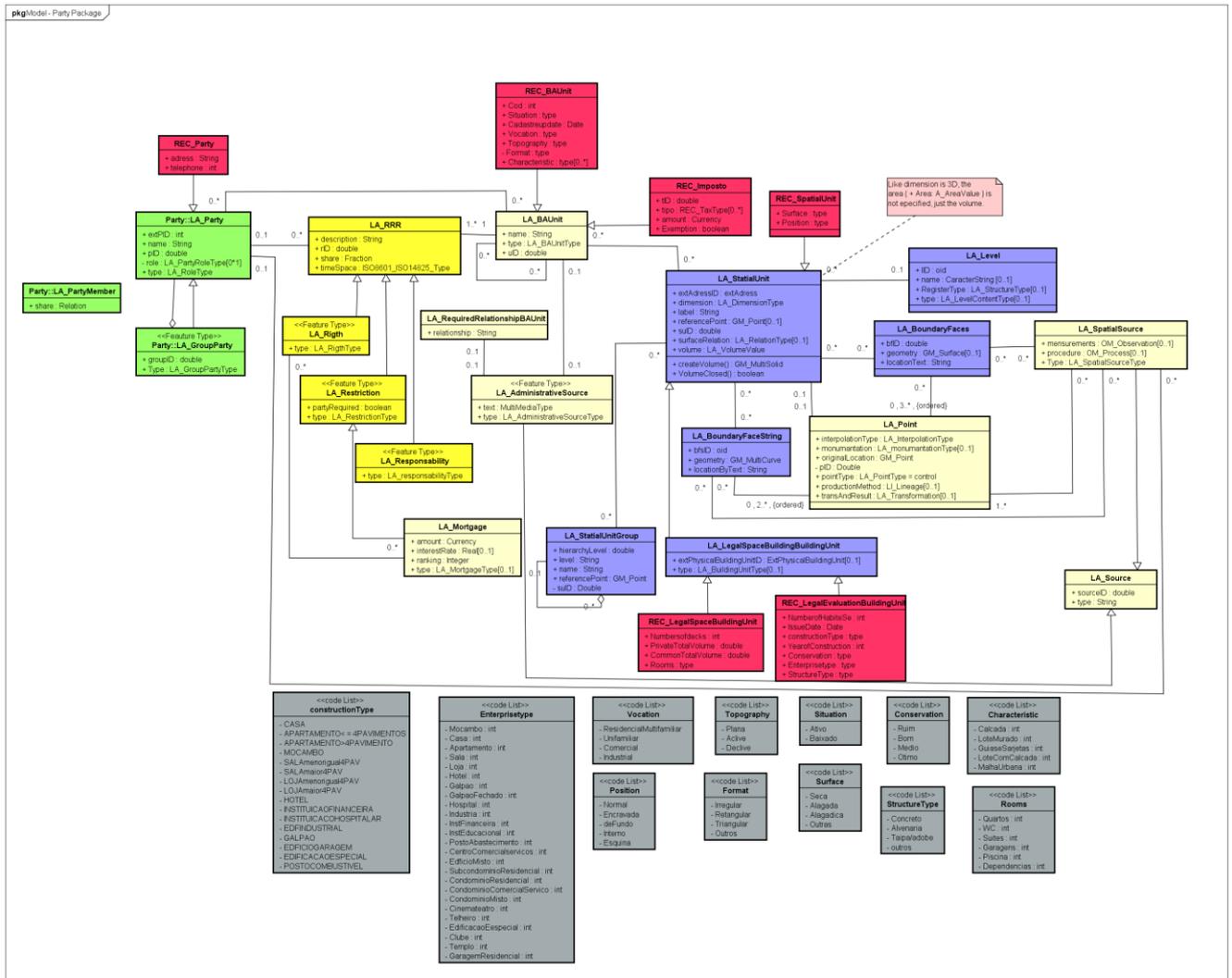
Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Todas estas classes correspondentes, apresentadas no Quadro 3, foram criadas e modeladas respeitando a norma e sua herança entre classes. Por isso, em algumas situações as mesmas classes do modelo de análise correspondem a diferentes classes no modelo LADM 3D. Como exemplo, podemos citar as classes *REC\_BAUnit* e *REC\_LegalEvaluationBuildingUnit* que herdam toda a regra de negócio das classes *LA\_BAUnit* e *LA\_SpatialUnit*, embora no modelo de análise pertençam as mesmas classes “Lote” e “Imovel”.

Além disso, os <<code List>> existentes no Modelo de Análise foram adaptados para o Modelo LADM 3D.

A Figura 31 a seguir e o Apêndice C mostram a versão final do Modelo LADM 3D.

Figura 31: Modelo LADM 3D

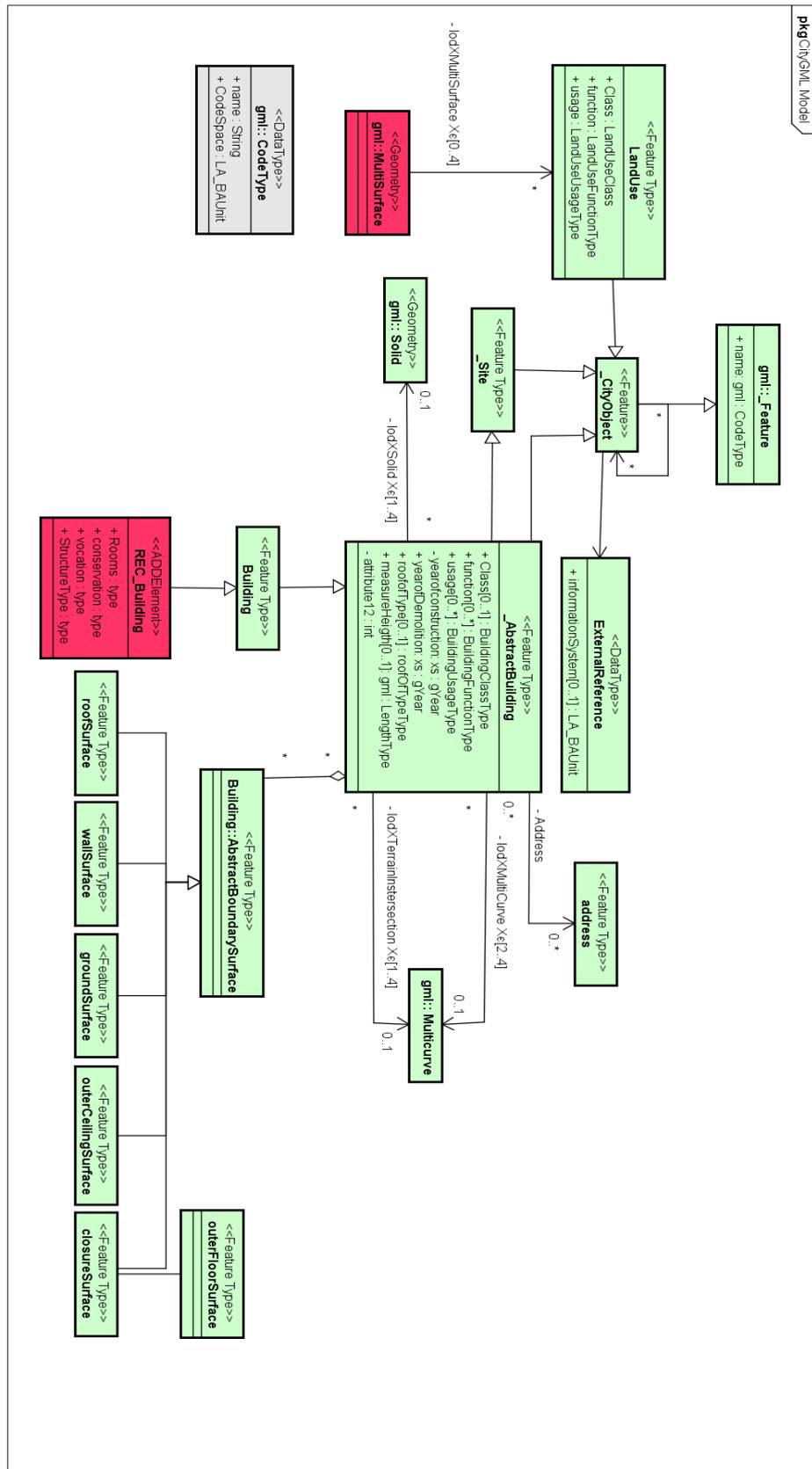


Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

### 4.2.3 Modelo CityGML

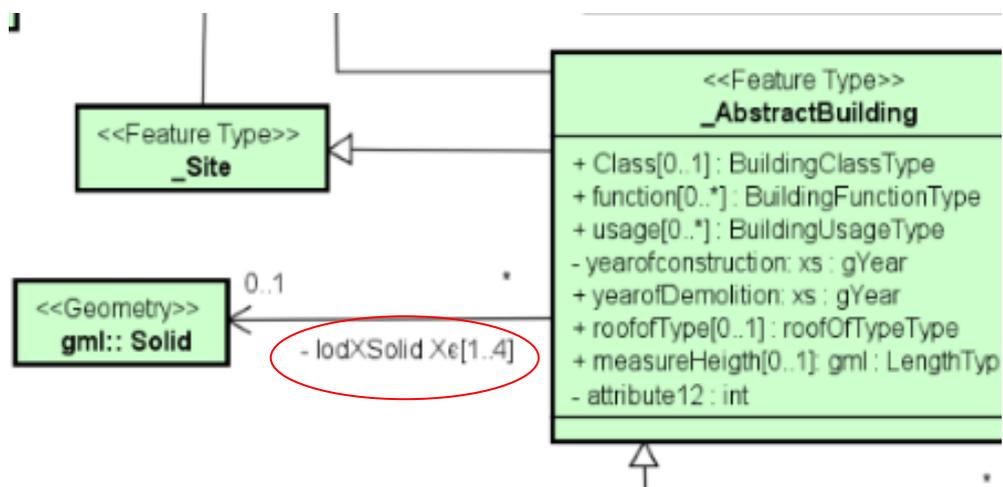
O próximo modelo a ser desenvolvido foi o Modelo CityGML. Sua modelagem foi toda realizada utilizando o pacote temático *AbstractBuilding* uma vez que o objeto territorial seja Edifício. Neste modelo, apenas a classe *REC\_Building* necessitou ser agregada, contendo atributos particulares da cidade (Figura 32).

