
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE DADOS VGI BASEADA NAS NECESSIDADES DO USUÁRIO. UM ESTUDO NA NAVEGAÇÃO DE PEDESTRES EM AMBIENTE URBANO

RODRIGO FLORIANO DE SOUZA
HENRIQUE FIRKOWSKI

Universidade Federal do Paraná - UFPR
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Departamento de Geomática, Curitiba, PR
rodrigoengcart@hotmail.com
firk@ufpr.br

RESUMO - Cada vez mais tem crescido o número de aplicações na *web* que disponibilizam informações geográficas geradas por usuários voluntários. Essa massa de informação pode ser utilizada nas mais diversas aplicações. Porém é necessário propor mecanismos para determinar a qualidade desse conjunto de informação de forma que se possa utilizá-la para a finalidade especificada. Deste modo, com este trabalho tem-se como finalidade avaliar a qualidade de base de dados *VGI* levando em consideração a aptidão de uso da base, ou seja, a conformidade na base de dados para uma determinada aplicação. Para o presente estudo, determinou-se no uso em navegação de pedestres em ambiente urbano. A qualidade da base é determinada por meio da comparação entre rotas geradas nas bases de dados do projeto *OpenStreetMap* e na base de arruamento do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). Tem-se, neste caso, como parâmetro de qualidade o comprimento da rota gerada nos dois conjuntos de dados. Considera-se como hipótese que para a tarefa de navegação, na qual se deseja determinar uma rota de caminho mínimo, a comparação das rotas geradas em dois conjuntos de dados, com o uso de itinerários pré-estabelecidos, pode fornecer um indicador de qualidade.

ABSTRACT – A wide range of volunteered geographic information applications on web is now a day's available. This involves geographic data collection and sharing for a wide set of participants. This kind of spatial data may be used in diverse application. However, the issue of quality is very important in this case. The purpose of this paper is evaluate the quality of *VGI* data based on application needs of pedestrian navigation on urban area. In this case quality analysis relies on the comparison with routes obtained from *OSM* data set and the those analogous obtained from *IPPUC* data base. In this case, the quality criteria is the length routes in the two data set network. In navigation (shortest path problem) comparing routes in a simulated itinerary on two networks may indicate a quality asses for this application needs.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm crescido o número de aplicações *webmapping*. Estas aplicações permitem usuários criar conteúdo georreferenciado. Nesse cenário de mudanças, *Goodchild* (2007) destaca a crescente participação de voluntários em atividades de criação, edição e disseminação de dados georreferenciados. O próprio autor cunhou um termo para designar esse tipo de iniciativa: *Voluntereed Geographic Information*, designada pela abreviação *VGI*. Assim como existem redes de sensores para monitorar fenômenos que ocorrem sobre a superfície terrestre, como por exemplo, o uso de câmeras de vídeo no controle de tráfego urbano, sistemas sensores para observação da terra (imagens de satélites) e sensores alertas no caso de ocorrência de *tsunamis*, pode-se descrever iniciativas *VGI* como cidadãos sensores, ou seja, utilizar o conhecimento das pessoas sobre os fenômenos que ocorrem no ambiente em que vivem. Este tipo de rede de monitoramento tem mais de 6 bilhões de sensores, cada um com o poder de sintetizar e interpretar fenômenos locais. *Goodchild* (2007) destaca que um efetivo uso de iniciativas *VGI* se faz possível através da internet com o uso do conceito *web 2.0* e com as tecnologias de comunicação baseada em plataformas móveis.

Esse novo modelo de produção de dados cartográficos pode ser utilizado nas mais diversas situações, como em desastres naturais. Nesse contexto pode-se imaginar que a população pode prover informação que possibilite a técnicos

concluir por situações de risco eminente. Na atualização de mapas topográficos, como no serviço criado pela *USGS* conhecido como *National Map Corps.*, os usuários podem atuar na indicação de quais são as feições que se encontram desatualizadas no mapa e no envio de correções de feições de arruamento em sistemas de navegação veicular, como por exemplo, no serviço *MapShare* disponibilizado pela empresa holandesa *TomTom*.

As iniciativas de produção colaborativa de conteúdo geográfico se tornam possíveis em função do avanço de algumas tecnologias geoespaciais. *Goodchild* (2007) cita os avanços nos sistemas de navegação por satélites, no aprimoramento da *webmapping*, na melhoria na estrutura de comunicação dos dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet pc*) e nas novas tecnologias baseadas em ferramentas *wiki*.

Esta nova forma de produção cartográfica, baseada na produção colaborativa de conteúdo georreferenciado, fez com que emergissem discussões a respeito desse tema, de forma a entender quais são as implicações práticas desse novo paradigma na cartografia. Para inferir acerca da aptidão de uso para um determinado conjunto de dados é fundamental o conhecimento da qualidade dos dados gerados por ações *VGI*. Desta forma, tem-se como ponto central neste estudo o tema qualidade de dados geográficos. Na pesquisa, empregou-se uma abordagem baseada nas necessidades de uso, neste caso, na navegação de pedestres em ambiente urbano. Essa abordagem diferencia-se das análises tradicionais, que são realizadas a partir da análise comparativa entre dois conjuntos de dados.

