

Utilização de dados de altimetria para o fornecimento de rotas acessíveis para cadeirantes

Guilherme L. Barczynszyn¹, Nádia P. Kozievitch¹, Rodrigo Minetto¹,
Ricardo D. da Silva¹, Juliana de Santi¹

¹Departamento de Informática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Curitiba – PR – Brasil

guilhermeb@alunos.utfpr.edu.br, {nadiap,rminetto,rdutra}@utfpr.edu.br

jsanti@dainf.ct.utfpr.edu.br

Abstract. *Building a route planning system is not a simple task because it may take into account many aspects that would be important to provide relevant routes. Most route planning systems are street-based and do not take into account sidewalks and crosswalks. A route planning system that takes sidewalks into account, suitable for wheelchair users, is a big challenge in geoprocessing, considering algorithmic and accessibility points of view. Others aspects like ramps in crosswalks and inclinations should also be considered in route planning for a wheelchair user. The model proposed in this article has the purpose of building an alternative system that includes other variants like altimetry in the considered paths.*

Resumo. *Elaborar um sistema de planejamento de rotas não é uma tarefa trivial por envolver uma série de aspectos que podem ser importantes para o fornecimento de rotas de fato relevantes. A maioria dos sistemas planejadores de rotas são baseados apenas em ruas e não levam em conta calçadas e cruzamentos. Elaborar um sistema de planejamento de rotas levando em conta calçadas, destinado a usuários cadeirantes, torna-se um grande desafio do ponto de vista de geoprocessamento, considerando os pontos de vista algorítmicos como também de acessibilidade. Outros aspectos como rampas para cruzamentos e inclinação devem ser levados em conta ao fornecer uma boa rota para um cadeirante. O modelo proposto neste artigo tem o propósito de construir um sistema que alternativo que inclua outras variantes como a altimetria dos caminhos considerados.*

1. Introdução

Existem diversas tentativas de elaborar serviços de planejamento de rotas para pessoas com algum tipo de necessidade [Sobek and Miller 2006], [Menkens et al. 2011], [Sumida et al. 2012], [Neis 2015]. Este é um desafio que envolve o processamento de uma grande quantidade de dados como mapas, imagens e topografia, além do *feedback* dos usuários.

Serviços de planejamento de rotas baseados em rua como o *Google Maps*¹ não são adequados para usuários cadeirantes, por exemplo, pois todos os trajetos sugeridos são

¹<https://www.google.com.br/maps>. Acessado em 09/09/2017.

baseados em ruas e não em calçadas conforme mostrado na Figura 1 (esquerda). Observe-se que o caminho passa por ruas e ignora condições de calçada (esquerda, direita). Além disso, não consideram obstáculos que podem ser custosos para o usuário como rampas em meio-fio e cruzamentos.

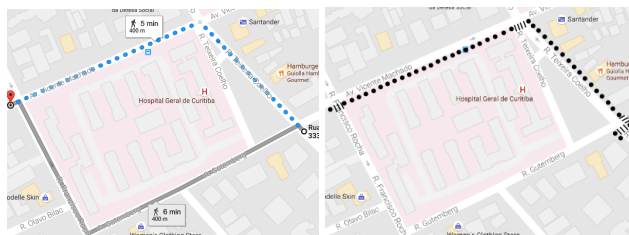


Figura 1. Modelo baseado em ruas (esquerda) e baseado em calçadas (direita).

Os poucos serviços de fornecimento de rotas acessíveis existentes são todos baseados em ruas. Portanto, neste trabalho (em andamento) é proposto um modelo baseado em calçadas conforme mostrado na Figura 1(direita). Este modelo foi matematicamente definido como um grafo em que as arestas são as calçadas ou cruzamentos e os vértices são as esquinas das quadras. Cada custo de aresta é definido a partir de uma série de informações como distância, inclinação e situação das rampas. O objetivo aqui é adicionar a altimetria como um fator de custo para cada aresta do modelo. Este artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados. Na seção 3 é apresentada a proposta. Por fim, a Seção 4 conclui o artigo.

2. Trabalhos Relacionados

[Sobek and Miller 2006] propõe um sistema *web* que auxilia pedestres a identificar as menores rotas dentro de um campus universitário, usando o algoritmo de menor caminho Dijkstra para fornecer rotas de acordo com três diferentes habilidades físicas especificada pelo usuário (mobilidade sem ajuda, mobilidade parcial e cadeirante). Neste caso não há nenhuma distinção entre ruas e calçadas.

