

Revista Brasileira de Cartografia (2016), N° 68/10: 2021-2032
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

MODELAGEM DE DADOS ESPACIAIS PARA ACESSIBILIDADE AO ESPAÇO URBANO POR PESSOA EM CADEIRA DE RODAS

Data Modeling Space for Accessibility to Urban Space per Person in Wheelchair

**Elaine Cristina Osorio Rocha¹, Lucilene Antunes Correia Marques de Sá²
& Eduilson Lívio Neves da Costa Carneiro¹**

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI
Campus Teresina - Zona Sul e Campus Teresina Central
Av. Pedro Freitas, nº 1020 – Bairro Vermelha – Teresina, PI – CEP: 64.018-000, Brasil.
elainecris@ifpi.edu.br; eduilson@ifpi.edu.br

²Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências / Departamento de Engenharia Cartográfica
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - 2º andar - Cidade Universitária - Recife, PE - CEP: 50740-530, Brasil.
lacms@ufpe.br

Recebido em 20 de Julho, 2016/ Aceito em 12 de Novembro, 2016
Received on July 20, 2016/ Accepted on November 12, 2016

RESUMO

As Tecnologias da Geoinformação como, a Cartografia e o Sistema de Informações Geográficas têm sido utilizados para análise da acessibilidade e mobilidade em espaços urbanos. Porém, as pesquisas desenvolvidas têm sido, em sua maioria, direcionadas a transportes. Dessa forma, entende-se ser necessário estudar a acessibilidade e mobilidade urbana para pessoas com deficiências analisando os diferentes componentes físicos do ambiente urbano (rampas, calçadas rebaixadas, obstáculos, entre outros) através da representação espacial. Nesse sentido, a pesquisa propõe uma Modelagem de Dados Espaciais capaz de integrar os elementos físicos para acessibilidade de pessoas em cadeiras de rodas considerando os padrões da NBR 9050/2004, que estabelece critérios e parâmetros técnicos para acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. A pesquisa utilizou a metodologia OMT-G – *Object Modeling Technique* para criação do modelo. Os elementos físicos foram avaliados qualitativamente e averiguados o cumprimento da legislação e os resultados apresentados espacialmente no programa QGIS. A área de estudo foi o polo de saúde que fica localizado no bairro Centro, no município de Teresina, estado do Piauí, onde foram coletadas 349 amostras contendo rampas, calçadas rebaixadas, paradas de transportes públicos e obstáculos, interligados por 254 trechos de calçadas. Os resultados demonstram a capacidade da Modelagem de Dados Espaciais de representar os objetos físicos do espaço urbano para pessoas em cadeiras de rodas. O Postgres/PostGIS apresentou tabelas espaciais através de linguagem de programação SQL e espacialização do MDE em SIG através do programa QGIS. Através do banco de dados espaciais é possível a análise qualitativa dos elementos físicos para acessibilidade de pessoas em cadeiras de rodas na área de estudo.

Palavras chaves: SIG, Modelagem de Dados Espaciais, Acessibilidade, Pessoa com Deficiência.

ABSTRACT

The Geoinformation Technologies as Cartography and Geographic Information System have been used to analyze the accessibility and mobility in urban areas. However, the researchers have been developed mostly directed at transport. In this way, it is necessary to study the accessibility and urban mobility for disabled person by analyzing the different

physical components of the urban environment (ramps, lowered sidewalks, obstacles, etc.) by a spatial representation. Therefore, the research proposes a Spatial Data Modeling able to integrate the physical elements for accessibility for people in wheelchairs considering the NBR 9050/2004 standards establishing standard and technical parameters for accessibility to buildings, furniture, spaces and equipment urban. The study used the OMT-G methodology - Object Modeling Technique to create the model. The physical elements were qualitatively evaluated and investigated according to the legislation and the results were presented spatially in the QGIS program. The study area was the health pole that is located in the Centro city of Teresina, state of Piauí, where were collected 349 samples containing ramps, lowered sidewalks, public transport stops and barriers, connected by 254 patch of sidewalks. The results demonstrate the ability of Spatial Data Modeling represent physical objects of urban space for people in wheelchairs. Postgres / PostGIS spatial tables presented through SQL programming language and spatial distribution of the SDM in GIS through the software QGIS. Through the spatial database is possible the qualitative analysis of the physical elements for accessibility for people in wheelchairs in the study area.

Keywords: Geoinformation Systems, Spatial Data Model, Accessibility, Disabled Person.

1. INTRODUÇÃO

A falta de acessibilidade aos espaços públicos e serviços ofertados pelas cidades causam dificuldades de deslocamento pelo cidadão, em geral, mais perceptível em pessoas em cadeiras de rodas.

As ações voltadas para a redução e a eliminação das barreiras arquitetônicas e urbanísticas são essenciais para promover a inclusão social e o acesso a oportunidade tanto aos espaços como aos serviços para o cidadão.

O resultado do Censo Demográfico 2010 do IBGE (2016) aponta que 45.606.048 de pessoas declararam ter, pelo menos, um tipo de deficiência, ou seja, 1/4 da população brasileira. A “região Nordeste concentra os maiores percentuais da população com, pelo menos, um tipo de deficiência (26,6%)” (IBGE 2016, p.73). O Estado do Piauí ocupa a 16ª posição no *ranking* Nacional de pessoas com deficiência motora. A cidade de Teresina ocupa a 10ª posição entre as capitais brasileiras, com 14% da população em domicílio urbano de pessoas com deficiência motora. Dos 14% de deficientes motores, 0,71% da população teresinense declararam ser permanentemente incapazes de caminhar.

Por isso, é importante conhecer os elementos físicos urbanos que promovem o acesso e o deslocamento para pessoas em cadeiras de rodas, suas características, a conformidade segundo legislações vigentes e o posicionamento geográfico para análise espacial e futuras intervenções.