Inúmeras pesquisas vêm sendo conduzidas nessa direção, de forma a avaliar a qualidade de dados gerados por voluntários. Na grande maioria destas pesquisas utiliza-se a base de dados do projeto *OSM*, em função de sua abrangência global, do número de usuários e da maturidade do projeto (*HAKLAY,2008*). Neste estudo, empregou-se esta mesma base de dados, devido também à grande quantidade de informações relacionadas à navegação de pedestres, bem como, em função das características apresentadas anteriormente.

2 OPENSTREETMAP (OSM)

O projeto *OSM* foi criado em 2004, por *Steve Coast* na *University College London*. A proposição teve como finalidade criar um sistema *web* de mapas livres, no qual os usuários pudessem visualizar, criar e distribuir os dados geográficos livremente. A proposição baseou-se no conceito colaborativo e voluntário de geração de conteúdo cartográfico, mesmo conceito empregado na produção de verbetes da enciclopédia livre *Wikipédia*.

Os usuários se cadastram no site do projeto e, com isso, ficam habilitados a utilizar inúmeras ferramentas para criação e edição de dados geográficos. O projeto disponibiliza serviços de imagens de satélites (*Bing Maps* e *Yahoo*) para a digitalização de feições geográficas e funções que permitem carregar no banco de dados as informações que são provenientes de receptores *GPS* em formato *gpx*. O processo de aquisição e uso das informações pode ser exemplificado através do procedimento ilustrado na Figura 1.

O usuário coleta os dados com receptores *GPS* e carrega os dados na base de dados. Os dados ficam disponíveis para que outros usuários possam editar, seja pelo uso das funções de edição encontradas no site seja por meio de ferramentas específicas para tratamento de dados geoespaciais, como por exemplo, *plugins* que podem ser executados nos softwares de SIG em ambiente *desktop* (*QUANTUM GIS 1.7* e *ARCGIS 10*). Como resultado destas operações os dados ficam disponíveis, quase em tempo real, para a visualização no site do projeto.

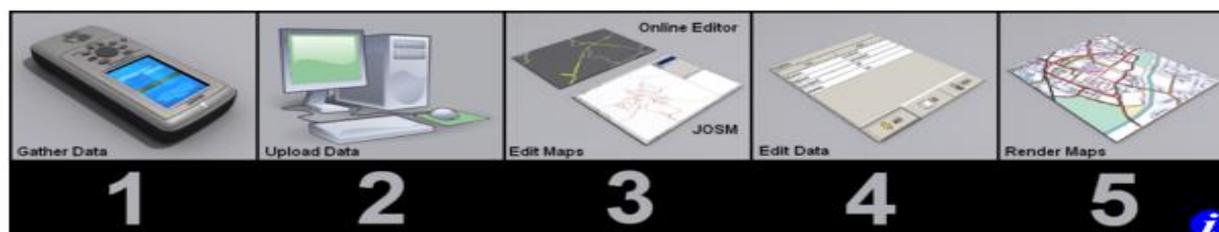


Figura 1 – Aquisição dos dados no projeto OSM.

Fonte: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Beginners%27_guide. Acesso em: 16 nov. 2011.

O projeto *OSM* conta com cerca de 498.000 usuários em todo o mundo, e com cerca de 2,6 bilhões de pontos *GPS*. Aproximadamente 1 bilhão e 115 milhões de feições pontuais e lineares, respectivamente. Assim como, 1,2 milhões de relacionamentos topológicos na base de dados (*OPENSTREETMAP STATISTICS, 2011*). Esses números mostram a maturidade do projeto, e a quantidade enorme de informações geradas por voluntários em todo o mundo. A Figura 2 ilustra um gráfico da evolução do projeto ao longo dos anos, em termos de número de usuários e pontos coletados por receptores *GPS* carregados no sistema.

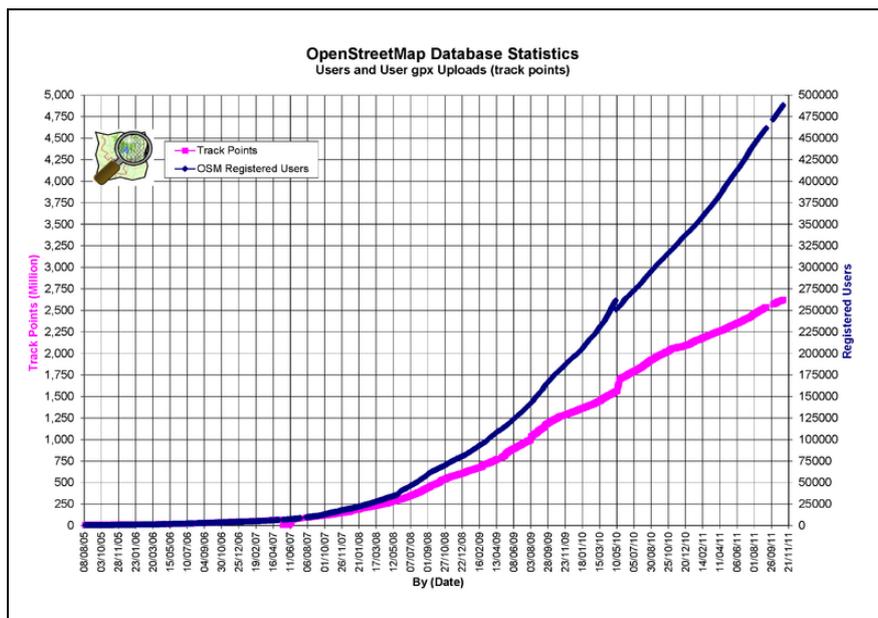


Figura 2 – Evolução do projeto OSM (usuários x dados gerados por GPS).
Fonte: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Stats>. Acesso em: 16 nov. 2011.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nessa pesquisa baseou-se nas diretrizes estabelecidas na norma ISO 19114 que, neste caso, limitou-se à definição dos seguintes parâmetros: levantamento das necessidades do usuário; definição do conjunto de dados de acordo com as necessidades de uso; definição dos elementos da qualidade; e escolha da região de estudo (Seção 6).