Figura 32: Modelo CityGML ADE



É importante observar que o modelo, a partir das ligações entre as classes *\_AbstractBuilding /Solid* e *\_AbstractBuilding/ MultiCurve* há uma referência aos LoD. Ou seja, um Edifício podendo variar do LoD1 ao LoD 4 (Figura 33). O LoD 0 por sua vez não poderá ser utilizado pois se refere a um objeto bidimensional.

Figura 33: Variação dos LoDs na modelagem



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

#### 4.2.4 Modelo Integrado LADM 3D - CityGML

O modelo final integra os modelos gerados anteriormente. Esta integração do modelo *CityGML* ocorreu a partir das classes *REC\_BAUnit*, *REC\_LegalSpaceBuildingUnit* e com a *LA\_SpatialUnit* do LADM. Na Figura 34 e no Apêndice D, pode ser observado o modelo final.



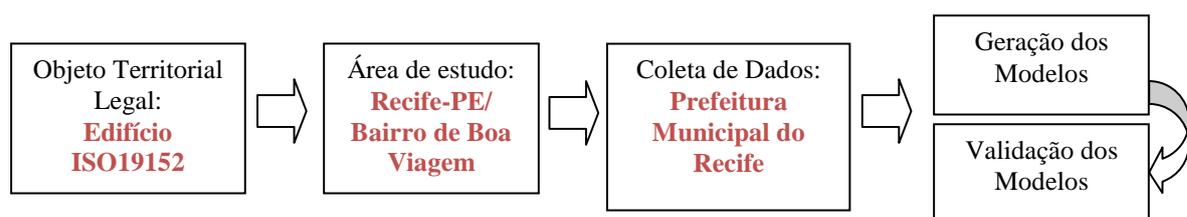
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para elaborar o modelo de dados é preciso levar em consideração os aspectos legais, técnicos e administrativos envolvidos para implantação do Cadastro 3D, para uma determinada localidade. Sendo assim, a padronização de conceitos e terminologias através da ISO 19152 do LADM para a representação tridimensional de objetos na superfície da terra torna-se uma importante ferramenta para otimizar o gerenciamento de informações espaciais dentro dos sistemas de administração territorial.

O CityGML, por sua vez, adotado pela OGC como padrão de dados para representação 3D, além de possibilitar a representação gráfica de texturas e materiais na superfície dos objetos, pode descrever muitas características geográficas. Compatível com o LADM, o CityGML pode, desta forma, ser integrado a modelagem 3D padronizada visando uma futura implementação.

Neste contexto, a pesquisa propôs uma metodologia de modelagem de dados para o cadastro 3D usando o LADM. Para tanto, foi necessário: a) definir um objeto territorial legal, bem como seus aspectos envolvidos; b) restringir uma área aplicável do modelo; c) coletar os dados (cartográficos, legais, cadastrais e outros); d) gerar os modelos de dados (Análise, LADM, CityGML e LADM-CityGML); e e) validar os modelos. A Figura 35 ilustra a metodologia proposta neste trabalho:

Figura 35: Fluxograma para elaboração Modelagem de Cadastro 3D



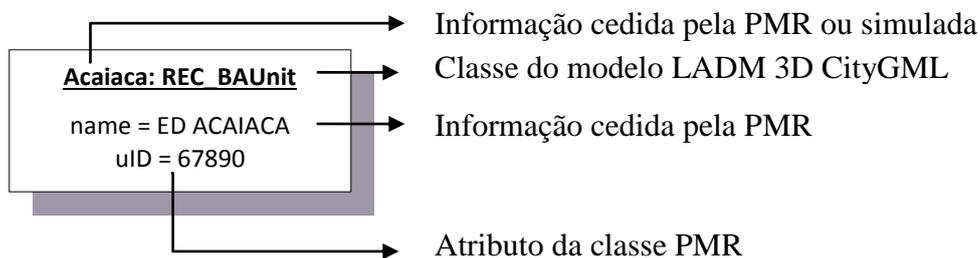
Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Para a validação do modelo final elaborado usando os dados espacializados e seus respectivos dados cadastrais de cada apartamento, seria necessária a utilização de um *software* capaz de importar dados do CityGML, como o *software* ArcGIS a partir da ferramenta 3DCIM na extensão *Data Interoperability*. Contudo, por ser um *software* proprietário e haver inviabilidade de aquisição da licença de uso para a extensão, o mesmo não pôde ser utilizado durante a pesquisa.

Sendo assim, a validação do modelo final LADM 3D - CityGML se deu a partir das classes criadas, respeitando a herança dos pacotes da ISO19152: *Party Package* (Pacote da Parte), *Administrative Package* (Pacote Administrativo) e *Spatial Package* (Pacote Espacial).

Para uma forma de apresentação, foram utilizados diagramas simplificados contendo o nome da classe e atributos variando conforme estudo (Figura 36).

Figura 36: Exemplo representação de classes para o diagrama simplificado



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

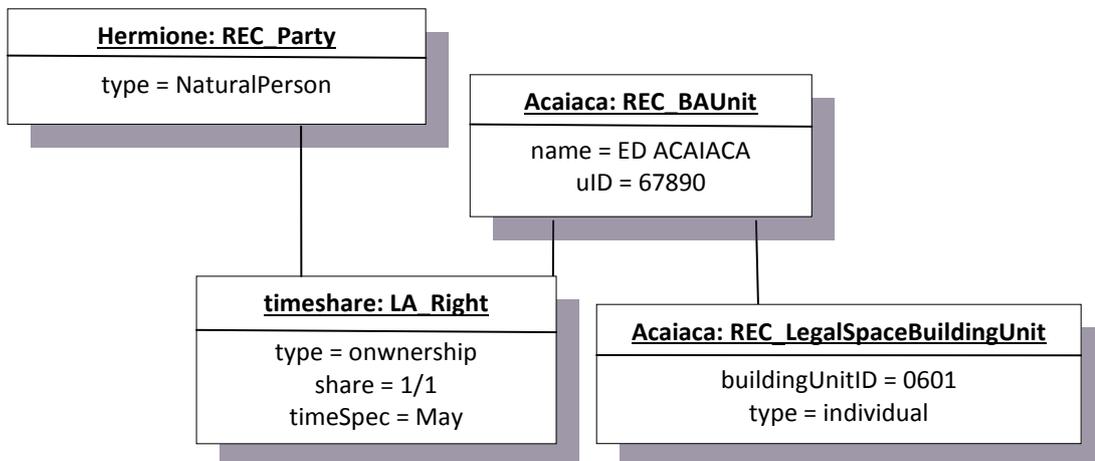
### 5.1. PARTY PACKAGE

O pacote party (*REC\_Party*) refere-se à pessoa que exerce direito sobre a parcela de terra. Esta classe possui informações como nome, tipo, endereço e código para identificação do proprietário dentro do banco de dados. Sendo assim, foi criada a classe *REC\_Party* contendo os atributos endereço (*address*) e telefone (*Telephone*) que não estavam descritos na norma, porém fazia parte cadastro na PMR.

De acordo com o setor responsável pelo cadastro, as informações de **Nomes** dos proprietários, **Inscrição Imobiliária** (código do apartamento/sala) e **Sequencial** (código do imóvel) não podem ser cedidas e, assim, foram usadas informações fictícias.

Baseando-se na demonstração da ISO (2012, p. 64), esse estudo de caso apresenta (Figura 37) a situação da parte “Hermione” (*Herminone: REC\_Party*) e sua relação de direito (*onwnership: REC\_Right*) com o imóvel “Acaiaca” (*Acaiaca: REC\_BAUnit*). Através da classe *Acaiaca: REC\_LegalSpaceBuildingUnit* apresenta-se o direito legal de uso da parcela (apartamento/sala) do tipo *individual*. Nesta classe o atributo *buildingUnitID* mostra o código da parcela, propriedade da parte.