As Tecnologias da Geoinformação constituem instrumentos de representação espacial das cidades, desenvolvimento de

bancos de dados, de modelagem e simulações, prognóstico, projeto e monitoramento que dão suporte a organização territorial urbana, com base na acessibilidade.

A Cartografia e o SIG – Sistema de Informações Geográficas têm sido utilizados para análise da acessibilidade e mobilidade em espaços urbanos. A Cartografia constitui um conjunto de técnicas para representar elementos e fenômenos evidenciados no espaço geográfico, e ainda, conhecer o fenômeno estudado, oferecendo padrões de mensuração e leitura da realidade.

Com o mapeamento dos principais problemas de mobilidade e acessibilidade urbana, com uso do SIG, pode-se prever e determinar os principais locais para serem realizadas intervenções urbanísticas, objetivando melhorar a qualidade de vida da população, assim como, a hierarquização das ações previstas.

Uma das etapas de implantação do SIG é a MDE – Modelagem de Dados Espaciais. A utilização das Tecnologias da Geoinformação voltadas para o planejamento urbano tem sido frequente, permitindo a integração, o gerenciamento e a análise de dados, desta forma, é possível espacializar cenários e avaliar a acessibilidade ao espaço urbano.

Apesar de alguns estudos relacionando as Tecnologias da Geoinformação para acessibilidade e mobilidade, ainda é uma temática pouco explorada em pesquisas brasileiras, principalmente quando se refere a modelos de dados espaciais para a acessibilidade de pessoas com deficiência motora e a distribuição espacial dos elementos urbanos específicos. A maioria das

pesquisas são direcionadas a transportes.

A presente pesquisa é pautada nos conceitos e aplicações da Cartografia, MDE e SIG, que permitem a construção de procedimentos e rotinas como meio para aplicação dos princípios do Desenho Universal apresentada na norma brasileira ABNT 9050/2004, que estabelece critérios e parâmetros técnicos para acessibilidade a edificações, ao mobiliário, aos espaços e aos equipamentos urbanos.

No estudo as Tecnologias da Geoinformação foram empregadas na identificação espacial de rampas, calçadas rebaixadas, obstáculos físicos, e integram os elementos que pertencem ao universo das pessoas em cadeiras de rodas, tendo sido determinadas suas posições no espaço através do georreferenciamento. Além da visita a campo para conferências dos acessos também foi executada a avaliação qualitativa das características físicas dos acessos de acordo com a legislação.

Com isto, foi possível identificar e mapear as condições de acessibilidade na área de estudo de estudo, tendo como público alvo as pessoas que necessitam de cadeiras de rodas. A área de estudo da pesquisa foi na cidade de Teresina, estado do Piauí.

2. TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO APLICADA A ACESSIBILIDADE PARA PESSOA EM CADEIRAS DE RODAS

Beale *et al.* (2006) afirmam que, os SIG, quando possuem uma base de dados espaciais modelada para pessoa com problemas de mobilidade, podem fornecer informações sobre obstáculos físicos existentes nos ambientes urbanos. Além de oferecer aos pedestres e pessoas em cadeiras de rodas maneiras para identificar as barreiras e traçar suas rotas antes dos deslocamentos.

Segundo Kasemsuppakorn e Karimi (2008), Ren e Karimi (2009) as variáveis urbanas que devem ser consideradas para acessibilidade estão centradas em torno de redes de calçadas, junto com parâmetros únicos relacionados ao ambiente circundante. Esses dados permitem a identificação dos acessos e dos obstáculos, sejam antrópicos ou ambientais, que tem impacto sobre a mobilidade e segurança, além da

compreensão de um espaço urbano personalizado e georreferenciado para pessoas em cadeiras de rodas.

Ding *et al.* (2007) sugerem que, o banco de dados deve conter, no mínimo, classes relacionadas a rede de calçada, edifícios e marcos. A rede de calçada é representada através de linhas conectadas com atributos identificando as condições da calçada, escadas, rampas, inclinação, cruzamento, ponto de ônibus e áreas danificadas. Dados do edifício devem conter informações de localização com atributos que identificam entradas acessíveis.

Aguiar (2010) indica variáveis (ambiental e física) que influenciam no desempenho do espaço e contidas também na NBR 9050/2004, são elas: largura, inclinações longitudinal e transversal, características do material usado no piso, estado de conservação do piso, existência de sinalização, visibilidade e outras facilidades para travessia do pedestre nos cruzamentos, estética do ambiente, existência de iluminação, existência de arborização, tipo de uso e ocupação do solo adjacente às calçadas.

Longley *et al.* (2013) declara que, a base para análises espaciais em SIG deve passar pela modelagem de dados espaciais, e poderá ser satisfatório dependendo da modelagem e da qualidade da transcrição das entidades do mundo real e suas relações para o ambiente informatizado.

Os objetos do espaço urbano para acessibilidade têm sido organizados em modelos de Banco de Dados através de Diagramas de Classes. Kasemsuppakorn e Karimi (2009) sugerem modelos de banco de dados conceitual para usuários de cadeira de rodas, como apresentado na Figura 1.

O Modelo mostra os elementos do espaço urbano para acessibilidade em seis entidades: segmentos de calçada, nós, tráfego, edifícios, pontos de ônibus e obstáculos. A Classe NO desempenha um papel fundamental na construção do MDE, os atributos da classe são um par de coordenadas que representa, além da localização dos objetos, um “ponto de decisão” em relação a direção de trajeto, entradas acessíveis, obstáculos, cruzamentos de vias e paradas de ônibus para o usuário de cadeira de rodas.

