

Proposta de Modelo Inteligente de Identificação, Sugestão de Rota e Otimização de Atendimento para Serviço de Mototáxi

Kelly R. M. Lima¹, Alcides X. Benicasa¹

¹Departamento de Sistemas de Informação – Universidade Federal de Sergipe (UFS)
Caixa Postal – 49.506-036 – Itabaiana – SE – Brasil

kellyyany@hotmail.com, alcides@ufs.br

Abstract. *Intelligent transport systems play an important role in urban mobility. Most of these systems help suggest routes, and can also report important information about traffic. In this context, considering difficulties faced by users and drivers, this work aims to propose a model for suggesting trajectories considering heuristic and local information, such as accident index, crime, traffic, local distances and in line between origin and destination. Experiments were carried out considering the bias of these characteristics to different scenarios, using blind and heuristic search methods. The results demonstrated the effectiveness of the proposed model.*

Resumo. *Os sistemas inteligentes de transporte desempenham um papel relevante na mobilidade urbana. A maioria destes sistemas auxiliam na sugestão rotas, podendo também relatar informações importantes sobre o trânsito. Nesse contexto, considerando dificuldades enfrentadas por usuários e condutores, este trabalho possui como objetivo propor um modelo para a sugestão de trajetórias considerando informações heurísticas e locais, como índice de acidente, criminalidade, tráfego, distâncias locais e em linha entre origem e destino. Experimentos foram realizados considerando o enviesamento destas características para cenários distintos, utilizando métodos de buscas cegos e heurísticos. Os resultados demonstraram a efetividade do modelo proposto.*

1. Introdução

Com os avanços tecnológicos, os serviços de transportes, de cargas, passageiros, etc, vêm cada vez mais passando por mudanças, com a intenção de melhorar a qualidade dos serviços prestados ao usuário. Nos dias atuais é comum a utilização de sites ou aplicativos para o auxílio na mobilidade urbana, seja no transporte público, pessoal ou para o serviço de empresas, como o táxi, evidenciado neste trabalho.

Outro fator importante para o desenvolvimento da área é a utilização de conceitos de Inteligência Artificial e de algoritmos inteligentes para o desenvolvimento de sistemas de mobilidade urbana que, segundo [ZAVERGIU 1996], é conhecido por ITS (*Intelligent Transport Systems*), com o objetivo de manter uma ascendente mobilidade urbana.

Neste sentido, podemos citar o *UbibusRoute*, que é uma aplicação móvel desenvolvido para plataforma *Android*, com solução direcionada aos usuários de transporte coletivo. O sistema utiliza como fonte de informações contextuais dinâmicas a rede social *Twitter* e a API de geolocalização *Google Maps* [LIMA et al. 2012]. O processo de

identificação de rotas do *UbibusRoute* utiliza como mecanismo de busca de rotas o algoritmo guloso de *Dijkstra*, que retorna o menor caminho a partir dos parâmetros recebidos do aplicativo móvel.

Baseado no algoritmo inteligente de busca A^* (A estrela), [BASTOS and JAQUES 2010] propuseram um sistema para plataforma *Web* para busca de rotas de ônibus denominado *Antares*, com o objetivo de auxiliar os usuários de transporte público na tomada de decisões. O aplicativo fornece uma descrição completa das linhas de ônibus e paradas que o usuário deve utilizar para chegar ao seu destino.

Um outro sistema proposto foi o *RecRoute*, que tem como objetivo recomendação de rotas de transporte público por ônibus. O sistema considera informações contextuais dos usuários, condições climáticas, temporais e do trânsito para recomendar rotas de ônibus aos passageiros. O sistema utiliza o algoritmo *Naive Bayes* para auxiliar na identificação das rotas [TITO 2013].

Além dos trabalhos apresentados, diversos outros têm sido propostos, como por exemplo, *Uber*, *Cabify*, *Garupa*, *Mototáxis*, *Garupa-Mototáxi*, *Easydeliver*, *Loggi*, *Rapido:Motoboy*, *Movi*, entre outros, entretanto, por se tratarem de aplicações propostas para fins especificamente comerciais, não há informação disponível suficiente para comparações, por exemplo, da forma de desenvolvimento, tecnologias utilizadas ou até mesmo, a IA utilizada.