[Menkens et al. 2011] propõe um sistema que fornece informações de acessibilidade sobre diversos POIs (pontos de interesse), com rotas personalizadas de acordo com as preferências dos usuários, usando atributos como tipo de rua, existência de calçadas, inclinação da rua, informações atualizadas de construção. No entanto, tal sistema não especifica de que maneira os requisitos de usuários são levados em contas para a aplicação de um custo no cálculo das rotas. Além disso, o sistema não fornece rotas com base em calçadas.

Da mesma maneira, [Neis 2015] também propõe um sistema de planejamento de rotas baseado em preferências do usuário, usando um modelo de grafo com o *Open Street Maps*. O caminho fornecido, entretanto, é baseado apenas nas preferências do usuário. Este sistema supõe que uma rua possui sempre duas calçadas à direita e à esquerda, mas não especifica qual dos lados é utilizado na rota.

Abordando acessibilidade para deficientes visuais, [Xavier and Davis-Jr 2012] propõe um sistema que permita que um deficiente visual total possa interagir com o mapa informando um endereço inicial e explorando as ruas e avenidas próximas de forma livre.

Diferente do trabalho aqui proposto, o aplicativo elaborado aborda pessoas com outro tipo de deficiência, o que pode ser interessante para a elaboração de futuros trabalhos unindo as duas abordagens. A aplicação proposta por [Xavier and Davis-Jr 2012] carece de um sistema de planejamento de rotas, conforme os próprios autores citam como futuros trabalhos. Este sistema ainda utiliza uma abordagem baseada em ruas.

3. Rotas acessíveis para Cadeirantes explorando Altimetria

A Arquitetura. A arquitetura do sistema aqui proposto, ilustrada na Figura 2, é baseada no *framework* para computação urbana proposto por [Zheng et al. 2014]. Este *framework* é composto pelas seguintes camadas: *Sensoreamento urbano e Aquisição de dados*, *Gerenciamento de dados urbanos*, *Análise de dados e Serviços*. A camada de Sensoreamento urbano é responsável por coletar dados através de sensores em geral, celulares, redes sociais e *feedback* do usuário. A camada de gerenciamento de dados urbanos é responsável por estruturar os dados para facilitar a sua análise. Na camada de análise de dados é onde são usados algoritmos de mineração de dados, aprendizado de máquina, otimização, visualização, e, no caso deste trabalho, de planejamento de rotas. Por fim, a camada de serviços, fornece ao usuário a menor rota, a visualização e o reporte de problemas. É importante dizer que por ser um trabalho ainda em andamento, não é utilizado, por hora, o sensoreamento urbano.

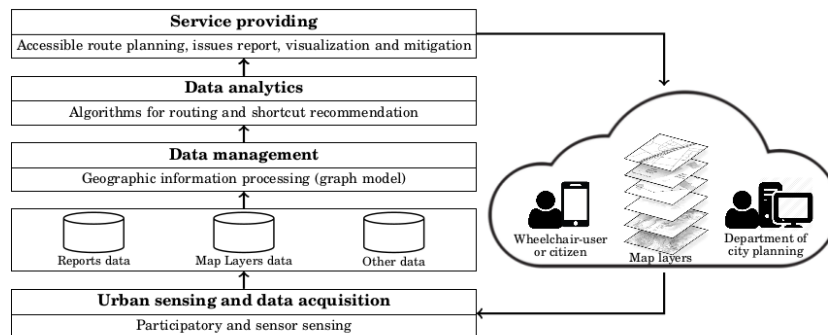


Figura 2. Arquitetura baseada no modelo para computação urbana. Adaptado de [Zheng et al. 2014]

O Grafo. As Figuras 3 e 4 mostram como foi construído o grafo baseado em calçadas. A partir dos polígonos das quadras, cada esquina foi considerada como um vértice do grafo e as bordas da quadra foram extraídas como calçadas que por sua vez foram consideradas as arestas do modelo, conforme mostra a Figura 3. Um problema enfrentado aqui foi a existência de pequenas curvaturas responsáveis pela existência de mais de quatro vértices em uma quadra retangular. Esta questão foi resolvida utilizando a função *st_simplify* do PostGIS², resultando no grafo representado na Figura 4 (a).

Para a construção de arestas em cruzamentos, assumiu-se que existiam rampas em cada um dos vértices das quadras. A Figura 4 (a) mostra que a partir dos vértices *a*, *b*, *c* e *d* foram geradas novas arestas dos grafos, representado os cruzamentos. A Figura 4 (b) demonstra o grafo resultante da transformação.