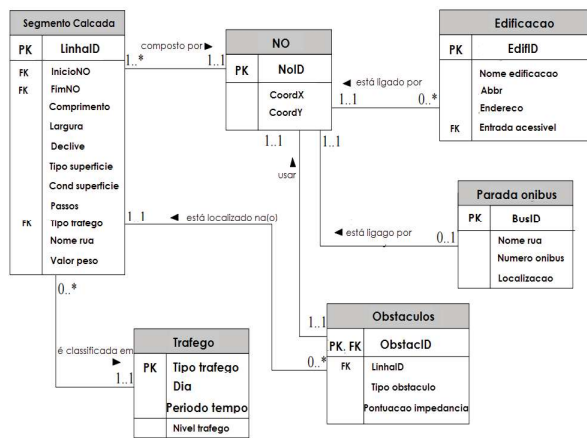


Fig. 1 – Modelagem de Banco de Dados Conceitual para navegação de pessoas em cadeiras de rodas. Fonte: Kasemsuppakorn e Karimi (2009).

A modelagem de dados espaciais proposta na pesquisa seguiu a ideia do modelo de Kasemsuppakorn e Karimi (2009). Entretanto, o modelo de dados proposto não apresenta outros elementos do espaço urbano para mobilidade de pessoas em cadeiras de rodas, como rampa e calçada rebaixada, requisitos técnicos presentes na norma brasileira NBR 9050/2004.

Os modelos de dados são expressos de acordo com o nível de abstração empregado e descrevem a sequência desde a escolha dos elementos a representar até a transposição em linguagem computacional visando uma melhor compreensão das etapas para criação de um modelo de dados. Assim, Borges *et al.* (2001) definiram os quatro níveis para criação de modelo de dados geográficos e adaptados aqui para acessibilidade:

- Nível do mundo real: Fase de estudo e definição do fenômeno a ser modelado, objetos e suas relações.
- Nível de representação conceitual: Etapa onde é definido o modelo lógico que apresenta os conceitos das entidades geográficas segundo a concepção do usuário. Nessa fase são definidas as classes associadas à representação espacial que serão criadas os modelos para construção do banco de dados.
- Nível de Representação: Definição das entidades geográficas do modelo lógico, são determinadas as geometrias (ponto, linha e polígono) de acordo os conceitos de geo-objetos, geo-campos e rede que podem

variar conforme escala, projeção cartográfica e época de aquisição.

- Nível de Implementação: Processo de implementação computacional. Define-se as arquiteturas, restrições, linguagens de programação, ou seja, onde ocorre a realização do modelo de dados através de SGBD - Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados.

O gerenciamento dos dados espaciais em um SIG fica a cargo dos SGBD espacial. São utilizados para armazenamento e gerenciamento de dados geográficos. O PostGIS é a extensão espacial do PostgreSQL que oferece suporte para objetos espaciais. O PostGIS executa consultas espaciais em SQL e permite conexão com SIG's, como o QGIS, e também possui extensão para armazenar e analisar dados raster chamado PostGIS Raster (POSTGIS, 2016a; 2016b).

3. ACESSIBILIDADE URBANA E DEFICIÊNCIA MOTORA – NBR 9050/2004

A principal norma sobre acessibilidade é a NBR 9050/2004 intitulada Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos, que estabelece critérios e parâmetros técnicos de projeto, construção, instalação e adaptação às condições de acessibilidade dos espaços.

As recomendações da NBR para adaptação dos espaços físicos destinados a pessoa em cadeira de rodas, são:

- mobilidade em cadeira de rodas deve ser considerada as dimensões de 80cm de largura por 1,20m de comprimento como módulo de referência na projeção no piso (dimensões de uma cadeira de rodas).
- calçadas, passeios e vias de pedestres devem possuir faixa livre (faixa da calçada destinada exclusivamente à livre circulação de pedestres sem obstrução) com largura mínima recomendável de 1,50m, admissível no mínimo 1,20m, e altura livre de 2,10m.
- calçadas devem ser rebaixadas junto às faixas de travessia de pedestres (com ou sem semáforo) e sempre que houver foco de pedestres. A inclinação da rampa não deve ser constante e não superior a 8,33% (1:12) e deve ser sinalizada com piso tátil de alerta, como mostra a Figura 2:

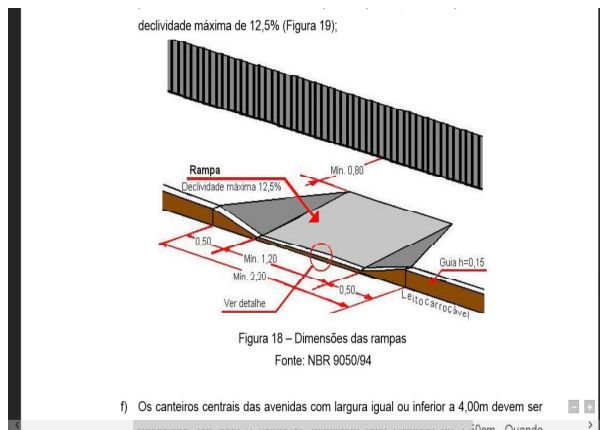


Fig. 2 – Dimensões das rampas. Fonte: NBR 9050/2004

Conforme o caso, o rebaixamento pode apresentar diferentes configurações:

- Rebaixamento total da calçada na esquina;
- Rebaixamento total da largura da calçada, com largura mínima de 1,50m e com rampas laterais com inclinação máxima de 8,33% (quando a largura do passeio não for suficiente para acomodar o rebaixamento e a faixa livre);
- Rebaixamento, de no mínimo 0,80m, sendo recomendável 1,20m (para faixa livre de passeio, além do espaço ocupado pelo rebaixamento).

Pela NBR 9050/2004 calçada rebaixada é rampa construída ou implantada na calçada ou passeio, destinada a promover a concordância de nível entre estes e o leito carroçável.

- pisos devem apresentar superfície regular, contínua, sem ressalto ou depressão, firme, estável, antiderrapante (sob quaisquer condições climáticas), de forma a não provocar trepidação em dispositivos com rodas.
- Inclinação máxima em rampa recomendada para vias de pedestres é de 8,33% (para rotas acessíveis). A inclinação de rampas é calculada pela Equação 1:

$$i = \left(\frac{h}{c}\right) * 100 \quad (1)$$

onde:

i = inclinação

h = desnível

c = comprimento

Segunda a NBR 9050/2004 rota acessível é o trajeto contínuo, desobstruído e sinalizado, que conecta os ambientes externos ou internos de espaços e edificações, e que possa ser utilizado de

forma autônoma e segura por todas as pessoas, inclusive aquelas com deficiência. Nesta pesquisa será considerada a rota acessível externa, que pode incorporar estacionamentos, calçadas rebaixadas, faixas de travessia de pedestres e rampas.