Por outro lado, destacamos também o grande crescimento da motorização no Brasil no que se refere às motocicletas e veículos motorizados similares, que se dá em função da sua utilização nas atividades mototáxi e motofrete. Essas categorias incrementam o uso desse tipo de transporte, não somente em função do lazer, mas com a finalidade de suprir as necessidades de uma nova categoria trabalhista, gerando emprego e renda [SILVA et al. 2011]. Utilizaremos como estudo de caso para o desenvolvimento deste trabalho a cidade de Itabaiana-SE, devido a grande quantidade de pessoas que fazem uso do serviço de mototáxi, assim como os prestadores desse serviço.

Além disto, e também como motivação para o desenvolvimento deste trabalho, um dos principais problemas enfrentados na cidade de Itabaiana com relação aos serviços de Táxi, assim como em inúmeras outras, é a falta de segurança, onde o índice de criminalidade é bastante alto. Outro fator importante considerado é o tempo de atendimento a um chamado, que depende diretamente da posição do usuário e do condutor, das condições de trânsito, dentre outros fatores. Como consequência, o tempo de atendimento poderá refletir também na quantidade de chamados que o mototaxista realizará, que reflete diretamente no desgaste da motocicleta e na quantidade de quilômetros rodados em um intervalo de tempo e, como consequência, implicações relacionadas à despesas e receitas.

Por fim, este trabalho possui como objetivo a proposta de um modelo inteligente para identificar o melhor percurso, considerando para isto os seguintes atributos: índice de criminalidade, índice de acidente, situações de trânsito, distância do estado atual até o próximo estado e a distância em linha reta da origem ao destino em questão. Outra contribuição importante desta proposta é que todos os critérios também poderão ser enviesados com a utilização de pesos, a fim de permitir relevâncias diferentes entre atributos, possibilitando a simulação de diversas situações e perfis. A validação será baseada nos resultados obtidos a partir da aplicação de quatro algoritmos busca inteligente: Busca A^* ,

Busca em Largura, Busca em Profundidade e Busca de Custo Uniforme.

A seguir serão abordados os principais conceitos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, seguido pela descrição do modelo proposto, experimentos realizados, resultados e conclusões.

2. Inteligência Artificial e Algoritmos de Busca

Um algoritmo de busca trata-se de um agente que explora várias alternativas até encontrar uma resolução para o problema proposto e verificar se a sequência encontrada é uma solução eficiente [RUSSELL et al. 2003].

Nesta linha de raciocínio, e ainda segundo os autores [RUSSELL et al. 2003], um problema pode ser definido por 4 componentes: estado inicial, que é o estado que agente inicia; uma descrição de ações possíveis disponíveis para o agente; o teste de objetivo, que determina se o estado é o objetivo e, por fim, uma função de custo do caminho, que atribui um custo numérico a cada caminho. Existem dois principais métodos para resolução de problemas por meio de algoritmos de busca: busca cega e busca heurística.

Destacamos inicialmente, de acordo com [RUSSELL et al. 2003], os mecanismos de busca cega utilizados, que seguem:

- Busca em Profundidade: utiliza uma estratégia de busca sem informação, por esse motivo é chamada de “cega”, gerando apenas sucessores. Essa busca avança em direção ao nó não expandido mais profundo, verificando se o objetivo foi alcançado ou se o nó não têm mais sucessores;
- Busca em Largura ou Extensão: também utiliza de uma estratégia de busca cega, porém sua ordem de expansão é lateral, ou seja, expande os nós de todos os filhos e verifica se o objetivo foi alcançado ou se o nó não tem mais sucessores.

Enquanto as Buscas em Profundidade e Largura não possuem informação, tornando a utilização desses métodos inviáveis em alguns casos, devido ao número muito elevado de nós a expandir antes de encontrar a solução, a Busca de custo Uniforme utiliza uma informação, que é o custo do caminho do estado inicial até o estado que está sendo expandido. Este custo é comumente chamado por função g , onde $g(n)$, representa o valor desta função para um determinado vértice ou nó n , onde sua principal especificidade é de expandir o nó não expandido de custo mais baixo, tornando-se semelhante a Busca em Largura, caso os custos forem iguais.