²<http://www.postgis.net/>. Acessado em 09/09/2017.



Figura 3. Imagem de satélite de uma quadra (a) e sua representação em geometrias (b).

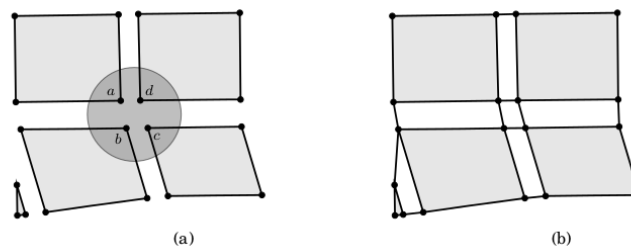


Figura 4. Vértices a serem utilizados na construção de cruzamentos a partir de rampas (a) e grafo resultante da construção dos cruzamentos (b).

Neste sistema, a inclinação do caminho deverá ser levada em conta para o planejamento de rotas. Foram utilizadas curvas de nível para a adição de novos pesos nas arestas. Utilizando o algoritmo para computar intersecção entre segmentos de reta proposto por [Bentley and Ottmann. 1979], foi possível extrair as interseções entre curvas de nível e arestas. Para cada aresta (u, v) pertencente ao modelo, $\{p_0 = u, p_1, p_2, \dots, p_n = v\}$ é o conjunto dos pontos entre os vértices u e v resultantes do cruzamento das curvas de nível com a aresta. Verificando a Figura 5, é possível notar o cruzamento das curvas de níveis com as arestas, formando tais pontos.

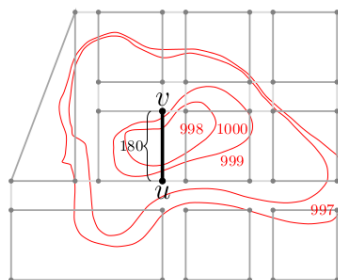


Figura 5. Cruzamento de arestas com curvas de nível.

É possível calcular o *grau percentual de inclinação* para cada segmento (p_i, p_{i+1}) , $0 \leq i < n$, da seguinte maneira:

$$g(p_i, p_j) = \frac{100d_v(p_i, p_j)}{d_h(p_i, j)} \quad (1)$$

onde $d_v(p_i, p_j)$ é o deslocamento vertical de p_i para p_j (cateto oposto), $d_h(p_i, p_j) = \sqrt{d(p_i, p_j)^2 - d_v(p_i, p_j)^2}$ é o deslocamento horizontal (cateto adjacente) e $d(p_i, p_j)$ é a distância entre os dois pontos (hipotenusa), conforme ilustra a Figura 6 (a). Note que g pode ser negativo para um declive, positivo para uma subida ou zero para uma superfície plana. Seguindo a especificação para inclinação de rampa para cadeirantes a norma NBR9050 define que o percentual de inclinação não poderá ser superior a 8% ³.

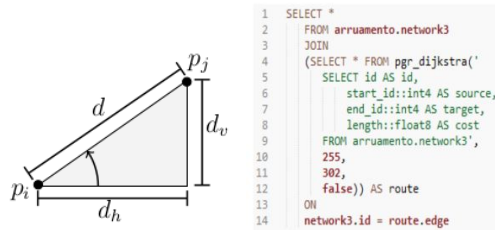


Figura 6. Valores utilizados no cálculo do percentual de inclinação do vértice p_i ao vértice p_j (a) e exemplo de código Dijkstra (b).

Implementação. Inicialmente os dados de ruas, quadras e altimetria foram selecionados, utilizando o bairro Batel, da cidade de Curitiba. Estes dados foram integrados com uma base já consolidada da cidade [Barczyszyn 2015]. Os dados utilizaram PostGIS e foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Curitiba⁴ e pelo IPPUC⁵. Neste caso, foi utilizado o PgRouting⁶ para o caminho mínimo de Dijkstra.