Quanto a representação espacial observa-se que, imagens de satélite de alta resolução e ortofotos em escalas grandes permitem a identificação e a análise dos elementos contidos no espaço urbano para pessoa em cadeira de rodas. Segundo Vasques (2009) a informação geográfica a ser identificada e caracterizada faz-se em função da escala de análise, determinada pela dimensão da zona de interesse e o tipo de fenômeno a ser estudado. A legibilidade dos elementos é feita em relação à escala, que determina o nível de detalhe da informação, como mostra a Quadro 1.

Quadro 1: Aplicação de sensoriamento remoto em função da escala

Aplicações	Escala	Resolução Espacial	Imagens Atuais
Cartografia de base	1:1.000 a 1:2.000	20 a 60cm	Ortofotos Quickbird
Nível tático Planejamento do território	1:5.000 a 1:10.000	60cm a 1m 1 a 5m	Ortofotos Ikonos Quickbird Spot 6
Nível estratégico Prospectivo	1:100.000 a 1:1.000.000	15 e 30m	Landsat 8(OLI)

Fonte: Adaptado de Puissant e Weber (2003).

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no bairro Centro, em Teresina, capital do estado do Piauí. A área possui altitude média 72 metros e as coordenadas geográficas são:

Quadro 2: Coordenadas da área de estudo

Pontos	Latitude	Longitude
1	05° 05' 26" S	42° 48' 40" WGr
2	05° 05' 12" S	42° 48' 11" WGr
3	05° 05' 45" S	42° 48' 08" WGr
4	05° 05' 42" S	42° 48' 33" WGr

As atividades econômicas predominantes na área de estudo são comércio e saúde, local onde está o polo de Saúde de Teresina (Figura 3). A região constitui-se em um centro de referência regional pela qualidade dos serviços prestados. A área possui um grande fluxo de pessoas devido a facilidade de acesso ao transporte público e a maior concentração de hospitais.

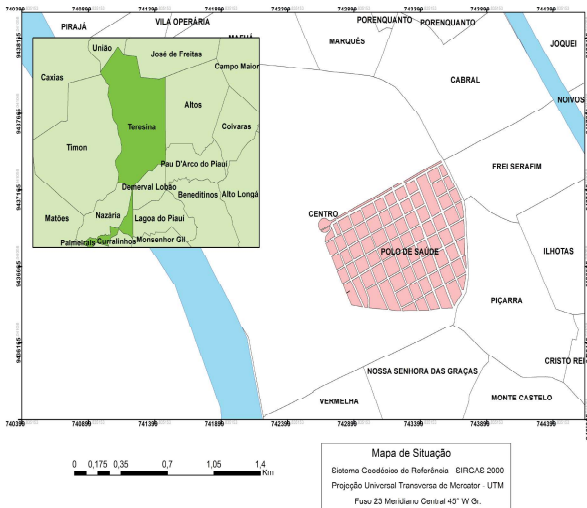


Fig. 3 – Área da coleta dos dados (Polo de Saúde).

5. METODOLOGIA DA PESQUISA

Na pesquisa foi empregada para a elaboração da Modelagem de Dados Espaciais a metodologia utilizada por Borges *et al.* (1999), o modelo OMT-G. As etapas (Figura 4) desenvolvidas foram: - Mundo Real: escolha dos elementos do espaço urbano para acessibilidade a representar; - Modelo Conceitual: criação do modelo conceitual representando os objetos em classes, atributos e relacionamentos; - Modelo de Apresentação: apresentação das entidades geográficas conforme os conceitos de geo-objeto, geo-campos e; Modelo de Implementação: rede de acessibilidade e a implementação computacional através de algoritmos no SGBD espacial Postgres/PostGIS. As etapas estão descritas abaixo:

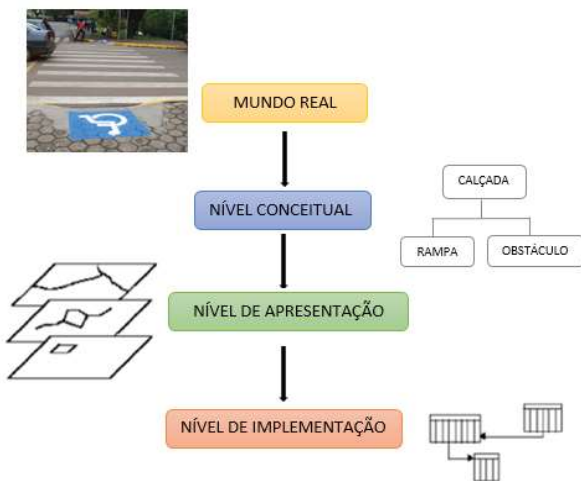


Fig. 4 – Etapas das Pesquisa. Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2001).

A seguir é apresentado o modelo OMTG para acessibilidade utilizando o modelo das 4 etapas do OMT-G.

5.1 Mundo Real

Os elementos do espaço urbano que compõem a Modelagem dos Dados Espaciais, são: bairro, logradouro, quadra, calçada, calçada rebaixada, rampa, parada de transporte público e obstáculos físicos. As variáveis urbanas escolhidas foram definidas conforme os parâmetros e exigências técnicas da NBR 9050/2004 e propostos por Kasemsuppakorn e Karimi (2008) e Ding *et al.* (2007).

5.2 Modelo Conceitual

As classes que compõem o Diagrama são: BAIRRO, LOGRADOURO, QUADRA (classes vetoriais) e IMAGEM (classe raster). E classes vetoriais específicas para acessibilidade, sendo: NO_REDE, CALCADA, CALC_REBAIXADA, RAMP, PARADA, OBS_FÍSICO.