Por fim, a Busca A Estrela (A^*) é baseada em um algoritmo com características heurísticas, que quando usado é capaz de atingir o vértice final, assumindo o menor custo possível, caracterizando seu comportamento ótimo e completo, pois garante que a solução sempre será encontrada, assumindo que existe uma ou varias conexões entre os vértices até o objetivo.

Proposto por [HART et al. 1968], esse algoritmo é diretamente influenciado pela heurística aplicada ao código, quanto maior for a eficiência da heurística, melhor será o comportamento do algoritmo e menor será o custo de busca até o vértice objetivo. Seu funcionamento baseia-se especificamente na avaliação dos vértices, combinando o custo para alcançar cada vértice e o custo para ir do vértice atual até o objetivo. A função de cada vértice é definida pela Equação $f(n) = g(n) + h(n)$, onde $g(n)$ é o custo do caminho

do vértice inicial até o vértice atual n , $h(n)$ é o custo estimado entre o vértice atual e o vértice objetivo e $f(n)$ é o custo estimado da solução [RUSSELL et al. 2003].

De acordo com os objetivos deste trabalho, o algoritmo de Busca A* será investigado devido ao propósito do modelo em identificar melhores rotas, uma vez que retorna uma solução ótima. Pretendemos aplicar o algoritmo com diversas informações, heurística e não heurística, onde a função $h(n)$ será baseada na medida de distância euclidiana entre o usuário e o condutor, e a função $g(h)$ definida a partir da combinação de características locais de trânsito, distância entre pontos e demais informações que possam contribuir, explicadas nas seções seguintes.

3. Descrição do Modelo Proposto

Nesta seção será apresentado o modelo proposto e sua utilização. De maneira geral, este trabalho tem como objetivo propor um modelo de aplicação inteligente que possa identificar e sugerir rotas para pessoas que prestam serviços de mototáxi, especificamente para a cidade de Itabaiana. Diante disto, foram considerados critérios relevantes para a região, tais como: índice de criminalidade, índice de acidente, fluxo de trânsito e também a distância entre os pontos definidos. Estes foram obtidos por meio de repartições públicas e questionário aplicados.

Os índices descritos são considerados relevantes pois cada região da cidade se caracteriza pela presença forte de pelo menos um atributo, de forma que a região central possui alto fluxo de veículos, a região oeste destaca-se pelo um alto índice de acidentes e na região leste estão localizados os bairros com maiores índices de criminalidade. A distância também é considerada um critério relevante para que não sejam traçados percursos inviáveis a longo prazo. Para obter a distância entre os bairros foi definido a localização de cada bairro, mais precisamente ao centro de cada região.

Na Tabela 1 são apresentados os valores definidos dos critérios de busca considerados neste trabalho, especificamente os que compõe a função $g(n)$, sendo eles: índice de acidentes (Ind_{aci}), índice de criminalidade (Ind_{cri}), índice de tráfego (Ind_{traf}) e a distância real em quilômetros entre bairros (D_{real}).

Os valores utilizados na função heurística $h(n)$, referente as distâncias em linha reta entre todos os vértices do modelo, estão apresentados na Tabela 2, organizados de acordo com os seguintes índices: 0 - Anísio Amâncio, 1 - Bananeira, 2 - Centro, 3 - Mamede Paes, 4 - Marcela, 5 - Marianga, 6 - Miguel Teles, 7 - Oviedo Teixeira, 8 - Queimadas, 9 - Riacho Doce, 10 - RotaryClub, 11 - São Cristovão, 12 - Serrano e 13 - Sítio Porto.

Os critérios empregados para definir $g(n)$, exceto as distâncias, já foram estabelecidas normalizados, ou seja, em uma escala entre 0 e 1, onde 0 é o menor índice possível e 1 o valor máximo. Por outro lado, por se tratar de valores relacionados a distâncias em quilômetros (km), os critérios D_{real} (distância real entre bairros) e D_{lr} (distâncias em linha reta entre bairros) das funções $g(n)$ e $h(n)$, respectivamente, para mantê-los em uma mesma escala, foram normalizados de acordo com a seguinte equação:

$$N_{dist}(x) = (x - min_x)/(max_x - min_x) \quad (1)$$

onde x representa o valor a ser normalizado, min_x o valor mínimo dos valores estabeleci-

dos, e max_x o valor máximo. Os valores definidos para os critérios podem ser observados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Tabela de critérios $g(n)$ utilizados.