Figura 37: Estudo de caso REC\_Party



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

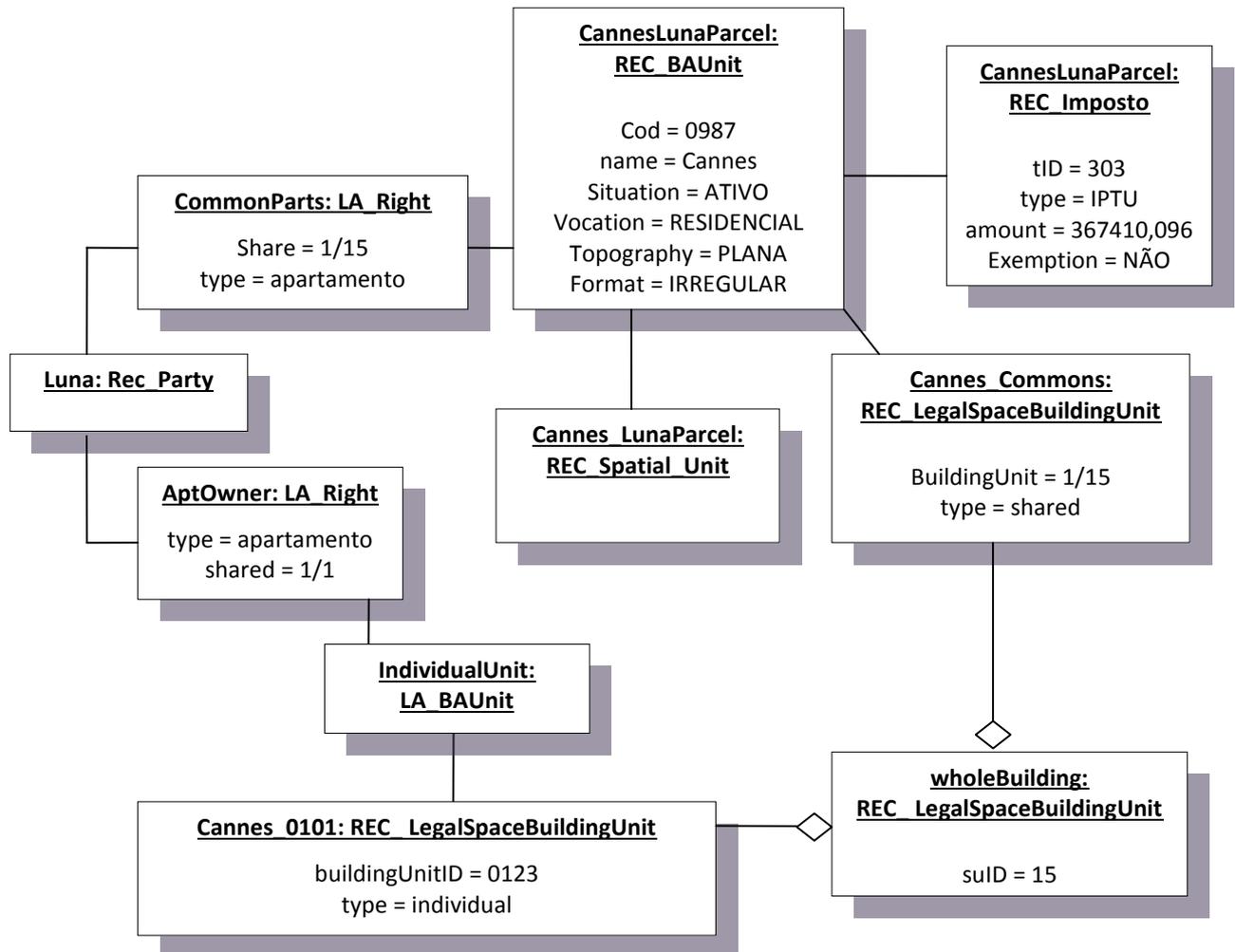
## 5.2. ADMINISTRATIVE PACKAGE

O pacote administrativo engloba as classes relacionadas à parcela (*BA\_Unit*) e aos direitos, restrições e responsabilidades (*RRRs*).

Com isso, no modelo foram criados duas classes importantes para atender a necessidade do cadastro no município. São elas: *REC\_BAUnit* e *REC\_Imposto*. Estas classes se relacionam por generalização com a classe *LA\_BAUnit*, do LADM. Ou seja, a classe-mãe (*LA\_BAUnit*) herdará todos os atributos modelados das classes-filhas “REC\_”.

Para a classe relacionada aos *RRRs* foi mantida toda a regra de negócio estabelecida na ISO 19152, pois era satisfatório para este trabalho.

Neste estudo de caso há uma demonstração pelo diagrama que envolve a propriedade do apartamento de “Luna”, descrita logo após o diagrama em sequência (Figura 38).

Figura 38: Estudo de caso *REC\_BAUnit* e *REC\_RRR*

Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

A partir da classe *AptOwner:LA\_Right* o atributo *type* define o tipo da parcela, neste caso: apartamento. Para tanto, mais duas outras classes são associadas à Parte como sendo do tipo individual e qual o apartamento que pertence legalmente a Luna (*Cannes\_0101: REC\_LegalSpaceBuildingUnit*): apartamento 101.

A classe *CommonParts:LA\_Right* refere-se a direito compartilhado (*share = 1/15*) por Luna com os demais proprietários do prédio.

As classes que definem as características do imóvel e mantém o relacionamento com as demais classes do modelo são: *REC\_BAUnit* e a *REC\_Imposto*. Assim, estas também são

apresentadas no diagrama de acordo com as informações cedidas pela prefeitura do Recife para o apartamento de Luna.

Para a classe *REC\_Imposto*, foi necessário simular um tipo de imposto, neste caso optou-se pelo IPTU. Dentre os atributos existentes nesta classe, o *Amount* representa o valor do imposto a ser cobrado. Porém, dentre as informações cedidas pela PMR, não há o valor do IPTU cobrado, apenas o valor venal do imóvel.

Tabela 1 – Alíquotas Recife

Valor Venal	Alíquotas	
	Residencial	Não-residencial
Até R\$ 17.631,21	0,60%	1,00%
Acima de R\$ 17.631,21 até R\$ 65.588,10	0,80%	1,25%
Acima de R\$ 65.588,10 até R\$ 153.038,90	1,00%	1,50%
Acima de R\$ 153.038,90 até R\$ 349.097,95	1,20%	1,75%
Acima de R\$ 349.097,95	1,40%	2,00%

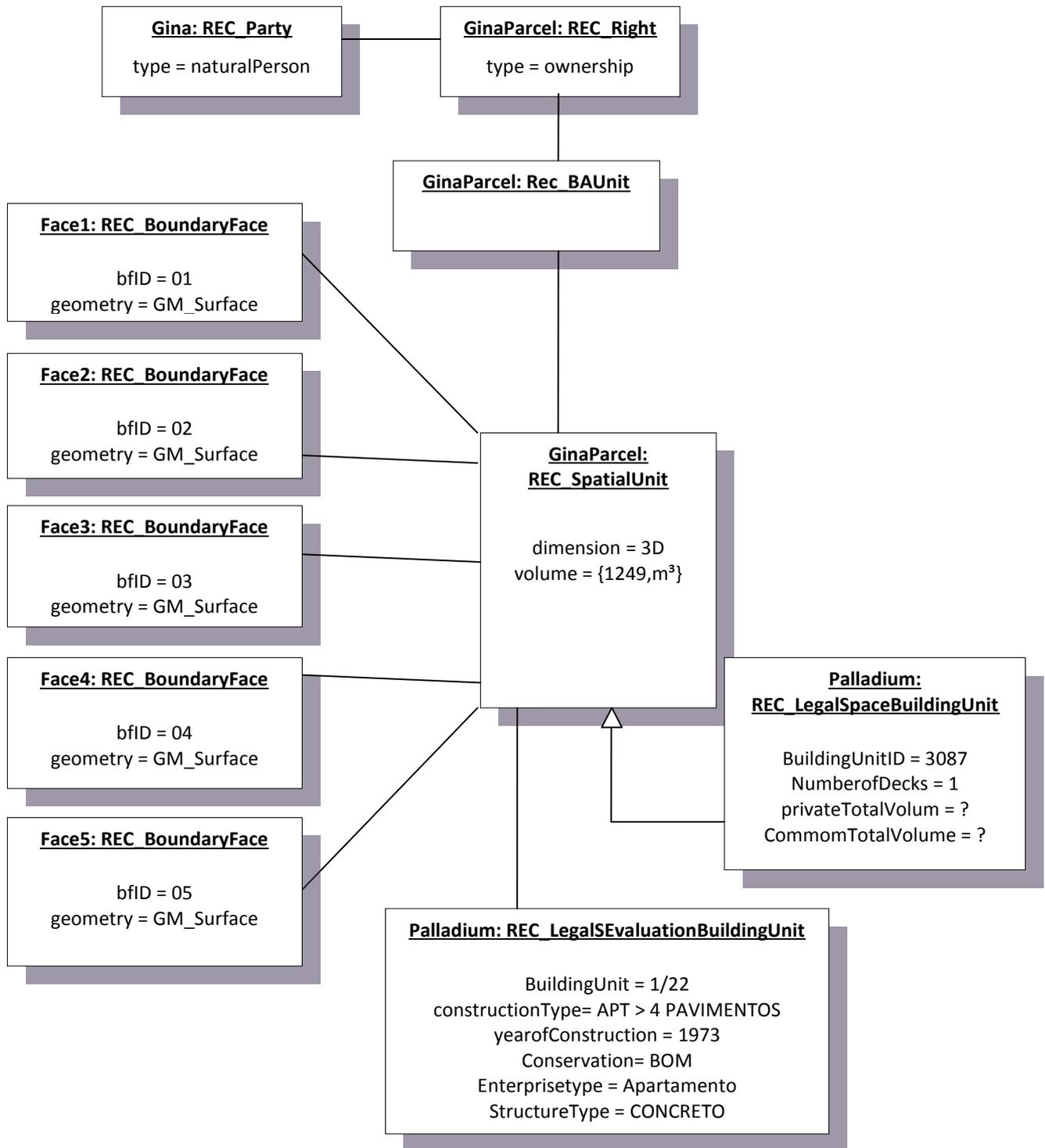
Fonte: Recife (1991)

Sendo assim, para calcular o imposto foi necessário consultar o Código Tributário do Município (Lei n.º 15.563, de 27 de dezembro de 1991) e consultar o valor da alíquota aplicada ao caso Luna. Sabendo-se que o valor venal do imóvel é de R\$ 306.175,08 e que o mesmo é residencial, então a alíquota aplicada foi de 1,20% (Tabela 1) e também é apresentada a seguir.