A MDE para acessibilidade combina classes referentes ao cadastro urbano denominada Mapa Base e classes representando os objetos do ambiente urbano para pessoas em cadeiras de rodas denominada Rede de Acessibilidade, como mostra a Figura 5.

O relacionamento utilizado no Mapa Base é do tipo Relacionamento Espacial e descreve a relação de vizinhança entre as classes no modelo. Há uma relação topológica do tipo: dentro (contém) entre as classes bairro e quadra.

A cardinalidade entre as classes representa o número de instâncias de uma classe em relação a outra. No modelo está indicada pela letra (N:1) e lê-se: mais de uma quadra está dentro (contida) de um bairro.

O relacionamento utilizado na Rede de Acessibilidade é do tipo Relacionamento de Redes arco-nó entre as classes no_rede e calçada, que indicam uma relação de dependência entre esses objetos no espaço urbano para a mobilidade de pessoas em cadeira de rodas.

A Figura 6 indica que a classe calçada é do tipo arco bidirecional e está associada a classe no_rede, do tipo nó. As duas linhas pontilhadas paralelas indicam o tipo de relação entre elas denominada Rede Acessível, ou seja, a classe no_rede, apresentada por um par de coordenadas (X,Y), indica um local no mapa definido como um ponto de decisão em que o usuário de cadeira de roda precisa para definir a direção do trajeto através dos elementos ambientais presentes ao longo das calçadas gerando uma rede acessível.

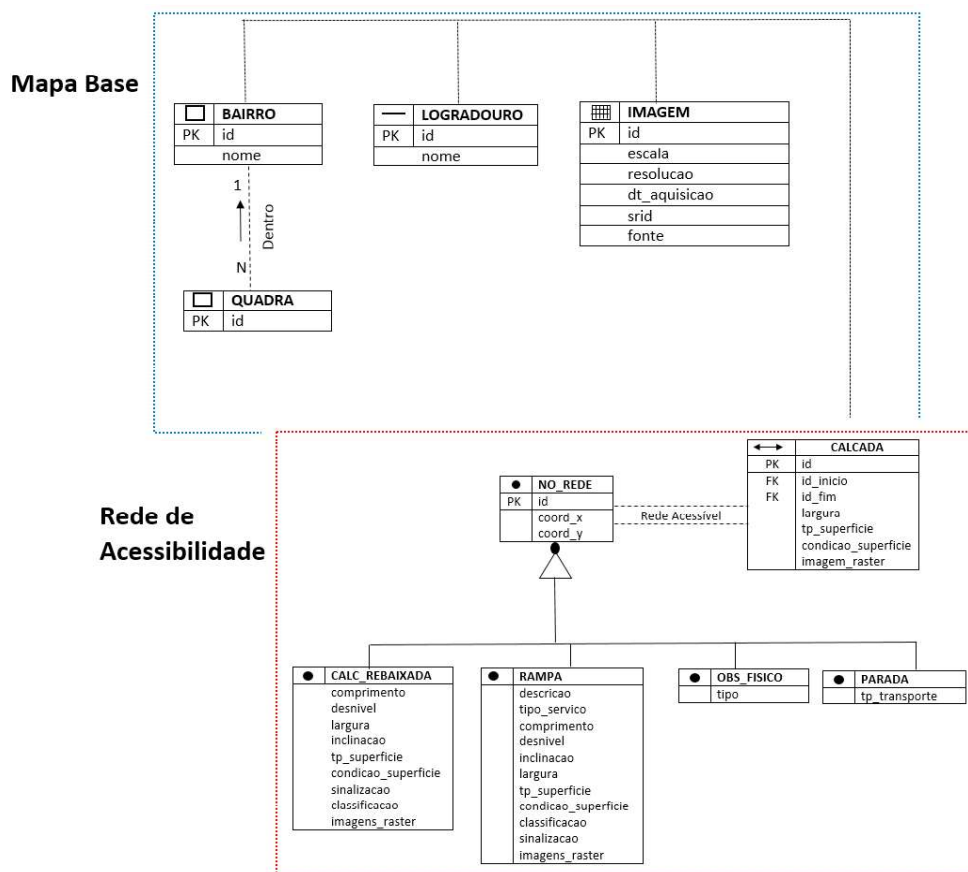


Fig. 5 – Diagrama de Classes da Modelagem de Dados Espacial para Acessibilidade em Mapa Base e Rede de Acessibilidade.

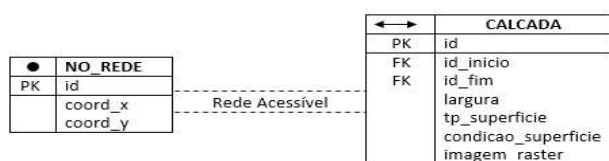


Fig. 6 – Relacionamento Topológico arco-nó entre as classes no_rede e calcada.

A relação entre a classe no_rede e as subclasses justifica-se pelo fato da NBR 9050/2004 afirmar que, todas as edificações e equipamentos urbanos devem ser acessíveis com no mínimo um acesso (rampa); o percurso entre as edificações, equipamentos urbanos, rebaixamento das calçadas e pontos de embarque/desembarque de transporte público devem interligar às entradas acessíveis e compor as rotas.

A modelagem de dados espaciais para acessibilidade proposta na pesquisa possui as características e elementos que devem estar presentes no espaço urbano para mobilidade de pessoas em cadeiras de rodas, atende os requisitos da NBR 9050/2004, além de complementar o modelo apresentado por Kasemsuppakorn e Karimi (2009).

5.3 Modelo de Apresentação

As classes do tipo geo-objeto, são: rampa, logradouro, quadra, calçada e no_rede. Essas classes representam os objetos do espaço urbano para acessibilidade pelas suas propriedades geométricas Ponto, Linha, Polígono e Nó de Rede respectivamente, conforme Figura 7.