2*BAIRRO	G(X)				2*ARESTA
	Ind_{aci}	Ind_{cri}	Ind_{traf}	D_{real}	
3*Queimadas	0.42	0.3	0.3	2.1	Riacho Doce
	0.0	0.5	0.7	1.7	Sítio Porto
5*Bananeira	0.17	1.0	0.1	4.6	Marcela
	0.17	1.0	0.0	1.5	Mamede P. M.
	0.0	1.0	0.0	0.55	São Cristóvão
	0.17	1.0	0.5	1.8	Centro
7*Centro	0.0	0.6	0.4	1.1	Mamede P. M.
	0.17	0.6	0.5	2.0	Bananeira
	0.0	0.65	0.5	1.4	Rotary Club
	0.0	0.89	0.5	1.7	São Cristóvão
	0.0	0.89	0.3	1.6	Serrano
	0.0	0.6	0.5	1.3	Anísio A. Oliveira
3*Riacho Doce	0.42	0.15	0.3	2.1	Queimadas
	0.42	0.45	0.3	1.9	Sítio Porto
	0.42	0.2	0.3	1.8	Rotary Club
6*Sítio Porto	0.0	0.5	0.05	1.7	Queimadas
	0.42	0.45	0.55	2.5	Riacho Doce
	0.0	0.35	0.2	1.4	Mamede P. M.
	0.0	0.55	0.35	1.7	Rotary Club
	0.0	0.55	0.35f	2.6	Marcela
6* Rotary Club	0.42	0.2	0.38	1.8	Riacho Doce
	0.0	0.55	0.08	1.7	Sítio Porto
	0.0	0.65	0.58	1.4	Centro
	0.89	0.25	0.72	1.6	Oviêdo Teixeira
	0.89	0.65	0.08	1.4	Serrano
4*Marcela	0.0	0.25	0.0	1.5	Mamede P. M.
	0.0	0.55	0.0	2.6	Sítio Porto
	0.17	0.25	0.0	4.6	Bananeira
7*Anísio A. O.	0.0	0.6	0.3	2.1	São Cristóvão
	0.89	0.6	0.35	1.9	Serrano
	0.0	0.3	0.0	0.95	Marianga
	0.0	0.6	0.5	1.5	Centro
6*Serrano	0.3	0.4	0.0	1.8	Rotary Club
	0.2	0.6	0.0	0.5	Oviêdo Teixeira
	0.2	0.4	0.89	2.4	Anísio A. O.
	0.3	0.3	0.5	1.6	Centro
	0.8	0.7	0.3	1.4	Marianga
4*Oviêdo Teixeira	0.89	0.25	0.0	3.1	Rotary Club
	0.0	0.6	0.68	1.9	Serrano
	0.89	0.3	0.38	2.2	Miguel T. de M.
4*Marianga	0.32	0.68	0.39	2.3	Miguel T. de M.
	0.2	0.5	0.0	0.95	Anísio A. O.
	0.75	0.68	0.28	1.1	Serrano
3*Miguel T. M.	0.89	0.4	0.5	1.6	Marianga
	0.0	0.3	0.5	2.3	Oviêdo teixeira
5*Mamede P. M.	0.0	0.5	0.0	1.4	Sítio Porto
	0.0	0.25	0.0	1.5	Marcela
	0.0	0.6	0.5	0.80	Centro
	0.170212	0.2	0.0	1.5	Bananeira
5*São Cristóvão	0.0	1.0	0.0	0.55	Bananeira
	0.0	1.0	0.5	1.2	Centro
	0.0	1.0	0.0	1.9	Anísio A. O.