Testes. Tendo todos os elementos apresentados anteriormente, utilizando o algoritmo de Dijkstra, foi possível realizar alguns testes e verificar a diferença entre o fornecimento de uma rota utilizando apenas as distâncias entre os vértices como custo e a utilização do percentual de inclinação. A Figura 6 (b) exemplifica o SQL para executar o algoritmo de Dijkstra na base de dados - dentro da função *pgr_dijkstra*, o primeiro parâmetro representa uma consulta que fornecerá os dados para o algoritmo, indicando qual coluna será utilizada como *source* (origem), *target* (destino) e *cost* (custo). Os dois números inteiros representam os *id* dos nós inicial e final do caminho e, por fim, o *booleano* indica se o grafo é direcionado. O resultado dessa consulta é uma coleção de registros onde cada um deles contém os *id* dos dois vértices de uma aresta, o custo individual da aresta e o custo acumulado do caminho. A Figura 7 ilustra os testes aqui realizados, apresentando graficamente os caminhos e os percentuais de inclinação de cada um deles em cada aresta. A Figura 7 (a) demonstra o primeiro caso: um caminho mínimo utilizando apenas distâncias entre vértices como custo. Já a Figura 7 (b) demonstra um caso de uma rota calculada utilizando a inclinação como custo. Note que no primeiro caso os percentuais de inclinação excedem o valor 8, o que não ocorre no segundo caso.

4. Conclusão

Este artigo apresentou um trabalho em andamento de um sistema de planejamento de rotas que contemple os principais pontos que interferem no deslocamento dos cadeirantes

³<http://www.abnt.org.br/normalizacao/lista-de-publicacoes/abnt/category/105-2015association>. Acessado em 09/09/2017

⁴<http://www.curitiba.pr.gov.br/dadosabertos/>. Acessado em 09/09/2017.

⁵<http://www.ippuc.org.br/>. Acessado em 09/09/2017.

⁶<http://pgrouting.org>. Acessado em 09/09/2017.

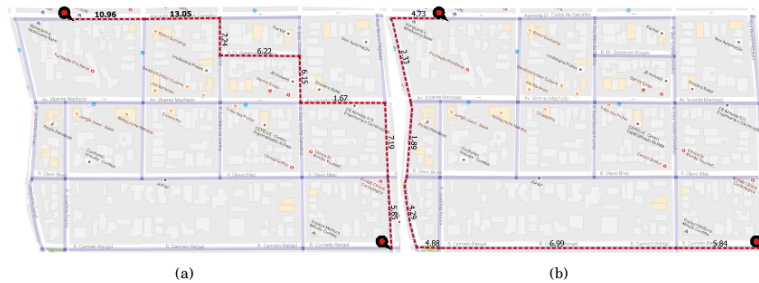


Figura 7. Testes utilizando as métricas apresentadas. (a) caminho calculado utilizando apenas distâncias como custo. (b) caminho levando em conta a inclinação.

tes atualmente como rampas e inclinação. O objetivo aqui é utilizar a computação para proporcionar uma maior comodidade e qualidade de vida aos cadeirantes, tornando o seu deslocamento mais acessível. Em particular foi utilizada a altimetria do terreno e suas calçadas para descobrir o melhor caminho para cadeirantes. Como trabalhos futuros, pode-se citar a inclusão e testes de outras camadas de dados apresentadas em [Barczyszyn 2015] (como ciclovias, alvarás, ônibus, entre outros), e a integração com *crowdsourcing*.

Referências

- Barczyszyn, G. (2015). Integração de dados geográficos para planejamento urbano da cidade de Curitiba. Monografia (Bacharel em Informática), UTFPR, Curitiba, Brasil.
- Bentley, J. and Ottmann., T. (1979). Algorithms for reporting and counting geometric intersections. page 643–647. IEEE Trans. Comput., 28th edition.
- Menkens, C., Sussmann, J., Ali, M., Breitsameter, E., Frtunik, J., Nendel, T., and Schneiderbauer, T. (2011). Easywheel: a mobile social navigation and support system for wheelchair users. page 859–866. IEEE Int. Conf. on Inf. Tech.: New Generations.
- Neis, P. (2015). Measuring the reliability of wheelchair user route planning based on volunteered geographic information. page 188–201. Transactions in GIS.
- Sobek, A. and Miller, H. (2006). U-access: a web-based system for routing pedestrians of differing abilities. page 269–287. Journal of Geographical Systems, 8th edition.
- Sumida, Y., Hayashi, M., Goshi, K., and Matsunaga., K. (2012). Development of a route finding system for manual wheelchair users based on actual measurement data. page 17–23. IEEE Int. Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing.
- Xavier, S. I. R. and Davis-Jr, C. A. (2012). Acessibilidade em mapas urbanos para portadores de deficiência visual total. pages 42–47. Proceedings of XIII Geoinfo, 13th edition.
- Zheng, Y., Capra, L., Wolfson, O., and Yang, H. (2014). Urban computing: Concepts, methodologies, and applications. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 5th edition.