A imagem é a única classe geo-campo do modelo, é do tipo Tesselação e representa o conjunto de células (pixels) presente em todo domínio do espaço urbano, como mostra a Figura 8.



Fig. 7 – Classes Geo-Objeto do MDE Acessibilidade. Fonte Adaptado de Borges *et al.* (2001).



Fig. 8 – Classe Geo-Campo no MDE Acessibilidade. Fonte Adaptado de Borges *et al.* (2001).

5.4 Modelo de Implementação

O último nível de abstração apresenta a criação completa da Modelagem de Dados Espaciais para Acessibilidade. O Modelo de Implementação contém a representação computacional através da linguagem SQL para criação do modelo de dados no SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados Postgres e as extensões PostGIS e PostGIS Raster.

O processo inicia-se com a criação do banco de dados e configurações do sistema. Em seguida foram criadas as tabelas no banco de dados definindo os atributos do modelo de dados. Nesta etapa foram criadas 10 tabelas conforme as classes da modelagem: bairro, quadra, imagem, logradouro, calçada, calc_rebaixada, no_rede, obs_fisico, parada, rampa, como mostra a Figura 4.

Cada tabela espacial foi construída definindo seus atributos, tipos de atributos e restrições de integridade. O *script* com os comandos de criação das tabelas da rede acessibilidade estão apresentados a seguir:

```
-- Tabela Calçadas
-- DROP TABLE calçada
CREATE TABLE calçada (
id SERIAL PRIMARY KEY, -- Atributo chave
id_inicio integer references no_rede(id), -- id do
nó início (FK de no_rede)
id_fim integer references no_rede(id), -- id do
nó final (FK de no_rede)
largura double precision, -- Largura do segmento
calçada em centímetros
tp_superficie VarChar(20), -- Tipo de superfície:
concreto, asfalto, tijolo, paralelepípedos ou
outros
condicao_superficie VarChar(20), -- Condição
física do segmento calçada: Rachaduras, tampa
de bueiro, superfície irregular
imagens raster, -- Fotografia da calçada
geom geometry(Linestring, 31983) -- 31983
(SIRGAS 200, UTM ZONA 23S)
CHECK (ST_IsSimple(geom)) -- Restrição de
```

integridade espacial para aceitar apenas linhas simples.);

```
-- Tabela Calçadas Rebaixadas
-- DROP TABLE calc_rebaixada
CREATE TABLE calc_rebaixada (
comprimento double precision, -- Comprimento
da calçada rebaixada em centímetros
desnivel double precision, -- Diferença de altura
do início ao fim da calçada rebaixada
largura double precision, -- Largura da calçada
rebaixada em centímetros
inclinacao double precision, -- O grau de
inclinação (%) da calçada rebaixada
tp_superficie VarChar(20), -- Tipo de superfície:
concreto, asfalto, tijolo, paralelepípedos ou
outros
condicao_superficie VarChar(20), -- Condição
física do segmento calçada: rachaduras, tampa
de bueiro, superfície irregular
senalizacao boolean, -- Define se há presença
de sinalização na calçada rebaixada (True ou
False)
classificacao boolean, -- Define se os parâmetros
estão em conformidade com as Norma 9050/2004
(True ou False)
imagens raster -- Fotografia da calçada rebaixada
) inherits (no_rede);
-- Tabela de Rampas
-- DROP TABLE rampa
CREATE TABLE rampa (
descricao VarChar(40), -- Descrição do ponto de
interesse
tipo_servico VarChar(20), -- Tipo de serviço
público ofertado: educação, hospital, jurídico,
comercio etc
comprimento double precision, -- Comprimento da
rampa em centímetros
inclinacao double precision, -- O grau de inclinação
(%) da rampa
desnivel double precision, -- Diferença de altura
do início ao fim da rampa
largura double precision, -- Largura da rampa em
centímetros
tp_superficie VarChar(20), -- Tipo de superfície da
rampa: concreto, asfalto, tijolo, paralelepípedos
ou outros
condicao_superficie VarChar(20), -- Condição
física do segmento calçada: rachaduras, tampa
de bueiro, superfície irregular
classificacao boolean, -- Define se os parâmetros
estão em conformidade com a Norma 9050/2004
(True ou False)
```


senalizacao boolean, -- Define se a rampa está devidamente sinalizada (True ou False)
imagens raster -- Fotografia da rampa
)inherits (no_rede);

```
-- Tabela de Paradas  
-- DROP TABLE parada  
CREATE TABLE parada (  
tp_transporte VarChar(20), -- Tipo de transporte público: ônibus, carro, taxi etc
```

```
-- Tabela de Obstáculo Físico  
-- DROP TABLE obs_fisico  
CREATE TABLE obs_fisico (  
tipo VarChar(20), -- Tipo de obstáculo físico que dificulta e/ou impede o deslocamento e a segurança do cadeirante  
)inherits (no_rede);
```

Os atributos foram escolhidos com base na NBR 9050/2004 e o atributo imagem_raster que aparecem nas tabelas calcada, calc_rebaixada e rampa armazena um link para uma fotografia (arquivos de extensões .png ou .jpeg) que mostram a situação atual dos objetos das classes.

Para a criação da tabela imagem foi utilizada a extensão PostGIS Raster que permite o armazenamento e manipulação de dados matriciais em Banco de Dados Espaciais através da linguagem SQL.

5.5 Implementação do MDE em SIG

Após a implementação do MDE em Postgres/PostGIS tem-se a interação entre as tabelas espaciais e a visualização da base de dados espaciais em SIG. A espacialização da Modelagem de Dados Espaciais para acessibilidade foi possível através da conexão Postgres/PostGIS no QGIS, assim, foi possível a visualização das classes e tabelas de atributos através da ferramenta: Adicionar camada PostGIS, como ilustra a Figura 9.