Um outro ponto importante desta trabalho está relacionado ao ajuste de pesos de critérios específicos, proposto com o objetivo de proporcionar maior sensibilidade e dinamismo ao modelo. Assim, foram atribuídos pesos individualizados com variações entre 0 e 1. Este peso será multiplicado pelo valor de cada critério, definidos conforme as seguintes equações:

$$g_{aci}(n) = Ind_{aci}(n) * w_{acid}, \quad (2)$$

$$g_{cri}(n) = Ind_{cri}(n) * w_{cri}, \quad (3)$$

$$g_{traf}(n) = Ind_{traf}(n) * w_{traf}, \quad (4)$$

$$g_{D_{real}}(n) = D_{real}(n) * w_{D_{real}}, \quad (5)$$

onde g_{aci} , por exemplo, representa o novo valor ponderado do índice de acidentes entre dois bairros (n), Ind_{aci} é o índice de acidentes (Tabela 1) e w_{acid} o peso atribuído ao critério. Respectivamente, tal explicação se aplica os demais critérios.

Sobre a função $h(n)$, por se tratar de um único critério (D_{lr}), na existe a necessidade de ponderação. Entretanto, a fim de ter controle sobre as funções $g(n)$ e $h(n)$ presentes no método de busca A* para o cálculo de $f(n)$, decidimos aplicar pesos para ambas funções, porém não necessariamente variando diretamente entre 0 e 1, mas sim proporcionalmente. Por exemplo, caso a função $h(n)$ utilize um peso igual a 0.7, automaticamente, o valor de 0.3 será aplicado à função $g(n)$. Da mesma forma, se o peso da função $h(n)$ for igual a 1, o peso a ser multiplicado por $g(n)$ será 0, tornando neste caso a função $g(n)$ nula. Para que ambas possuam o mesmo peso basta atribuir o peso igual a 0.5. Este comportamento foi obtido a partir da seguinte equação:

$$f(n) = g(n) * (1 - w_h) + h(n) * w_h, \quad (6)$$

onde w_h é o peso atribuído ao critério heurístico do modelo, ou seja, a distância em linha reta D_{lr} .

Tabela 2. Tabela de Distancia em linha reta utilizada na função $h(n)$.

	0	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0	1.85	0.965	1.7	2.92	0.728	1.98	0.980	3.79	2.96	1.44	1.37	0.709	2.43
1	1.85	0	1.3	1.05	1.38	2.56	3.73	2.79	3.59	3.21	2.40	0.590	2.43	2.26
2	0.965	1.3	0	0.724	2.05	1.65	3.09	1.63	3	2.25	1.17	1.06	1.19	1.57
3	1.7	1.05	0.724	0	1.32	2.39	3.78	2.35	2.6	2.17	1.48	1.15	1.92	1.23
4	2.92	1.38	2.05	1.32	0	3.65	4.94	3.68	2.94	2.83	2.75	1.91	3.29	1.89
5	0.728	2.56	1.65	2.39	3.65	0	1.45	0.704	4.32	3.37	1.86	2.02	0.773	2.99
6	1.98	3.73	3.09	3.78	4.94	1.45	0	1.82	5.72	4.75	3.19	3.16	2.18	4.44
7	0.980	2.79	1.63	2.35	3.68	0.704	1.82	0	3.94	2.88	1.34	2.32	0.428	2.64
8	3.79	3.59	3	2.6	2.94	4.32	5.72	3.94	0	1.11	2.5	3.75	3.57	1.48
9	2.96	3.21	2.25	2.17	2.83	3.37	4.75	2.88	1.11	0	1.54	3.21	2.62	1.02
10	1.44	2.40	1.17	1.48	2.75	1.86	3.19	1.34	2.5	1.54	0	2.16	1.06	1.36
11	1.37	0.590	1.06	1.15	1.91	2.02	3.16	2.32	3.75	3.21	2.16	0	1.95	2.32
12	0.709	2.43	1.19	1.92	3.29	0.773	2.18	0.428	3.57	2.62	1.06	1.95	0	2.31
13	2.43	2.26	1.57	1.23	1.89	2.99	4.44	2.64	1.48	1.02	1.36	2.32	2.31	0

Após essa abordagem sobre o modelo proposto, a seguir será demonstrado o comportamento do modelo proposto e análise dos resultados utilizando o ambiente representado.