3.1 Levantamento das necessidades do usuário.

Determinou-se, como uma das necessidades básicas do usuário para a navegação de pedestre em ambiente urbano, o conhecimento do menor caminho a ser percorrido, de acordo com um itinerário pré-estabelecido. O estabelecimento do caminho mínimo está relacionado a vários problemas em análise de redes, seja em roteamento, manufatura e fluxo em redes. Tem-se como finalidade, no problema de caminho mínimo, minimizar os esforços de busca de forma encontrar o caminho de menor custo, que pode ser definido como custo em tempo, distância e acessibilidade. Com isso, a necessidade do usuário, neste trabalho, é o conhecimento da menor distância dentro de um itinerário estabelecido.

3.2 Definição do conjunto de dados.

As bases de dados utilizadas na avaliação consistem nos dados *OSM* e *IPPUC*. A base de dados *IPPUC* se encontra na escala 1:10.000 com PEC classe C. Enquanto que a base *OSM*, conforme pesquisa conduzida por Haklay (2008) na Inglaterra, a precisão posicional se encontra em torno de 5 a 20 m em áreas urbanas.

Para a definição do conjunto de dados se faz necessário selecionar as feições que são inerentes ao uso na navegação de pedestres, que para este trabalho foram utilizados as feições de ruas, avenidas e caminhos trafegáveis para pedestres, exceto aqueles denominados de caminhos particulares. Esses elementos foram selecionados nas duas bases de dados de forma a serem utilizadas na avaliação

3.3 Definição dos elementos da qualidade

A qualidade de uma base cartográfica digital pode ser expressa em função dos elementos da qualidade. Conforme a norma ISO 19114 a qualidade de informação geográfica pode ser definida através da acurácia em posição, completude, acurácia temática, consistência lógica e acurácia temporal. Neste caso, definiu-se que o elemento da qualidade a ser mensurado é o comprimento da rota de caminho de mínimo do itinerário estabelecido, pois este esse parâmetro está relacionado com problemas em escala. A questão da escala é um fator limitante de aptidão ao uso da base na navegação de pedestres.

4 PROBLEMA DO CAMINHO MÍNIMO: ALGORITMO DE DIJKSTRA

Para o cálculo do caminho mínimo utilizou-se o algoritmo de *Dijkstra*, que consiste em determinar o caminho de menor custo entre um nó inicial (raiz) e os demais nós em um grafo. Um grafo pode ser considerado como uma representação gráfica de interdependência entre elementos representados por vértices (nós), na qual estes elementos são unidos por um traço denominado de aresta (arcos). As variáveis V e A são, respectivamente, o conjunto de vértices e arestas, de modo que um grafo pode ser definido pela seguinte expressão: $G=(V,A)$. Desta forma, conforme Figura 3a, tem-se o grafo G com $V=\{I,II,III,IV,V\}$ e $A=\{8,7,9,4,5,3,6,7\}$. Considerando-se um nó inicial como raiz de busca, neste caso o nó I (Figura 3b), tem-se um conjunto S de menores caminhos (nós II, III e IV). Busca-se nas adjacências dos nós pertencentes a S aquele nó com menor custo a I e adiciona-se a S, neste caso o nó III (Figura 3c). Repetem-se os passos de forma que todos os nós alcançáveis em I estejam em S. Neste exemplo tem-se que o conjunto S de menor custo é o caminho representado pelos nós I, III e V (Figura 3d).