Com todos os dados coletados e tratados seguiu-se a etapa de carga da base de dados para acessibilidade. Na etapa do processamento dos dados foi realizada a inserção dos dados das planilhas e da planta cadastral realizadas na etapa de coleta dos dados no QGIS. Através da ferramenta calculadora de campo, presente no QGIS, foi possível obter os valores das inclinações das rampas e calçadas rebaixadas de forma automática, conforme a Equação 1 supracitada contida na ABNT 9050/2004.

Para finalizar foram definidas as simbologias para cada elemento da base de dados espaciais. A simbologia da classe rampa segue o símbolo do Desenho Universal especificado pela NBR 9050/2004, parada de transporte público e os obstáculos físicos foram definidos conforme a CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. Ao final desta etapa tem-se a Base de Dados Espaciais para acessibilidade de pessoas em cadeiras de rodas, conforme Figura 10.

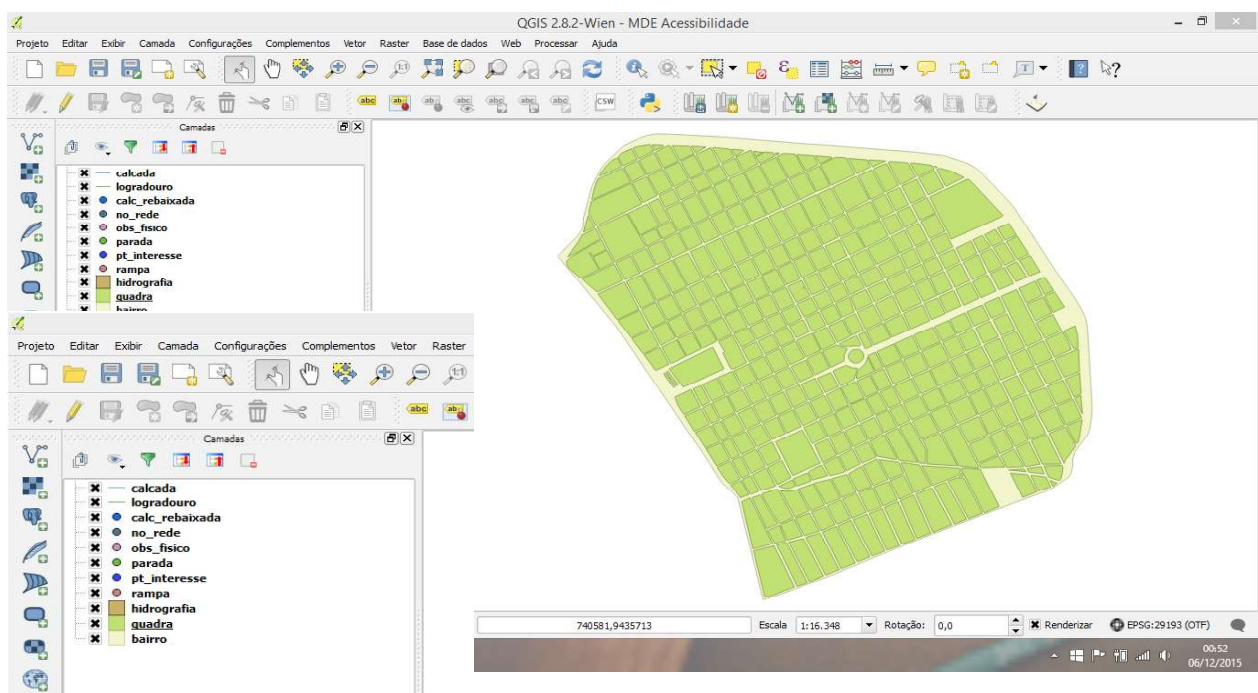


Fig. 9 – Visualização das classes do script do PostGIS via QGIS.

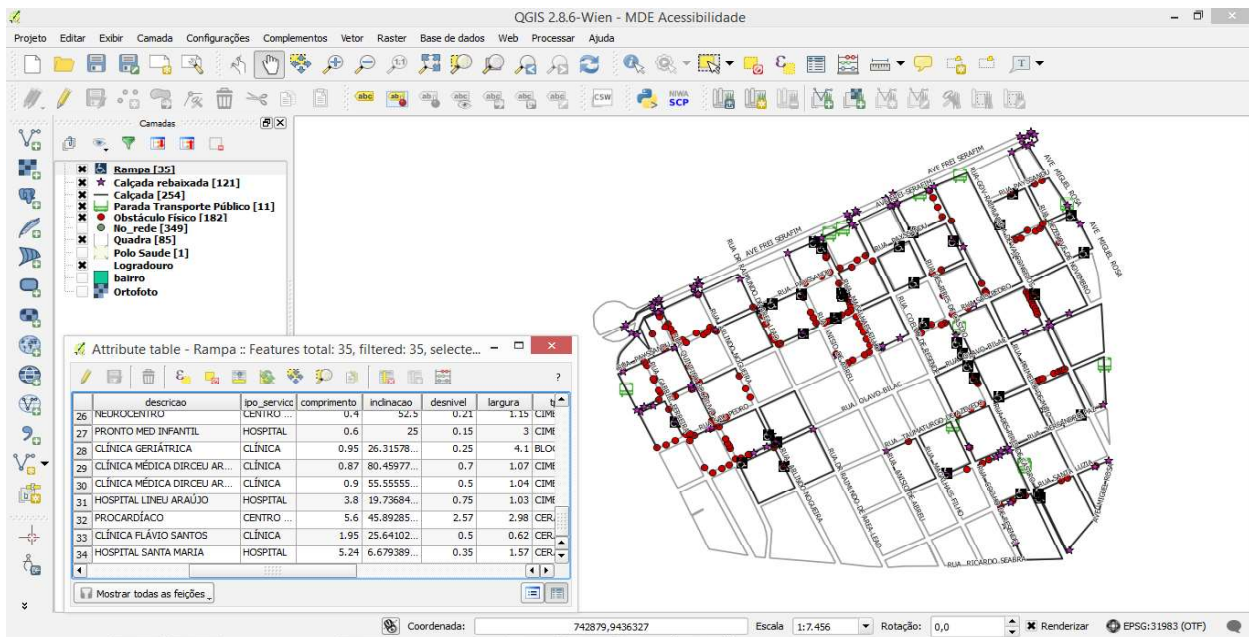


Fig. 10 – Acessibilidade de pessoas em cadeiras de rodas no QGIS.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da acessibilidade através de modelos de dados espaciais auxilia no planejamento de espaços públicos urbanos com as condições necessárias e previstas nas legislações vigentes para proporcionar uma locomoção plena, segura e de forma autônoma para todo cidadão.