4. Análise dos Resultados

Esta seção os resultados obtidos com a simulação de corridas. Para a demonstração de diversos exemplos optamos por demonstrar algumas possibilidades de manipulações de

pesos dos parâmetros, de modo que cada exemplo descrito será composto por 100 corridas aleatórias totalizando 500 corridas com somatório dos 5 exemplos, considerando que a cada corrida faz-se necessário que o condutor se desloque até o usuário, para então levá-lo ao destino solicitado.

A configuração de peso dos exemplos é demonstrada na Tabela 3 para melhor organização dos experimentos. Optamos pela maioria dos exemplos manter o peso de $g(n)$ 0.7 e $h(n)$ 0.3 devido a quantidade de métricas que possuem a função $g(n)$.

Tabela 3. Configuração dos pesos para cada exemplo.

Exemplo/Peso_Métrica	Peso_Acidente	Peso_Criminalidade	Peso_Tráfego	Peso_Distância	Peso_Função
Exemplo 1 - Tabela 4	0.2	1	0.6	0.6	0.3
Exemplo 2 - Tabela 5	0.9	1	0.5	0.7	0.3
Exemplo 3 - Tabela 6	1	0	1	1	0.3
Exemplo 4 - Tabela 7	0.9	0.5	1	0.9	0.3
Exemplo 5 - Tabela 8	1	1	1	1	0.3

As tabelas a seguir apresentam os valores totais de cada parâmetro, assim como também a distância real percorrida pelo condutor na realização de 100 corridas com a configuração já demonstrada na Tabela 3.

O primeiro exemplo representa o seguinte cenário, o condutor deseja evitar ao máximo áreas de excessiva criminalidade assim esse índice possui alta prioridade. Já para trânsito e distância foi atribuído um prioridade média para não determinar caminhos longos e para índice de acidentes baixa prioridade. Os resultados para este exemplo podem ser visualizados na Tabela 4.

Tabela 4. Análise de Resultados - Exemplo 01.

Busca/Métrica	Acidente	Criminalidade	Tráfego	Distância	Distancia Real
Busca em largura	106,99	196,75	197,83	120,6	696,95
Busca em Profundidade	286,15	601,54	562,97	392,12	2180
Busca com Custo Uniforme	102,66	235,42	181,9	97,44	628,5
A estrela	116,34	187,31	163,1	116,16	698,9

Visto que o índice prioritário seria criminalidade, é possível notar que o Algoritmo A* identificou o menor valor, e para o índice de média prioridade como o fluxo de trânsito também detectou um menor valor. Com relação a distância percorrida, apesar de ter um resultado semelhante à Busca em Largura e de Custo Uniforme, ainda sim para essa situação a Busca A* é mais eficiente, levando em consideração as demais métricas manipuladas. O algoritmo de Busca em Profundidade foi o menos adequado.

O próximo exemplo possui a seguinte perspectiva: alta prioridade para as métricas de criminalidade e acidente, e com média prioridade a índice de tráfego e distância. Vejamos o resultados a seguir na Tabela 5.

Tabela 5. Análise de Resultados - Exemplo 02.

Busca/Métrica	Acidente	Criminalidade	Tráfego	Distância	Distancia Real
Busca em largura	141,21	212,7	212,09	147,23	834,15
Busca em Profundidade	263,61	585,62	519,65	371,27	2132
Busca com Custo Uniforme	119,33	257,18	213,98	112,76	736,15
A estrela	86,83	220,5	197,12	128,5	788,35

Observa-se que para o exemplo 2 o índice de acidente com alta prioridade e de tráfego com média prioridade o algoritmo A* identificou os menores valores, para o índice de criminalidade a busca em largura trouxe o menor valor, todavia é uma busca que define os percurso sem utilizar quaisquer métrica para definir o caminho, a distância percorrida também teve seu menor valor na busca com custo uniforme, entretanto, analisando o cenário e as demais métricas, a Busca A* demonstra ser mais eficiente.

No exemplo 3 temos o seguinte perspectiva: o condutor optou por anular o índice de criminalidade e priorizar os demais índices na mesma proporção. A seguir são descritos os resultados na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de Resultados - Exemplo 03.