### 5.3. SPATIAL PACKAGE

O *Spatial Package* tem como classe principal o *REC\_SpatialUnit*. Nele são descritos as características espaciais do imóvel. Para o caso de estudo deste pacote, aparece representado no diagrama o imóvel de “Gina” que possui direito de propriedade sobre o mesmo (Figura 39).

Figura 39: Estudo de caso *REC\_SpatialUnit*

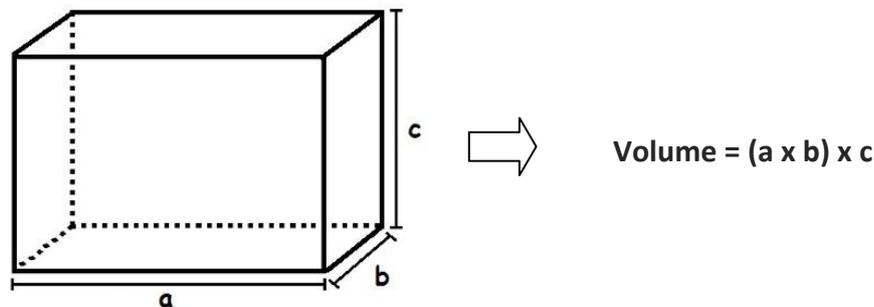


Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

Conforme explicado ao longo do trabalho, para o Cadastro 3D é necessário representar os objetos da superfície da terra em três dimensões. Sendo assim, a *GinaParcel: REC\_SpatialUnit* apresenta o atributo *dimension = 3D* e *volume* do imóvel (ao invés do atributo *Area*, referente ao Cadastro 2D).

Como a PMR não tem a informação do volume do imóvel, o mesmo foi calculado a partir da equação  $AREA (a \times b) \times ALTURA (c)$ , apresentados na Figura 40. A altura foi extraída da média da altura total do Edifício pelo número de pavimentos. Assim, os dados puderam ser apresentados no diagrama.

Figura 40: Figura geométrica de referência para obtenção do volume



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

A representação real do objeto 3D se dá através das classes *REC\_BoundaryFace*, associada a classe principal. Neste caso apresentado têm-se cinco classes, representando cada face do objeto: *Face1: REC\_BoundaryFace*; *Face2: REC\_BoundaryFace*; *Face3: REC\_BoundaryFace*; *Face4: REC\_BoundaryFace*; e *Face5: REC\_BoundaryFace*. Todas elas contém o atributo de identificação e a geometria, que de acordo com o estudo realizado no capítulo 2.3, deve ser o *GM\_Surface*.

As classes *Palladium:REC\_LegalSpaceBuildingUnit* e *Palladium:REC\_LegalEvaluationBuildingUnit* se relacionam com a classe *REC\_SpatialUnit* por generalização.

A *Palladium:REC\_LegalSpaceBuildingUnit* apresenta quatro atributos. Os dois primeiros são do identificador e da quantidade de pisos do imóvel. Os outros atributos referem-se ao volume comum e ao volume privado do imóvel (no prédio). Neste caso, o diagrama não fornece o volume, visto que no sistema cadastral da PMR não há essa distinção.

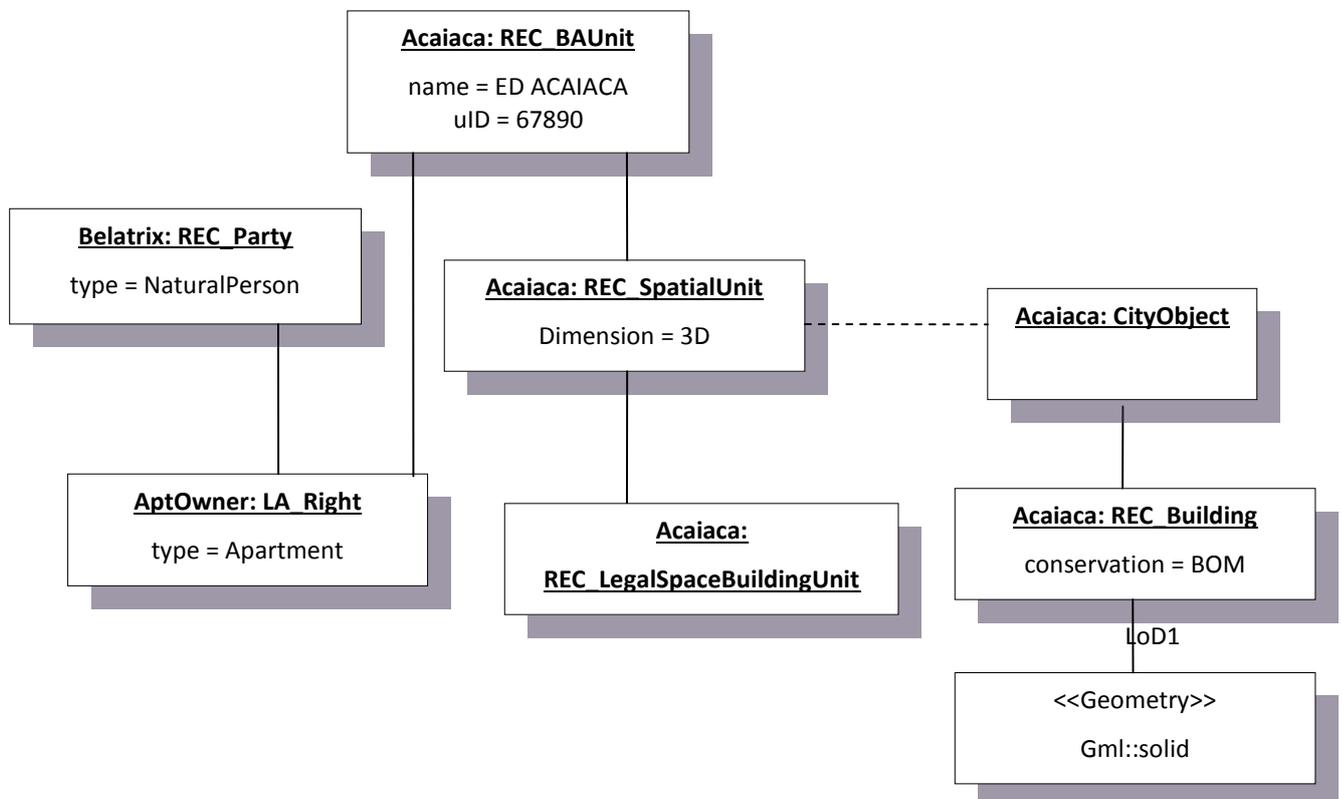
Já a classe *Palladium:REC\_LegalEvaluationBuildingUnit* mostra as informações de tipo de construção, ano de construção, estado de conservação, tipo de empreendimento (imóvel) e tipo de estrutura, através dos atributos *constructionType*, *YearofConstruction*, *Conservation*, *Enterprisetype* e *StructureType*, respectivamente. Nesta classe também deveria ser apresentada a autorização dada por órgão municipal para a permissão de ocupação do imóvel (Habite-se), porém esta informação não foi cedida pela prefeitura municipal do Recife.

#### 5.4. CITYGML (*REC\_BUILDING*)

A representação espacial proposta pela pesquisa é mostrada a partir da modelagem utilizando o padrão CityGML e sua integração com o LADM.

Para tanto, esta subseção, mostra o diagrama simplificado onde a parcela 3D do Edifício Acaiaca (associação *Acaiaca: REC\_BAUnit* e *Acaiaca: REC\_SpatialUnit*) relacionando-se com a classe *CityObject*, modelada anteriormente na subseção 4.2.3 e 4.2.4.

Figura 41: Estudo de caso *REC\_Building*



Fonte: Elaborado pela Autora (2016)

A associação de dependência segue a mesma desenvolvida do modelo, sendo o único tipo de relacionamento entre classes que não se apresenta por associação. Portanto aparece no diagrama simplificado como uma linha tracejada ligando as classes *Acaiaca: REC\_SpatialUnit* e *Acaiaca: CityObject*.

É importante observar que neste caso o atributo de conservação (*conservation*) estará apresentado na classe temática do *Acaiaca: REC\_Building*, diferindo da Figura 39 (subseção 5.3, p. 75), representado na classe *LegalEvaluationBuildingUnit*. Isto ocorre porque quando se utiliza o CityGML, informações como ano de construção, estado de conservação, entre outros semelhantes, devem ser modelados na classe temática, proporcionando a otimização do modelo e, por consequência, o futuro desenvolvimento do sistema.