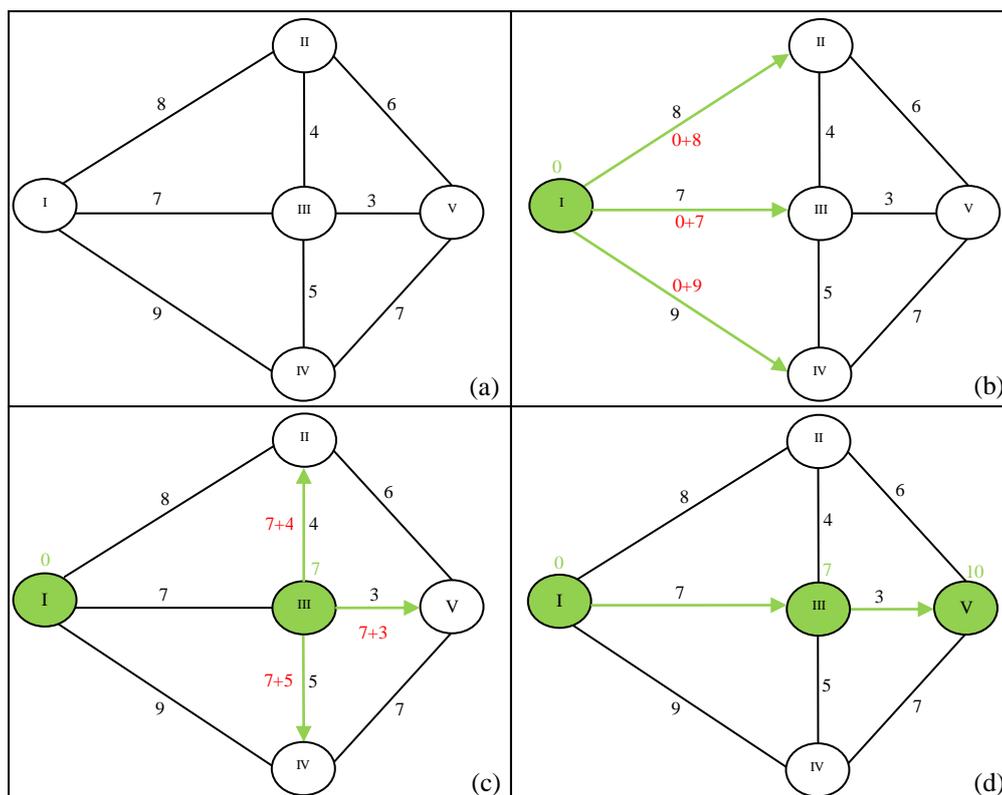


Figura 3 – Determinação do caminho mínimo: algoritmo *Dijkstra*.

O algoritmo *Dijkstra* está implementado na aplicação *pgrouting* que é usado como uma função no sistema gerenciador de banco de dados *Postgresql/Postgis*. Para a determinação do caminho mínimo a partir do uso do algoritmo *Dijkstra*, é necessário determinar o nó inicial e o nó final como parâmetros para cada segmento da rede.

O par de nós (inicial e final) de cada segmento é explicitado como um atributo na tabela que contém as feições empregadas na avaliação. Além disso, devem-se armazenar os comprimentos de cada segmento que será utilizado como parâmetro para determinar o caminho mínimo. Esses parâmetros representam os seguintes campos na tabela de atributos: *source* (início), *target* (final) e *length* (comprimento). Dados os nós de início e de fim das arestas que compõem o grafo, é possível determinar o caminho de menor custo, que para a finalidade especificada neste trabalho, é o caminho definido pela menor distância entre o nó origem e nó destino na rede.

5 PREPARAÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE

A primeira etapa para preparar os dados para análise consiste em criar a topologia de redes nos dois conjuntos de dados, ou seja, representar os dados em uma estrutura de grafo (arcos e nós). O modelo de dados empregado na representação das vias urbanas nos dados do IPPUC apresenta a topologia de redes. Esse modelo já era esperado para a

base de arruamento do IPPUC, pois os dados gerados pelo IPPUC de arruamento são utilizados em diversas aplicações da administração municipal, nas quais se necessita a análise de redes.

No conjunto de dados oriundos do projeto *OSM* faz-se necessário criar a topologia de rede, pois o modelo de dados adotado no projeto, não traz nenhuma restrição quanto aos relacionamentos topológicos. Essa liberdade na geração de dados é compreensível, pois a finalidade do projeto *OSM* é a visualização, criação e disseminação de dados geográficos, e que os dados podem ser empregados em aplicações que não necessariamente demandam análises de redes. Para a geração da topologia de redes utilizou-se a o *software JOSM*, ferramenta disponível aos usuários do projeto *OSM* para a criação de relações entre os elementos da base.

Na Figura 4 apresenta-se uma amostra dos dados anterior e posterior ao tratamento topológico, no qual os pontos (amarelo) correspondem os nós e as linhas (preto) as arestas do grafo. Pode-se visualizar nas figuras que não existe uma preocupação pelos usuários voluntários na criação de relacionamentos topológicos, essa constatação pode ser um bom indicativo da qualidade da base gerada. No entanto, dado que *OSM* emprega um modelo de dados com pouca restrição topológica, este resultado já era esperado, pois os dados podem ser utilizados em uma série de aplicações que não necessitam de uma rigidez na construção de relacionamento entres os objetos.

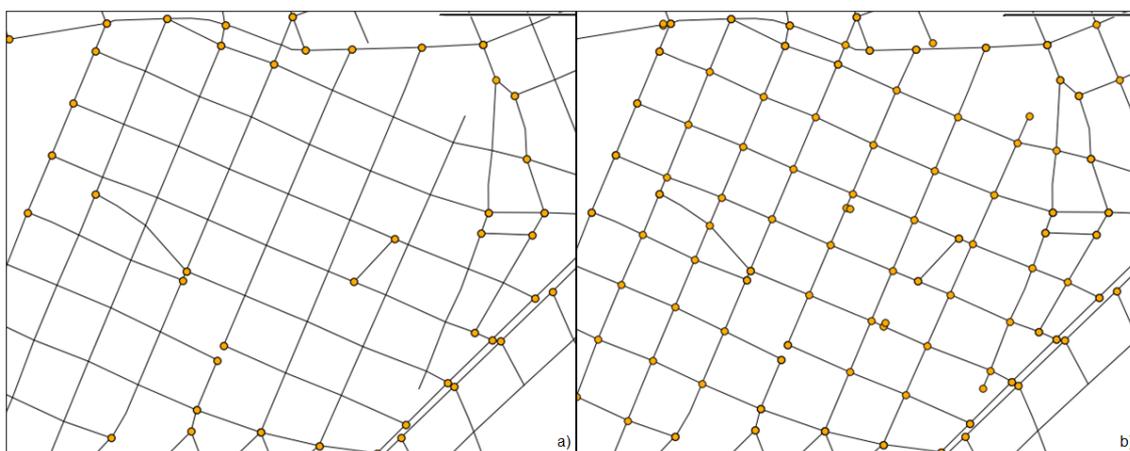


Figura 4 – Amostra do grafo, antes (a) e depois (b) do tratamento topológico.