Busca/Métrica	Acidente	Criminalidade	Tráfego	Distância	Distancia Real
Busca em largura	136,89	203,791	212,85	127,43	738,55
Busca em Profundidade	266,72	582,38	529,82	363,31	2035
Busca com Custo Uniforme	125,02	259,77	195,39	105,31	680,2
A estrela	93,2	293,4	154,22	123,32	771,25

Para este exemplo nota-se que o algoritmo A* obteve os melhores resultados para os índices de acidente e tráfego que foram priorizados, a distância teve um índice pouco acima do custo uniforme, todavia, a Busca A* mais uma vez demonstrou maior eficiência com relação a toda configuração das métricas.

O quarto exemplo possui uma configuração para um cenário em que o condutor deseja alta prioridade em evitar percursos com altos índices de acidente, tráfego e também que não tenha percursos longos. Para o índice de criminalidade foi atribuída uma prioridade média. Na Tabela 7 são demonstrados os resultados para este cenário.

Tabela 7. Análise de Resultados - Exemplo 04.

Busca/Métrica	Acidente	Criminalidade	Tráfego	Distância	Distancia Real
Busca em largura	116,56	209,17	196,39	128,97	738
Busca em Profundidade	243,12	578,19	521,87	367,35	2019,05
Busca com Custo Uniforme	102,61	240,48	183,03	101,05	650,6
A estrela	78,47	240,04	155,59	114,44	717

Para este exemplo podemos concluir que a Busca A* trouxe os menores índices com relação aos critérios priorizados, índice de acidente e tráfego. Para o índice de criminalidade a Busca em Largura identificou o índice mais baixo neste exemplo, todavia, como mencionado anteriormente, é uma busca que não utiliza métricas para definir seu percurso, sendo que nas demais métricas obteve altos valores. A distância percorrida teve um menor valor definido pelo Custo Uniforme. Analisando toda configuração de pesos para este exemplo, a Busca A* demonstrou ser mais eficiente que os demais algoritmos.

O último exemplo trata-se de uma configuração onde o condutor deseja definir o melhor percurso utilizado a prioridade máxima em todos os aspectos. Vejamos os resultados encontrados pelos algoritmos na Tabela 8.

Visto que para o exemplo 5 todos os índices tiveram prioridade máxima, o algoritmo A* obteve melhores resultados com relação aos índices de acidente, criminalidade e tráfego. O índice da distância obteve um valor mais baixo com a Busca de Custo Uniforme. Considerando a configuração deste exemplo, podemos concluir também que o algoritmo A* obteve os melhores resultados.

Tabela 8. Análise de Resultados - Exemplo 05.

Busca/Métrica	Acidente	Criminalidade	Tráfego	Distância	Distancia Real
Busca em largura	110,11	217,42	178,51	120,83	698,05
Busca em Profundidade	263,57	581,19	530,3	375,5	2087,85
Busca com Custo Uniforme	94,93	227,07	171,34	94,17	612,75
A estrela	78,81	208,39	157,17	106,42	664,05

5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo identificar as rotas na cidade de Itabaiana por meio do algoritmo A* com base em critérios considerados relevantes para cidade tal como índice de acidente, índice de criminalidade, fluxo de trânsito e também a distância. Para isto foram necessárias algumas etapas. Primeiramente foi mapeado a região a ser analisada, em seguida a definição dos índices de cada aresta através de informações obtidas por meios formais e informais. Posteriormente foi realizado o ponderamento de cada métrica utilizada, de forma que pudéssemos gerar diferentes perspectivas.

Nas sessão anterior foram demonstrados exemplos com vários cenários para que pudéssemos identificar a eficiência dos algoritmos em diversas situações. Verificou-se que o algoritmo de busca em profundidade demonstrou ser o mais inconveniente para identificação de rotas nos cenários descritos, além de ser um algoritmo que não considera nenhuma métrica ao identificar percurso, seus índices possuíam uma diferença discrepante dos resultados dos demais algoritmos.

O algoritmo de busca em largura obteve menores índices em alguns exemplos, todavia, ao analisar a configuração como o todo, não detectava resultados satisfatórios, pois nem todas as métricas que foram configuradas com maior peso obteve sucesso nos percursos identificados, além de se tratar de um algoritmo de busca que não leva em consideração qualquer informação de valor sobre as arestas.