Seguindo a mesma tendência de otimização do modelo, também nesse caso de estudo, o objeto do tipo sólido, na classe *Acaiaca: REC\_Building*. Este objeto pode portanto variar LoD1 ao LoD4 e no diagrama, aparece simulado como LoD1, uma vez que é suficiente para o Cadastro 3D.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa desenvolvida abordou um tema bastante relevante ressaltando a necessidade de implantação do Cadastro 3D face a atual e recorrente utilização do cadastro territorial em sua forma bidimensional. Neste sentido, enfatizou-se que as grandes cidades e metrópoles, em especial, implicam numa maior urgência de atenção para as possibilidades de implantação do Cadastro 3D.

É sabido que o cadastro territorial utiliza-se de diversos aspectos, sejam eles técnicos jurídicos e administrativos a fim de obter um melhor gerenciamento do uso da terra. Para tanto, a implantação do Cadastro 3D também se utiliza destes aspectos de modo a aprimorar e representar o mundo real.

Na seção referente ao aspecto técnico foi exposto o quão significativo é a obtenção de informações cadastrais através de métodos específicos de levantamento. Para o Cadastro 3D, no entanto, o avanço da tecnologia foi fundamental para obtenção das informações, a fim de garantir, além dos limites de parcelas na superfície, o direito de propriedade sobre as superfícies aéreas (redes de eletricidade, edifícios, etc.) e subterrâneas (Redes de esgoto, rede de transporte, etc.), definidos e representados.

Quanto ao aspecto legal destacou-se que a parcela (menor unidade territorial) e seus

limites são definidos pelos Códigos Civis, nos diferentes países. Para o Cadastro 3D deve-se, portanto, armazenar e produzir informações sobre estas parcelas (3D), fornecer subsídios aos legisladores para a descrição dos objetos territoriais e determinar suas interseções no espaço 3D, a fim de gerar informação territorial útil para a definição de políticas do solo urbano.

No aspecto administrativo, discutiu-se sobre seu papel na implantação do Cadastro 3D. Para tanto, a pesquisa também aborda a importância da regulamentação da propriedade de forma ampla, ou seja, englobando espaço aéreo e subsolo, para que a administração pública de posses dessas informações seja capaz de gerenciar cada vez melhor o espaço territorial, auxiliando à tomada de decisões e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Foi possível constatar que, como em outros países, a legislação brasileira também prevê direitos e restrições mais abrangentes do que o direito de superfície, como o direito de propriedade no Código Civil, o direito de exploração mineral, além de restrições de caráter urbanístico, ambiental, entre outras. Estes casos correspondem à situações nas quais o Cadastro 3D é capaz de aperfeiçoar a administração territorial. Nesse contexto, o objeto territorial legal (OTL) Edifício foi utilizado como foco de estudo por estar cada vez mais presente no espaço urbano brasileiro, necessitando de um controle mais eficiente das informações correspondentes.

Durante a pesquisa mostrou-se que na administração territorial é importante existir um domínio de conceitos e terminologias. Para tanto, faz-se necessário o uso da ISO 19152, referente ao LADM. Do ponto de vista técnico, a modelagem do cadastro 3D apresenta uma complexidade que exige a utilização ou o desenvolvimento de programas mais especializados. Nesse sentido, a ISO 19152 (LADM) orienta, através da padronização de conceitos e terminologias, a geração de modelagens que atendam às necessidades do Cadastro 3D.

O estado da arte mostrou que diversos países e pesquisadores tem testado a adaptação dos seus respectivos sistemas de administração territorial a partir do uso do LADM 3D. Assim, este estudo buscou apresentar uma visão geral das possibilidades técnicas, mais especificamente, da exploração da integração do CityGML com os padrões do LADM, com o intuito de contribuir com os estudos referentes à modelagem do cadastro 3D no Brasil.

O modelo CityGML prevê a implementação de um padrão de dados que garanta o armazenamento, representação e manipulação das informações cadastrais 3D em diversos sistemas, por ser interoperável. Dentre os *softwares* que já conseguem importar este formato, o trabalho mostrou o ArcGIS.

De maneira geral, esta pesquisa mostrou-se pioneira no Brasil, no que diz respeito a modelagem dos dados voltados pra o Cadastro 3D com base no LADM tendo como objeto de

estudo os Edifícios. Para tanto, foi utilizada uma área de estudo no Bairro de Boa Viagem, no município de Recife, onde foram coletadas as informações cartográficas e cadastrais dos apartamentos através dos órgãos competentes.

Posteriormente, foram criados os modelos de dados utilizando linguagem UML.

No modelo final chamado de Modelo LADM 3D – CityGML, foram integrados os modelos LADM 3D e CityGML para o município de Recife, levando em consideração seus aspectos envolvidos, respeitando os pacotes *Party*, *Administrative* e *Spatial Unit* do LADM e o módulo temático *\_AbstractBuilding* do CityGML. Como nomenclatura padrão foi adotada a *REC*, representando as primeiras letras do município.

Através da classe *REC\_SpatialUnit*, o atributo *dimension* indica se o objeto refere-se a um objeto 2D ou uma unidade espacial 3D. Outras classes significativas para a modelagem 3D e que encontram-se presentes são as classes *BoundaryFace* e *BoundaryFaceString*. Representando o módulo temático do CityGML, a classe *REC\_Building* encontra-se associada a *SpatialUnit* e tem sua geometria do tipo *solid*.

Para as outras classes existentes no modelo foram utilizadas as informações coletadas do sistema cadastral da PMR. Dentre elas, a classe *REC\_Imposto* que pode variar quanto ao tipo, local e taxa de isenção.

Após gerar o modelo final, foram utilizadas algumas informações dos proprietários dos apartamentos (cedidos pela prefeitura), excluindo o nome real e inscrição imobiliária dos mesmos, para validação do modelo.

Para este estudo, a validação por meio de diagramas simplificados torna a o estudo do modelo mais didático e compreensivo.

A validação da proposta da modelagem utilizando os conceitos de Cadastro 3D, os padrões do LADM e a ferramenta do CityGML demonstram a sua aplicação ao cadastro de edifícios em situações similares ao cadastro do Município de Recife-PE. Assim, uma contribuição relevante desta pesquisa é a verificação da adequação desses instrumentos ao cadastro urbano brasileiro.

Tendo como base o estudo realizado e nos desenvolvimento dos modelos, recomenda-se:

- A implementação do modelo LADM 3D para que possa identificar possíveis lacunas e investigar outras situações para o caso;
- A implementação do modelo integrado com o CityGML, a fim de testar a interoperabilidade do novo padrão de dados proposto por avariados *softwares*;
- Desenvolvimento de novos modelos de dados 3D que atendam outras necessidades, previstas na legislação brasileira para Terrenos de Marinha, Terrenos Reservados, Servidão, Reserva Legal, Área de Preservação Permanente, Direitos de Mineração e/ou Restrições Aeronáuticas (descritas no capítulo 2.2.);
- Desenvolvimento de novos modelos integrados ao CityGML que utilizem os demais módulos temáticos, como transporte, vegetação, etc. (descritos no capítulo 3).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14166 - Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimentos. 1998
- AUFMANN, J., STEUDLER, D. *Cadastré 2014 – A Vision for a Future Cadastral System*. FIG, Commission 7, p. 51, July 1998.
- ARAÚJO, Adolfo Lino de. **Cadastró 3D no Brasil a partir de varredura a Laser (laser scanning)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.
- ARRUDA, Anna Karla Trajano de. **Preservação e Gestão do Patrimônio construído: a contribuição do Heritage Information System**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.
- BENHAMU, Moshe; DOYTSHER, Yerach. *Toward a spatial 3D cadastre in Israel*. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 27, p. 359-374, 2003.
- 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, p. 1-15. 2014.
- BRASIL. Lei 10.267, de 28 de agosto de 2001.
- BOETERS, R., ARROYO Otori, K., BILJECKI, F., ZLATANOVA, S. *Automatically enhancing CityGML LOD2 models with a corresponding indoor geometry*. *International Journal of Geographical Information Science*. 2015.
- CARNEIRO, A.F.T.; ERBA, D.A.; AUGUSTO, E.A.A. **Cadastró Multifinalitário 3D: Conceitos e Perspectivas de Implantação no Brasil**. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 64, n.2, p. 257-271. 2012.
- CHONG, C.S. *Towards a 3D Cadastre in Malaysia: An Implementation Evaluation*. MSC thesis. TU Delf. Geographical Information Management and Applications, Delft, Holanda. 2006.
- COSTA, Carlos Alberto. **A aplicação da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) para o suporte ao projeto de sistemas computacionais dentro de um modelo de referência**. *Gestão e Produção*, v. 8, n.1, p.19-36, Abr. 2001.
- COSTA, Monica Ferreira da; ARAUJO, Maria C. B. de; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SOUZA, Stella T. de. **Verticalização da Praia da Boa Viagem (Recife, Pernambuco) e suas Consequências Sócio-Ambientais**. *Revista da Gestão Costeira Integrada*. Recife-Pernambuco, p. 234-245, 5 de Novembro de 2008.
- ENGEFOTO. **Plano de Trabalho para Geração de Volumetria**. Contrato Nº 071/2012. Recife, 2014.

ESPÍNDOLA, Evandro C. **A importância do Modelagem de Objetos no Desenvolvimento de Sistemas.** Disponível em: < <http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/1293/a-importancia-do-modelagem-de-objetos-no-desenvolvimento-de-sistemas.aspx#ixzz4EnBeOMDJ>>. Acesso em: 17 de julho de 2016.

ESRI. Esri Support For Geospatial Standards: OGC and ISO/TC211. Califórnia. 2015.