6 REGIÃO DE ESTUDO

A região de estudo compreende os limites do bairro Água Verde na cidade de Curitiba. Para a escolha da região de estudo, levou-se em consideração a distribuição homogênea dos dados na região se comparados os dois conjunto de dados. Espera-se que, para regiões em que se tenha uma qualidade em completude dos dados *VGI* quando comparado com base de dados oficiais não ocorram discrepâncias significativas para a navegação de pedestres, pois em análise de redes, nas quais se deseja calcular o caminho mínimo entre o ponto origem e destino, é necessário haver uma distribuição homogênea de dados na região de interesse.

Na região de estudo tem-se uma extensão de 74,14 e 71,99 quilômetros de feições de navegação, que correspondem os valores contidos na base *OSM* e *IPPUC*, respectivamente. Como o bairro tem área de aproximadamente 4,78 Km², tem-se uma densidade de 15,51 e 15,06 quilômetros de feições por quilômetro quadrado nas bases *OSM* e *IPPUC*, respectivamente.

Esse resultado, baseado na densidade de dados na região, não apresenta áreas na região de estudo onde se tem grandes discrepâncias de dados. Porém, fornece um parâmetro inicial de qualidade em completude quando se confronta as duas bases de dados, desta forma, tem-se estabelecida a premissa inicial de distribuição homogênea nos limites da região de estudo.

Para a avaliação foram gerados aleatoriamente 50 pontos na região de estudo. Escolhendo um par de pontos, um ponto origem e um ponto destino, é possível calcular a rota de caminho mínimo entre esses dois pontos. Como os pontos não estão sobre a rede, há um *bias* que pode influenciar no comprimento total da rota analisada. O *bias* é a distância euclidiana em relação aos pontos gerados e a base de dados no conjunto *OSM* e *IPPUC*. Além dessa diferença (*bias*), há ainda pontos que estão muito próximos um do outro, como por exemplo, menos de 100 m.

Não teria sentido realizar cálculos para caminhos tão curtos. Desta forma, optou-se por pontos que apresentam *bias* inferior a 10m, e pontos com distancia superior a 100 m, um em relação ao outro. Com isso tem-se no final 8 pontos que respeitam essa condição. Pode-se visualizar na Tabela 1 que o *bias* dos pontos em relação às bases não são fatores limitantes para a análise.

Tabela 1 – Bias dos pontos em relação as bases de dados .

Pontos	IPPUC (m)	OSM (m)
13	3,57	3,25
34	6,89	0,10
18	3,30	3,22
17	1,18	8,40
09	8,19	9,33
19	2,47	0,67
14	3,23	2,71
16	0,98	5,82
Total	29,81	30,25

Com estes pontos foram estabelecidos 3 itinerários, nos quais foram geradas as rotas de caminho mínimo para a navegação (Figura 5). O itinerário 01 é composto pelos caminhos 13-34;34-18;18-17;17-9;9-19;19-14;14-16;16-13. Para o itinerário 02, tem-se o caminho com a seguinte configuração 13-16;16-19;19-14;14-18;18-09;09-17;17-34;34-13, enquanto que o itinerário 03 é determinado pelos caminhos 13-18;18-34;34-19;19-14;14-16;16-09;09-13.

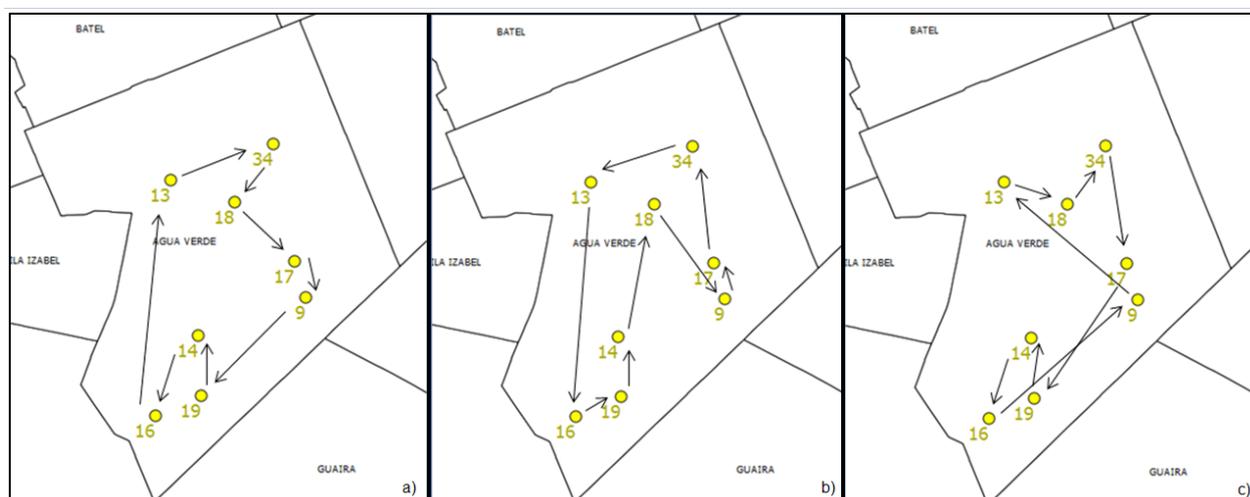


Figura 5 – Ilustração dos itinerários pré-estabelecidos: 01 (a), 02 (b) e 03 (c).