O algoritmo de custo uniforme em todos os exemplos detectou o menor custo com relação a distância, porém não mostrou-se tão eficiente quando observado todo cenário de configuração das métricas, pois por vezes seria necessário desconsiderar um percurso com menor distância para evitar que áreas indesejáveis fossem percorridas.

A busca A* ao detectar seu percurso identificou os menores índices para a maioria das métricas priorizadas, exceto para a distância, porém ainda detectou uma distância considerável. De maneira geral, considerando a configuração e ponderamento para cada cenário, obteve resultados mais satisfatórios e eficientes que os demais algoritmos.

Ao identificar rotas usando o A*, o algoritmo e o modelo de configuração provê muitos benefícios para os condutores e clientes um deles é que caso a configuração do algoritmo seja para evitar percursos com alto índice de criminalidade ambos estarão menos suscetíveis a um possível assalto ou qualquer tipo de atentado, diferentemente dos outros algoritmos que poderiam colocá-los em risco ao escolher um caminho mais curto todavia mais perigoso.

Seguindo na mesma concepção, caso o condutor opte por priorizar evitar locais com altos índices de acidente, isso diminuirá as chances de que possa sofrer um acidente e colocar a vida em risco, ou até mesmo que passe por uma rodovia que tenha ocorrido um acidente o que ocasionaria atraso na viagem ou até mesmo impedimento de prosseguir

com a solicitação.

Outro cenário é se a prioridade for evitar altos fluxos de trânsito em sua rota, evitando assim que possa levar mais tempo parado no trânsito ocasionando um alto tempo de viagem, e até um alto custo pois passará mais tempo com o veículo ligado usando assim mais combustível.

O uso do algoritmo e da manipulação de variáveis também oferece uma boa logística para que o cliente possa confiar no serviço oferecido, tendo em vista que tais riscos sejam evitados, pois é possível que todas as métricas sejam priorizadas, evitando todas as áreas indesejadas ao máximo possível e ainda identificando um percurso viável, fornecendo assim um serviço seguro e com tempo conveniente.

Para verificação de tais argumentos tomemos pra ilustração o exemplo 5 da sessão anterior, descritos na Tabela 8, onde foi ponderado para que todas as medidas tivessem peso máximo, o algoritmo A* obteve os melhores resultados exceto a distância, pois alguns percursos são necessários um caminho mais longo mas que harmonize com todas as outras métricas priorizadas, e ainda ao identificar um percurso com menor distância porém com alto fluxo de transito pode acarretar em um maior tempo e custo de viagem.

Em vista dos exemplos e argumentos apresentados, concluímos que o A* e a manipulação de métricas além de identificar um percurso mais seguro para condutores de moto-táxi e clientes, ainda provê um benefício no custo das viagens de forma a evitar percursos que possam causar acidentes, furtos e trânsito intenso e ainda assim definir um percurso com distância viável.

Referências

- BASTOS, R. and JAQUES, P. A. (2010). Antares: Um sistema web de consulta de rotas de ônibus como serviço público. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, (1):41–56.
- HART, P., NILSSON, N., and RAPHAEL, B. (1968). A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4:100–107.
- LIMA, V. D., MAGALHÃES, F., TITO, A., SANTOS, R. D., RISTAR, A., SANTOS, L. D., VIEIRA, V., and SALGADO, A. (2012). Ubibusroute: Um sistema de identificação e sugestão de rotas de Ônibus baseado em informações de redes sociais. In *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 387–398, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- RUSSELL, S. J., NORVIG, P., CANNY, J. F., MALIK, J. M., and EDWARDS, D. D. (2003). *Artificial intelligence: a modern approach*, volume 2. Prentice hall Upper Saddle River.
- SILVA, E. R. d., CARDOSO, B. C., and SANTOS, M. P. d. S. (2011). O aumento da taxa de motorização de motocicletas no brasil. *Revista Brasileira de Administração Científica*, (2):49–63.
- TITO, A. O. (2013). Recroute: Um sistema de recomendação de rotas de Ônibus baseado em informações contextuais dos usuários.
- ZAVERGIU, R. (1996). *Intelligent transportation systems: An approach to benefit-cost studies*.