HO, S., RAJABIFARD, A., STOTER, J., KALANTARI, M. **Legal Barriers to 3D Cadastre Implementation: What is the issue.** *Land Use Policy* Vol. 35, p. 379-387, 2013.

ISO/TC211, 2012. *Geographic information/Geomatics and Geographic information - Land Administration Domain Model (LADM)*, ISO/TC211, 2012.

FELUS, Yaron. BARZANI, Shimon. CAINE, Alisa. BLUMKINE, Nimrod. VAN OOSTEROM, Israel and Peter. **Steps towards 3D Cadastre and ISO 19152 (LADM) in Israel.** 4th International Workshop on 3D Cadastres. 9-11 de novembro de 2014, Dubai, Emirados Árabes.

JEONG, Dong-Hoon; JANG, Bong-Bae; LEE, Ji-Yeong; IL HONG, So; VAN OOSTEROM, Peter; DE ZEEUW, Kees; STOTER, Jantien; LEMMEN Christiaan; e ZEVENBERGEN, Jaap. **Initial Design of an LADM-based 3D Cadastre – Case Study from Korea.** *3th International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices.* China. 2012.

GÓZDŹ ,Katarzyna; PACHELSKI Wojciech; OOSTEROM , Peter van; COORS , Volker. **The Possibilities of Using CityGML for 3D Representation of Buildings in the Cadastre.** 4th International Workshop on 3D Cadastres. 9-11 de novembro de 2014, Dubai, Emirados Árabes.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Rio de Janeiro. 2010.

NAVRATIL, Gerhard & UNGER, Eva-Maria. **Height Systems for 3D Cadastres.** *Computers, Environment and Urban Systems.* Março de 2013.

NÓBREGA, Flávia Dantas da. **O processo de verticalização e a (re)produção da cidade: um estudo do bairro de Manaíra em João Pessoa, Paraíba.** 2011. 177 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB. 2011.

OOSTEROM, P. J. M. LEMMEM, C.H.J. UITERMARK, H.T. BOEKELO, G., VERKUIJL, G. **Land Administration Standardization with Focus on Surveying and Spatial Representation.** ESRI. 2011.

OGC-Open Geospatial Consortium, Inc. **CityGML UML Diagrams.** 2002-2012.

PAIXÃO, SILVANE K. S. NICHOLS, SUE e CARNEIRO, ANDREA F.T. **Cadastro Territorial Multifinalitário: Dados e problemas de implementação do convencional ao 3D e 4D.** UFPA - Curitiba, 2012.

POULIOT, Jacynthe e VASSEUR, Marc. **Terrestrial LiDAR Capabilities for 3D Data Acquisition (Indoor and Outdoor) in the Context of Cadastral Modelling: A Comparative Analysis for Apartment Units.** *4th International Workshop on 3D Cadastres. Dubai.* Nov. 2014.

PRANDI, F., AMICIS, R. de, PIFFER, S., SOAVE, M., CADZOW, S., GONZALEZ BOIX, E., D'Hont, E. **Using CityGML to Deploy Smart-City Services For Urban Ecosystems.** *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* Vol. XL-4/W1. London, United Kingdom, May 2013.

RECIFE. **Bairro de Boa Viagem. Prefeitura Municipal do Recife.** Disponível em: < <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/boa-viagem> > . Acesso em: 2 de maio de 2016.

RECIFE. **Lei n.º 15.563**, de 27 de dezembro de 1991.

RECIFE. **Relatório de Atividades Executadas N°2.** Abril, 2013.

RÖNSDORF, Carsten; WILSON, Debbie; STOTER, Jantien. **Integration of Land Administration Domain Model with CityGML for 3D Cadastre.** 4th International Workshop on 3D Cadastres. . 9-11 de novembro de 2014, Dubai, Emirados Árabes.

RÖNSDORF, Carsten. **CityGML ISO/TC211. Interoperability Workshop.** Maio de 2015.

SANTOS, J. C. **Análise da Aplicação do Modelo de Domínio de Conhecimento em Administração Territorial (LADM) ao Cadastro Territorial Urbano Brasileiro.** Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Recife, 2012.

SANTOS, Juciela C. dos.; FARIAS, Edla S. de.; CARNEIRO, Andrea F. T. **Análise da Parcela como Unidade territorial do Cadastro Urbano Brasileiro.** Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba, v. 19, no 4, p.574-587, out-dez, 2013. ISSN 1982-2170. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v19n4/a04v19n4.pdf> > Acesso em: 13 de setembro de 2015.

SOAVE, Marco. *Use of CityGML standard in the context of Smart Cities*. Itália. 2013.

SOUZA, Wendson de O., PIMENTEL, Júnio da S., CARNEIRO, Andrea F. T. **Cadastro 3D e 4D: a Realidade Territorial no Espaço e Tempo**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, p.2522. Curitiba, PR, Brasil, INPE. 30 de Abril a 05 de maio de 2011.

SOUZA, G. H. B. **Método de Modelagem da Parcela Espacial para o Cadastro Tridimensional**. Universidade Estadual de Paulista – UNESP. Prudente-SP. 2011.

STOTER, Jantien; PLOEGER, Hendrik & OOSTEROM, Peter Van. **Cadastro 3D em Holanda: desenvolvimento e aplicabilidade internacional**. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2012.

VAN DER MOLEN, Paul. *Institutional Aspects of 3D Cadastres*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences ITC. FIG XXII International Congress. Washington, D.C. USA. Apr. 2002.

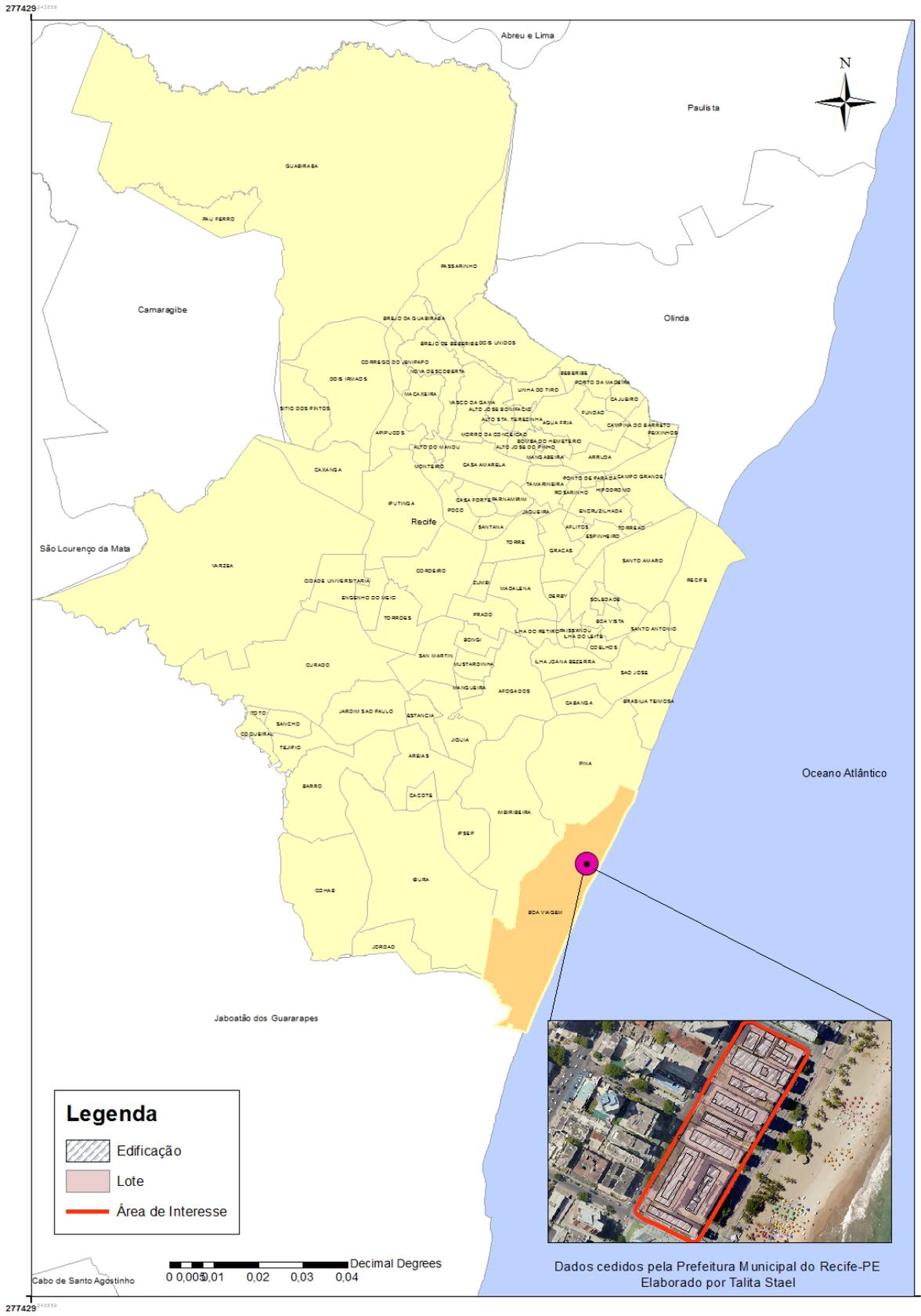
VANDYSHEVA, Natalia; IVANOV, Anatoly; PAKHOMOV, Sergey; SPIERING, Boudewijn; STOTER, Jantien; ZLATANOVA, Sisi. *Design of the 3D Cadastre Model and Development of the Prototype in the Russian Federation*. 2nd International Workshop on 3D Cadastres. Delft, Netherlands. 16-18 November, 2011.