7 RESULTADOS

Na Figura 6 ilustram-se as rotas de caminho mínimo no itinerário 01 nas bases IPPUC e OSM, respectivamente. Como resultado, obteve-se um comprimento total de 7.004,53 m na rota calculada na base IPPUC e 7.002,93 m da base OSM, o que corresponde uma discrepância de 1,6 m. A diferença relativa (d_i) pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$d_i = \frac{OSM - IPPUC}{IPPUC} \quad (1)$$

Neste caso, tem-se diferença relativa da base OSM em relação à base IPPUC de - 0,0002 %. O sinal negativo indica que a rota gerada na base IPPUC apresenta comprimento menor quando comparada a mesma rota calculada na base OSM. Apesar dos resultados apresentarem valores de comprimentos muito próximos, tem-se nos caminhos 09-14 e 16-13, o uso de diferentes trechos de ruas para compor a rota, o que indica um problema de escala entre os dois conjuntos de dados.

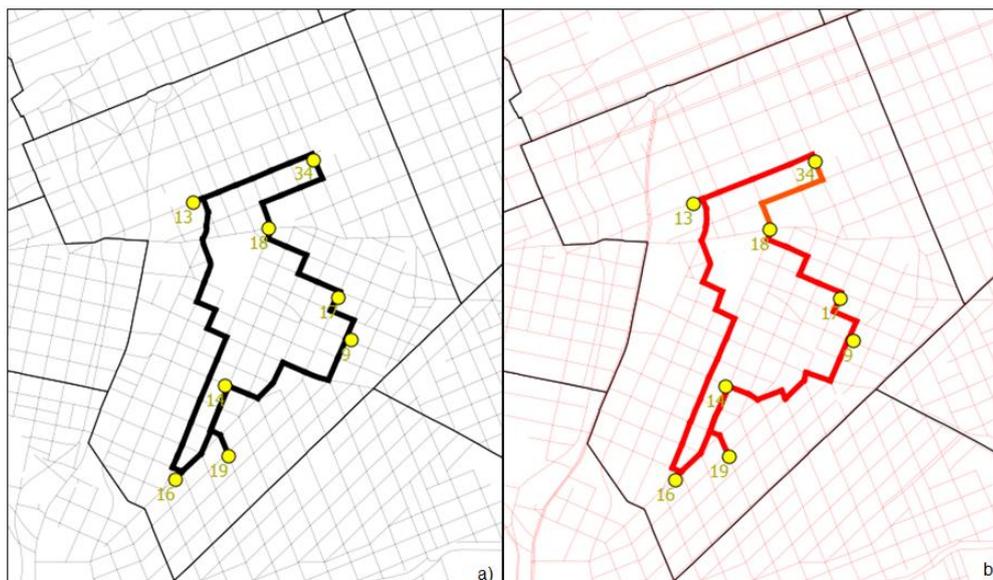


Figura 6 – Rotas geradas na base IPPUC (a) e OSM (b) de acordo com o itinerário 01.

Para o itinerário 02 as rotas calculadas estão apresentadas na Figura 7. Os resultados mostram os valores de comprimento da rota de 7.479,82 m e 7.472,29 m na base IPPUC e *OSM*, respectivamente. A diferença relativa, neste itinerário, foi de $-0,0001\%$, o que totaliza a diferença de 7,53m entre as duas bases. Assim como no itinerário 01, a rota na base IPPUC apresenta um comprimento maior quando comparado a rota *OSM*, e assim como no itinerário 01, houve variações de trechos de ruas nos caminhos percorridos, sendo estes os caminhos 13-16; 16-19; 18-09 e 17-34.

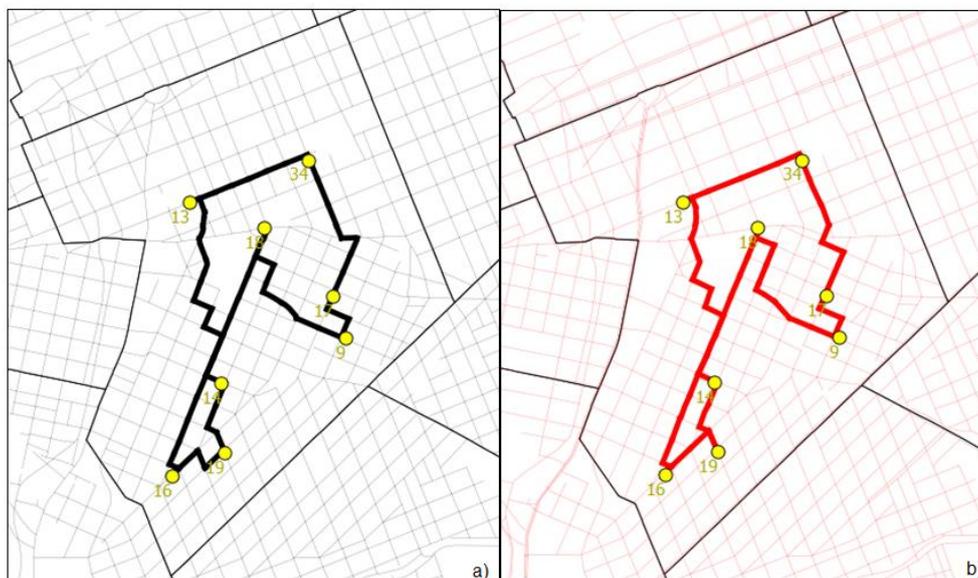


Figura 7 – Rotas geradas na base IPPUC (a) e OSM (b) de acordo com o itinerário 02.