A pesquisa apresentou uma Modelagem de Dados Espaciais capaz de integrar os elementos físicos do espaço urbano para acessibilidade de pessoas em cadeiras de rodas conforme os princípios do Desenho Universal e da norma NBR 9050/2004 e sua implementação usando geotecnologias.

O artigo revela avanços na criação de Modelagem de Dados Espaciais para acessibilidade adaptada à realidade brasileira, importante para o planejamento da mobilidade urbana nas cidades.

A análise da literatura científica constatou a escassez de pesquisas brasileiras voltadas para o mapeamento dos elementos físicos do espaço urbano para acessibilidade e mobilidade de pessoas com deficiência.

A modelagem mostrou a eficiência da metodologia OMT-G para representar as classes, os relacionamentos e as restrições espaciais para acessibilidade.

O SGBD espacial PostgreSQL/PostGIS e a extensão para dados raster PostGIS raster

demonstraram robustez na realização final da modelagem, capaz de criar e gerenciar a base de dados espacial. As tabelas espaciais permitiram armazenar as geometrias, atributos e restrições espaciais das classes da modelagem através dos algoritmos para dados espaciais.

A implementação da modelagem através da linguagem de programação SQL no Postgres/PostGIS revelou a potencialidade da ferramenta como uma geotecnologia de apoio para o mapeamento da acessibilidade.

Através da conexão Postgres/PostGIS no QGIS foi possível a identificação espacial de rampas, calçadas rebaixadas, obstáculos físicos e paradas de transporte público e suas características físicas. Sugere-se para trabalhos futuros a utilização da modelagem para avaliação qualitativa das características físicas dos acessos aos equipamentos de saúde na área de estudo.

A análise da acessibilidade e mobilidade com uso das Tecnologias da Geoinformação deve ser estendida para os demais tipos de deficiências e serviços públicos, como educação, comércio, laser, serviços jurídicos.

Com o objetivo de disseminar os dados geoespaciais gerados na pesquisa, a nível nacional, sugere-se a inclusão da Modelagem de Dados Espaciais para Acessibilidade nas Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais da CONCAR e contidas na INDE para acesso

por parte de Instituições de Ensino, de Órgãos Públicos e Privados, das Organizações e da sociedade civil em geral.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação – PPGCGTG da UFPE pelos ensinamentos e contribuições acadêmicas durante o Mestrado que resultou nessa Pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI pela concessão de licença que proporcionou as condições necessárias para a dedicação integral ao desenvolvimento da Dissertação de Mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbano**. Rio de Janeiro, 2004. 97p.

AGUIAR, F. de O. **Acessibilidade relativa dos espaços urbanos para pedestres com restrição de mobilidade**. 2010. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2010.

BEALE, L.; FIELD, K.; BRIGGS, D.; PICTON, P.; MATTHEWS H.. Mapping for wheelchair users: route navigation in urban spaces. In: **The Cartographic journal**, v. 43, n.1, pp. 68-81. The British Cartographic Society, 2006. Disponível em < <http://www.maneyonline.com/doi/abs/10.1179/000870406X93517>>. Acesso em: 18.nov.2015

BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. **GeoInformatica**, v.5, n.3, p. 221-260, 2001. Disponível em <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1011482030093#page-1>>. Acesso em 12 fev. 2016.

BORGES, K. A. V.; LAENDER, A. H. F.; e DAVIS Jr, C. D. Spatial data integrity constraints in object oriented geographic data modeling. In **Proceedings of ACM-GIS International Workshop on Advances in Geographic Information Systems**, Kansas City, 1999. 1-6pp.

DING, D.; PARMANTO, B.; KARIMI, H. A.;

ROONGPIBOONSOPIT, D.; PRANAMA, G.; CONAHAN, T.. Design Considerations for a Personalized Wheelchair Navigation System. In: **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE on Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS 2007)**, IEEE Press, New York, pp.4790-4793, 2007. Disponível em <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4353411>>. Acesso em 05.fev.2016.

KASEMSUPPAKORN, P. & KARIMI, H. A.. Data requirements and spatial database for personalized wheelchair navigation. In: **Proceedings of the Second International Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology**, p. 31-34, Bangkok, Thailand, 2008.

KASEMSUPPAKORN, P. & KARIMI, H. A.. Personalised routing for wheelchair navigation. In: **Journal of Location Based Services**. Vol 3, p. 24–54, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEORAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 28.nov.2016.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J. & RHIND, D. W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3ª ed. Bookman, 2013. 540p.

POSTGIS. Disponível em:<<http://postgis.net/>>. Acesso em 10.jun.2016(a).

POSTGIS. Disponível em:<<http://postgis.net/>>. Acesso em 10.jun.2016(b).

PUISSANT, A. & WEBER, C. Les images à très haute résolution, une source d’information géographique en milieu urbain? État des lieux et perspectives. In : **L’Espace géographique**. Paris, Vol.4, p. 345-356. 2003.

REN, M. & KARIMI, H.A.. A Chain-Code-Based Map Matching Algorithm for Wheelchair Navigation. In: **Transactions in GIS**, v.13, n.2, p.197– 214, 2009. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9671.2009.01147.x/full>>. Acesso em: 05.fev.2016

VASQUES, A. R. **Geotecnologias nos estudos sobre brownfields: identificação de brownfields em imagens de alta resolução espacial e análise da dinâmica da refuncionalização de antigas áreas fabris em São Paulo.** 2009. 245 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.