WILLIAMSON, Ian; ENEMARK, Stig; WALLACE, Jude e RAJABIFARD, Abbas. *Land Administration for Sustainable Development*. Califórnia, 2010.

ÇADGAS, Volkan. *An Application Domain Extension to CityGML for immovable property taxation: A Turkish case Study*. Elsevier. May 2012.

## **APÊNDICES**

### APÊNDICE A – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA QUADRA EM ESTUDO



## APÊNDICE B – TABELA DOS METADADOS DO MODELO DE ANÁLISE

- Classe Quadra

Nome do Campo	Tipo	Descrição
ID	<i>Int</i>	Identificador único do campo
Codigo	<i>Int</i>	Código da quadra
Descricao	<i>String</i>	Descrição da quadra
Bairro	<i>String</i>	Nome do bairro do Recife que está localizado
Principal	<i>Boolean</i>	Refere-se a
Zoneamento Urbano	<i>Int</i>	Refere-se ao número do Zoneamento que faz parte
v0	<i>Double</i>	Refere-se a
TestadaLotenaFace	<i>Double</i>	Refere-se a valor da testada no lote na quadra

- Classe Lote

Nome do Campo	Tipo	Descrição
CodLote	<i>Int</i>	Código do Lote
Endereco	<i>String</i>	Endereço do lote
Situacao	<i>type</i>	Refere-se a situação do Lote (Ativa ou Baixada)
AtualizacaoCadastral	<i>Date</i>	Data da última atualização cadastral
Vocacao	<i>type</i>	Refere-se ao tipo de vocação do Lote
Topografia	<i>type</i>	Refere-se ao tipo de topografia do lote
GuiasESarjetas	<i>Boolean</i>	Campo que indica a existência de Guias e Sarjetas (sim ou não)
LoteMurado	<i>Boolean</i>	Campo que indica a existência de Lote Murado (sim ou não)
Formato	<i>type</i>	Refere-se ao tipo de formato do lote
LotecomCalcada	<i>Boolean</i>	Campo que indica a existência de calçada (sim ou não)
QuantidadeEdificacoesSimples	<i>Inteiro</i>	Quantidade de Edifícios existentes no lote

- Classe Imóvel

<b>Nome do Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
CodImovel	<i>Int</i>	Refere-se a um valor único de lote que é a junção de 14 dígitos que representam, respectivamente, Distrito(1)+Setor(4)+Quadra(3)+Face(2)+Lote(4)
TipoEmpreendimento	<i>type</i>	Campo que indica o tipo de empreendimento do imóvel
QuantidadePavimentos	<i>Int</i>	Quantidade de pavimentos do imóvel
AreaTotal	<i>Double</i>	Área total do Imóvel
IdadeAparente	<i>Int</i>	Idade Aparente do Imóvel
EstadoConservacao	<i>type</i>	Campo que indica o estado de conservação do imóvel
AnoConstrucao	<i>Inteiro</i>	Ano de construção do imóvel
TipoEstrutura	<i>type</i>	Campo que indica o tipo de estrutura da área edificada do imóvel
Comodos	<i>ArrayList</i>	Campo onde consta os diferentes tipos de cômodos existentes no imóvel

- Classe Apartamento

Nome do Campo	Tipo	Descrição
Matricula	<i>Int</i>	Matrícula do Apartamento
Proprietario	<i>Proprietario</i>	Nome e demais informações do proprietário
Endereco	<i>Lote</i>	Endereço do Lote
QuantidadePavimento	<i>Int</i>	Quantidade de pavimentos existente no apartamento
FracaoIdeal	<i>double</i>	
AreaTotalPrivativa	<i>double</i>	Área total privativa do imóvel
AreaTotalComum	<i>double</i>	Área total Comum do Imóvel

- Classes Tributos, IPTU, TLP e CIP

Nome do Campo	Tipo	Descrição	Classe
ID	<i>Int</i>	identificador único da classe	IPTU
Patrimonio	<i>type</i>	Indica o tipo de patrimonio referente ao imóvel	
Uso	<i>type</i>	Indica o tipo do Uso do imóvel	
ValorVenal	<i>currency</i>	Indica o valor em real (R\$) do terreno do imóvel	
Alíquota	<i>currency</i>	Alíquota aplicada ao imóvel	
ValorCredito	<i>currency</i>	Valor a ser acrescido ou não	
ValorTotalImposto	<i>currency</i>	Valor total do IPTU	

Nome do Campo	Tipo	Descrição	Classe
ID	<i>Int</i>	identificador único da classe	TLP
Vigencia	<i>date</i>	Data de Vigência	
FatorUtilizacao	<i>type</i>	Indica o tipo de uso do imóvel	
FatorColeta	<i>type</i>	Indica o tipo de coleta de lixo urbano	
FatorEnquadramento	<i>currency</i>	Valor da taxa levando em consideração o FatorUtilizacao e FatorColeta	
ValorTotalImposto	<i>currency</i>	Valor Total da TLP	

Nome do Campo	Tipo	Decscrição	Classe
ID	<i>Int</i>	Identificador único da classe	CIP
ValorTotal	<i>currency</i>	Valor total da CIP	

- Classe *RRR*

Nome do Campo	Tipo	Descrição
ID	<i>Int</i>	Identificador único da classe
TipoVinculo	<i>String</i>	Refere-se ao tipo de vínculo entre o proprietário e o imóvel
DataVinculacao	<i>date</i>	Data da vinculação

- Classe Proprietario, PessoaFisica e PessoaJuridica

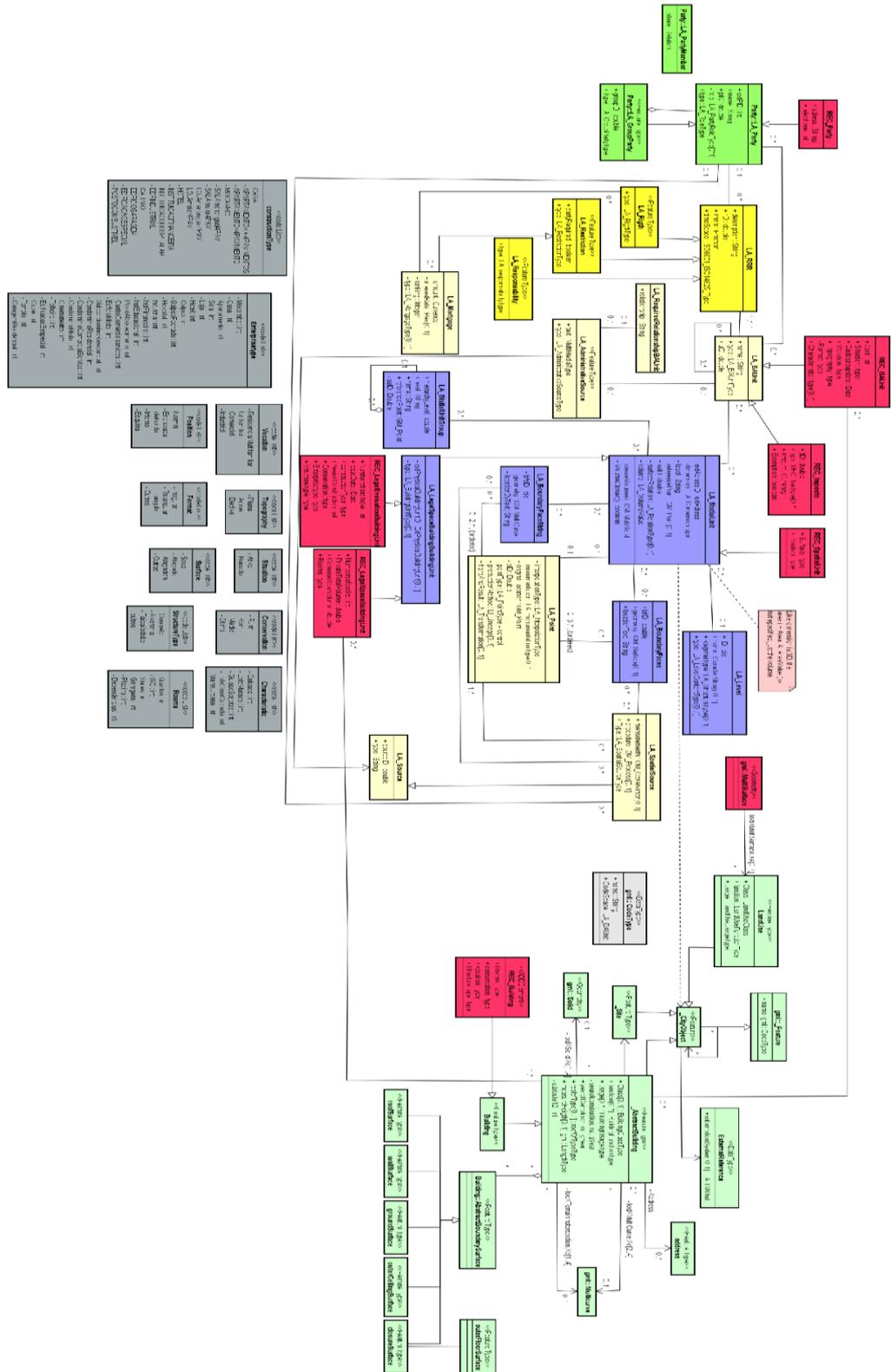
Nome do Campo	Tipo	Descrição
ID	<i>Int</i>	identificador único da classe