No terceiro itinerário, as rotas calculadas podem ser visualizadas na Figura 8. Obteve-se como resultado os comprimentos de 7.906,64 m e 8.127,11 m nas rotas IPPUC e *OSM*, respectivamente. Para esta situação teve-se uma diferença de 220,47 m entre o comprimento das rotas calculadas nas duas bases, que representa uma diferença relativa de 2,79%. Assim como nos dois primeiros casos, ocorreram diferenças de trechos de ruas percorridos em alguns caminhos, sendo estes os caminhos 34-17; 17-19; 16-09 e 09-13.

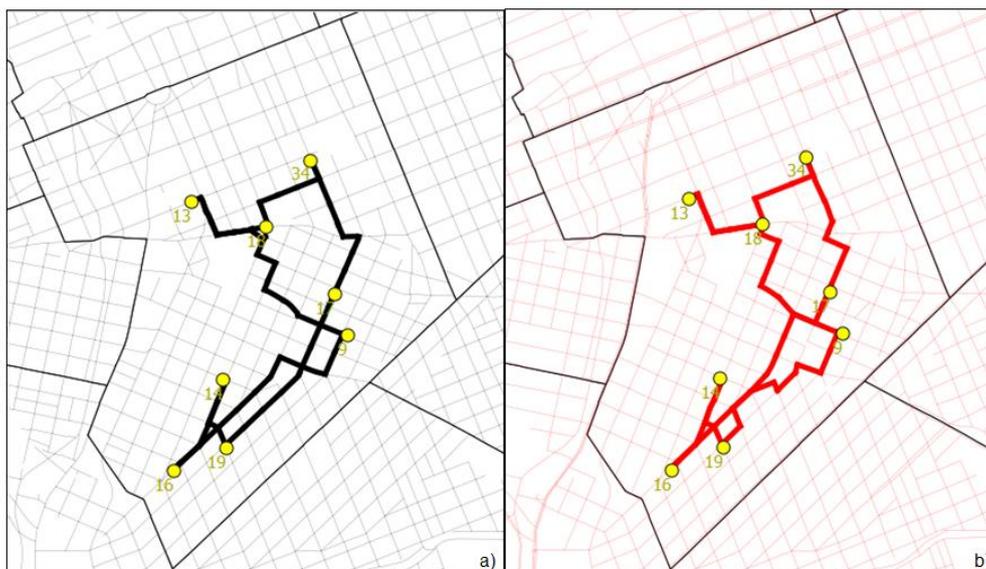


Figura 8 – Rotas geradas na base IPPUC (a) e OSM (b) de acordo com o itinerário 03.

A discrepância maior em comprimento no itinerário 03 se estabelece em função da diferença em completude entre as bases nesse trecho da rota. Ocorreu uma diferença de 220m entre os pontos 19-17, neste caso, um comprimento maior na base IPPUC. Essa diferença de 220 m explica a discrepância de comprimento da rota no itinerário 03. Na Figura 9 ilustra-se a área onde houve a falta de informação na base OSM, o que explica a discrepância entre as rotas geradas nas bases *OSM* e *IPPUC*.

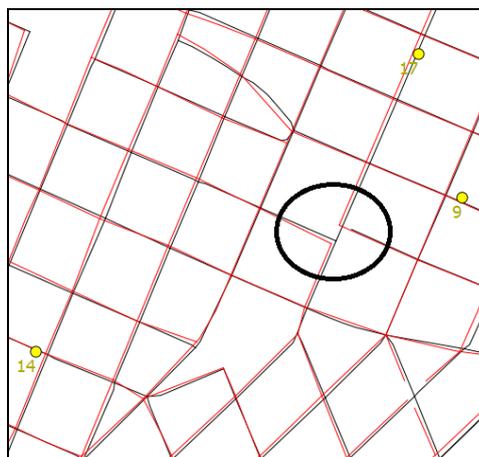


Figura 9 – Discrepância em completude:
IPPUC (preto) e OSM (vermelho).

Isso mostra que acurácia em completude é um parâmetro limitante de qualidade, e que pode inviabilizar o uso da base para a finalidade estabelecida no presente estudo. Pois, dado que o pedestre tem uma maior mobilidade de navegação em ambiente urbano, a ausência de feições como ruas, caminhos, praças e bosques pode acarretar em resultados que não apresentam o caminho mais curto dentro do itinerário estabelecido. Porém, para outras finalidades, como o uso na navegação veicular, isso pode não acarretar necessariamente um problema, pois para esse tipo de navegação, há uma série de restrições para navegação, como por exemplo, sentido de vias, limite de velocidade, sinalizações de trânsito, dentre outras.