Nome do Campo	Tipo	Descrição
CNPJ	<i>Int</i>	Identificador único da classe
RazaoSocial	<i>String</i>	Nome da empresa
DataFundacao	<i>date</i>	Data da fundação da empresa

Nome do Campo	Tipo	Descrição
CPF	<i>Int</i>	Identificador único da classe
Nome	<i>String</i>	Nome da empresa
Sexo	<i>type</i>	Gênero
EstadoCivil	<i>type</i>	Estado civil
DataNascimento	<i>date</i>	Data de Nascimento

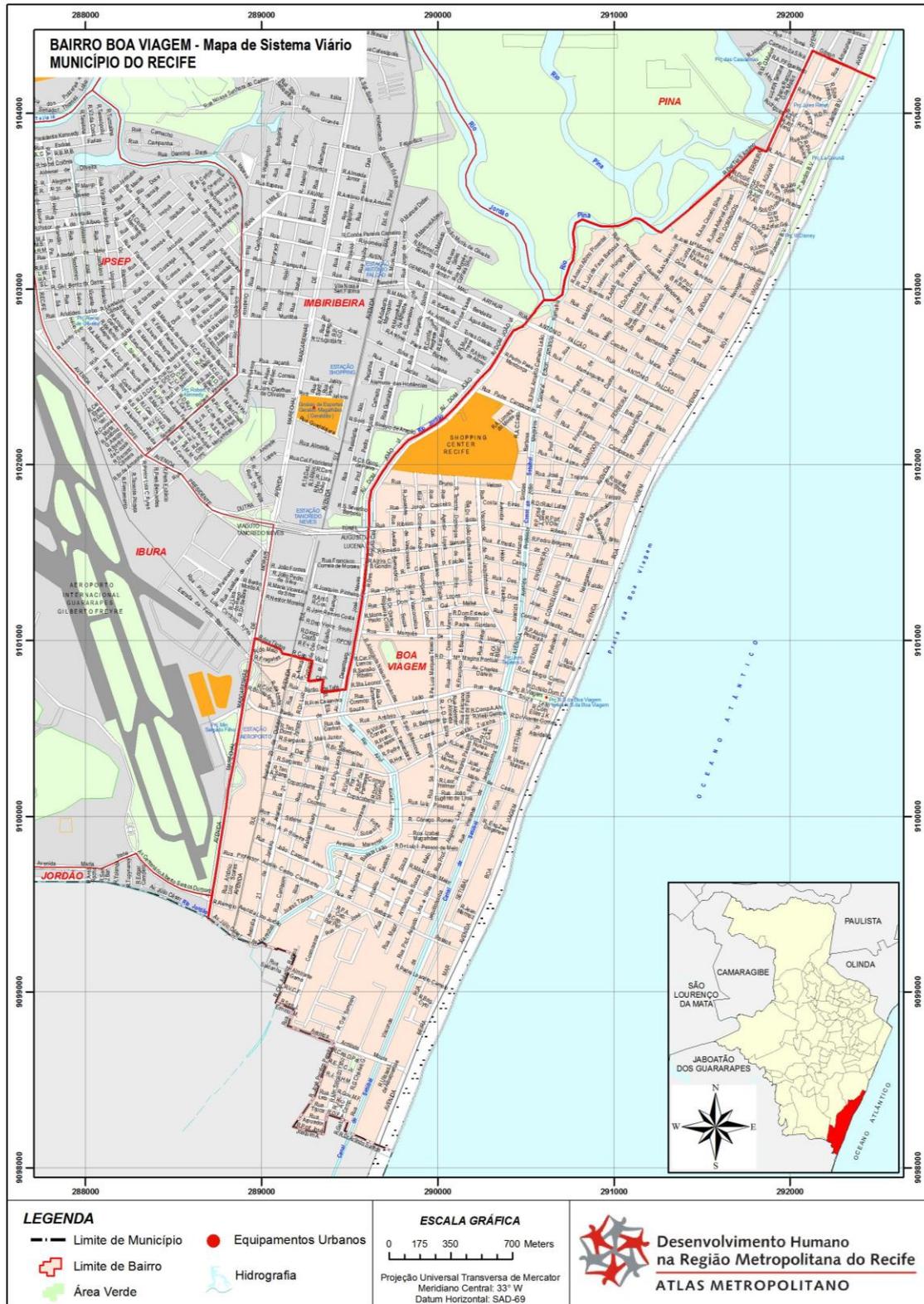


## APÊNDICE D – MODELO LADM 3D – CITYGML



## **ANEXOS**

### ANEXO 1 – MAPA DO BAIRRO DE BOA VIAGEM



## ANEXO 2 – EXEMPLO DE DADO COLETADO NO SISTEMA DE CADASTRO IMOBILIÁRIO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE

Atualizar Dados do Lote
http://sancho.recife/empres\_ci/servlet/cadastroimobiliario





MANFREDO DE ANDRADE SARDÁ JÚNI  
[Últ. Acesso: 16/02/2016:09:04:59]



Cadastro | Operações | Consultas/Emissões | Tabelas Auxiliares |
| Encerrar sessão

Home > Cadastro > Lote > Atualizar > **Dados Lote**

**Identificação do Lote:** 6.1810.090.02.0150 **Zoneamento Urbano:** 10100

**Endereço:** [REDACTED]

**Alterar Dados do Lote**

Informe os Dados Gerais do Lote e clique o botão "atualizar".

**Origem do Lote\*:**  Legalizado  Não Legalizado

**Ponto de referência:**

Nome: [REDACTED]

**Loteamento Referência:** Quadra: [REDACTED]

Lote: [REDACTED]

**Fatores Limitantes**

Forma que impede construção  Área de servidão  Área de Preservação  Área que impede construção  Zona Pres Rigor Ambiental  Imóvel em Zona Verde  Declarado de Utilidade Pública  Invadido por Mocambo  Outros

**Interferências URAP:**  RADIO PINA  AEROPORTO-CONE VOO  AEROCULUBE-CONE VOO

**Redutor:** % [REDACTED]

**Observação:**

**Vocação\*:**  Residencial Unifamiliar  Residencial Multifamiliar  Comercial  Industrial

**Formato\*:** Irregular

**Posição\*:** Normal

**Superfície\*:** Seca

**Topografia\*:** Plana

**Inserção\*:** Malha Urbana

**Lote Murado?\***  Sim  Não

**Lote com calçada?\***  Sim  Não

Selecione as faces que deseja associar ao Lote e informe a respectiva testada.

Sei	Identificação	Logradouro - Bairro	Principal	V0	Testada do Lote na face*
<input checked="" type="checkbox"/>	6.1810.090.	[REDACTED]		43	R\$ 38.859,33
<input checked="" type="checkbox"/>	6.1810.090.	[REDACTED]	*	49	R\$ 60,00 60.222,61
<input checked="" type="checkbox"/>	6.1810.090.	[REDACTED]		45	R\$ 45.027,56

1 de 2

18/02/2016 10:53

*Handwritten notes:*

- Alto/deserve
- Redução/capacidade
- Área/formato impede const.
- Zona preservação, rigor amb.
- Imóvel zona verde
- Declarado de utilidade pub.
- outros.
- condomínios fechados
- Área de ocupação desordenada
- Seca urbanizável
- Zona verde

## ANEXO 3 – EXEMPLO DE DADO COLETADO NO SISTEMA DE CADASTRO IMOBILIÁRIO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE

http://sancho.recife/empres/empres/cadastroImobiliario



**Prefeitura do Recife**



MANFREDO DE ANDRADE SARDÁ JÚNI  
[Últ. Acesso: 16/02/2016:09:04:59]



**Encerrar sessão**

[Cadastro](#) | [Operações](#) | [Consultas/Emissões](#) | [Tabelas Auxiliares](#) |

[Home](#) > [Tabelas Auxiliares](#) > [Imóvel](#) > [Tipo de Complemento](#) > **Manter**

**Manter**

Selecione o item que deseja alterar clicando sobre sua descrição.

Código	Descrição	Situação
1	ANDAR	Ativo
2	APTO	Ativo
3	BOX	Ativo
4	CASA	Ativo
5	COMPARTIMENTO	Ativo
6	CONJUNTO	Ativo
7	PARTE POSTERIOR	Ativo
8	GARAGEM	Ativo
9	GLEBA	Ativo
10	JUNTO	Ativo
11	LOJA	Ativo
12	LOTE	Ativo
13	ONDE EXISTIU	Ativo
14	SALA	Ativo
15	SOBRADO	Ativo
16	SOBRELOJA	Ativo
17	SUBSOLO	Ativo
18	TÉRREO	Ativo
19	VILA	Ativo
20	PRAÇA	Ativo
21	GALPAO	Ativo
22	ANEXO	Ativo
23	CLINICA	Ativo
24	CINEMA	Ativo
25	CLUBE	Ativo
26	DEPOSITO	Ativo
27	ESCOLA	Ativo
28	EDIF ESPECIAL	Ativo
29	AG BANCARIA	Ativo
30	HOSPITAL	Ativo
31	HOTEL	Ativo
32	INDUSTRIA	Ativo
33	TEATRO	Ativo
34	TELHEIRO	Ativo
35	GRANJA	Ativo
36	GRUPO	Ativo
37	OUTROS	Ativo
38	SETOR COMERCIAL	Ativo

[Voltar](#)

1 de 1
18/02/2016 11:1