As diferenças em comprimento na rota, nos itinerários 01 e 02 têm relação com a diferença em escala entre os dois conjuntos de dados, porém em função da necessidade a ser atendida para a navegação de pedestres, não se estabelece como um fator limitante. Todavia, a diferença em escala, faz com que ocorra o uso de diferentes trechos de ruas nos dois conjuntos de dados para compor o caminho mínimo.

Com intuito de avaliar a relação entre a diferença de trecho das rotas e a escala, tomou-se como premissa que a diferença de trecho em cada caminho tem relação com o comprimento entre os pontos do itinerário, de forma que,

quanto maior a distância, tem-se maior probabilidade de ocorrer essa diferença de trecho de ruas. Na Figura 10 ilustra-se a sobreposição das rotas geradas nas duas bases e na Figura 11 apresenta-se um gráfico em que se tem a discrepância em comprimento em cada itinerário.. Os resultados mostram que a diferença em escala tem relação com a escolha do trecho a ser utilizado para compor rota, como por exemplo, nos caminhos 09-14 e 16-13 nos itinerários 01 e 02, assim como, nos caminhos 34-17,16-09 e 09-13 no itinerário 03.

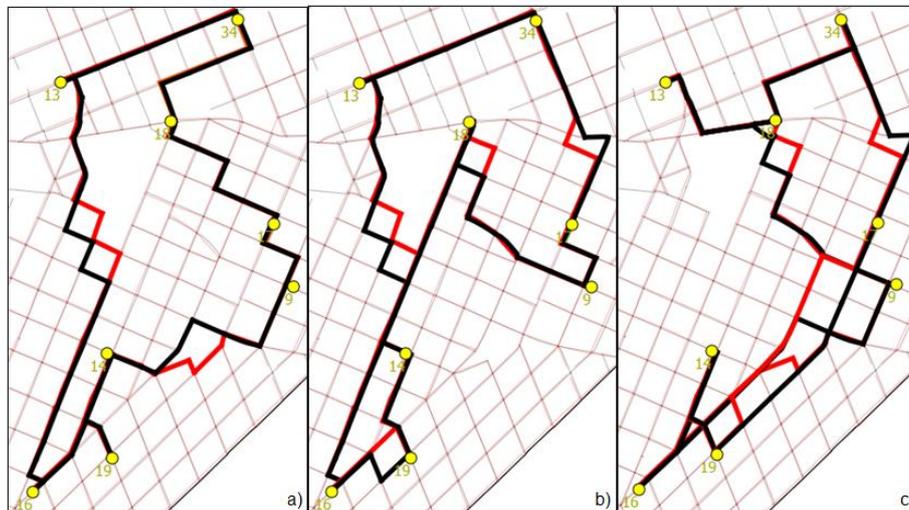


Figura 10 – Sobreposição das rotas geradas na base IPPUC (a) e OSM (b) de acordo com o itinerário 01 (a), 02 (b) e 03 (c).

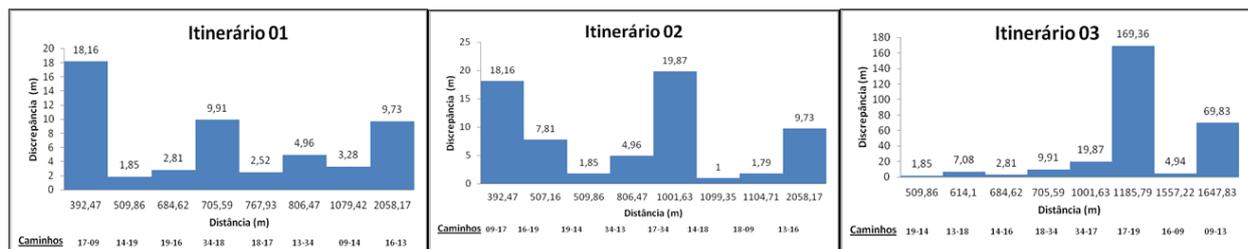


Figura 11 – Gráfico das discrepâncias entre as rotas geradas nos três itinerários, em função da distância média em cada caminho.

Em função dos resultados apresentados nessa pesquisa pode-se concluir que a comparação entre os dois conjuntos de dados (*OSM* e *IPPUC*), na tarefa de navegação de pedestres em ambiente urbano, mostrou-se um bom indicador de qualidade, quando se estabelece itinerários pré-estabelecidos na região de interesse. Desta forma, os resultados confirmam a hipótese levantada para a questão da determinação da qualidade em bases *VGI*. Além disso, os resultados apresentam que a diferença em escala não é um fator limitante no resultado final, no caso de se utilizar como parâmetro de qualidade o comprimento da rota gerada. No entanto, tem-se o uso de trechos diferentes para compor o caminho mínimo de acordo como o itinerário pré-estabelecido.

REFERÊNCIAS

GOODCHILD, M. F. **Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography**. *GeoJournal*, Vol. 69, no. 4, pp. 211–221, 2007.

OPENSTREETMAP STATISTICS. **Relatório de Estatística do projeto OSM**. Disponível em: <http://www.openstreetmap.org/stats/data_stats.html>. Acesso em: 17 nov. 2011.

ISO. Project 19114 – **Quality evaluation procedures**. *ISO/ TC 211*. Geographic information /Geomatics. Project 19114. Oslo – Norway. 79 p, 2001.

HAKLAY, M. **How Good is Open Street Map Information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets for London and the rest of England**. *Environment and Planning B*, 2008.