

# RECOMENDAÇÃO INTELIGENTE E PERSONALIZADA DE ROTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

## INTELLIGENT PERSONALIZED RECOMMENDATION OF ROUTES IN PUBLIC TRANSPORTATION

**Adriano de Oliveira Tito**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[aot@cin.ufpe.br](mailto:aot@cin.ufpe.br)

**Vanessa Gomes de Lima**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[vgl2@cin.ufpe.br](mailto:vgl2@cin.ufpe.br)

**Luana Martins dos Santos**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[lms7@cin.ufpe.br](mailto:lms7@cin.ufpe.br)

**Arley Ramalho Rodrigues Ristar**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[arr2@cin.ufpe.br](mailto:arr2@cin.ufpe.br)

**Miguel John Doherty**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[mjd@cin.ufpe.br](mailto:mjd@cin.ufpe.br)

**Vaninha Vieira**

Universidade Federal da Bahia, Brasil.

[vaninha@ufba.br](mailto:vaninha@ufba.br)

**Patrícia Tedesco**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[pcart@cin.ufpe.br](mailto:pcart@cin.ufpe.br)

**Ana Carolina Salgado**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

[acs@cin.ufpe.br](mailto:acs@cin.ufpe.br)

**Resumo:** O tráfego nas grandes cidades brasileiras tem levado o transporte público a se tornar ineficiente. Isto é em parte causado pelo crescimento desenfreado do número de veículos nas ruas. Com a aproximação de grandes eventos esportivos como a Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016 é necessária uma alternativa que aumente a eficiência da locomoção das pessoas dentro das cidades, para melhor atender a população local e o grande fluxo de turistas que se espera receber. Neste contexto se insere o projeto UbiBus, um Sistema de Transporte Público Inteligente que faz uso de Informações Contextuais e Computação Ubíqua para melhor se adaptar às situações do trânsito e oferecer suporte aos usuários em qualquer lugar que eles se encontrem. Alguns resultados já podem ser evidenciados, como por exemplo, uma aplicação de recomendação de rotas de ônibus baseada em informações de redes sociais, denominada UbiBusRoute, apresentada neste trabalho.

**Palavras-Chave:** Transporte Público; Computação Ubíqua; Contexto; Ônibus.

**Abstract:** Urban traffic in Brazilian large cities has made the public transportation system inefficient, due to long journey times. This is partly due to the increasing number of new vehicles on the streets. With the approach of great sports events, such as the 2014 FIFA World Cup and the 2016 Olympic Games, alternative solutions to provide better mobility in large cities is needed. Hence, in this article we present UbiBus, an Intelligent Transportation System (ITS). This ITS makes use of Contextual Information and Ubiquitous Computing to better adapt its services to the dynamic characteristics of traffic and offer online, just-in-time support to user wherever they are. Amongst the results obtained within the framework of the project, we highlight, UbiBusRoute, an application that recommends routes based on information extracted from social networks, and presented in details in this article.

**Keywords:** Public Transport; Ubiquitous Computing; Context; Bus.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos próximos anos, em nosso país, serão realizados os dois maiores eventos esportivos do planeta: a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016. Um dos grandes desafios para os organizadores é melhorar os sistemas de transportes urbanos a fim de proporcionar um serviço de qualidade aos cidadãos locais e turistas em visita ao país.

Neste contexto, os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, do inglês *Intelligent Transportation Systems*) têm por objetivo aplicar tecnologias para apoiar a infraestrutura e melhorar a qualidade dos sistemas de transporte [7]. Uma das subáreas dos ITS são os chamados Sistemas de Transporte Público Avançado (APTS, do inglês *Advanced Public Transportation Systems*), que são voltados ao transporte público. Nesta categoria se inserem aplicações que têm por objetivo prover informações aos passageiros como, por exemplo, o tempo de espera na parada e as rotas de ônibus. Estas informações ajudam os usuários a definir seus trajetos e planejar melhor os deslocamentos [14].

Apesar de estar presente nos países desenvolvidos, este tipo de sistema encontra maiores barreiras nos países em desenvolvimento, porque muitos deles ainda não possuem informações exclusivas e atualizadas sobre os ônibus, o que resulta em problemas, por exemplo, para se estimar tempo de chegada às paradas. Como muitas vezes não é possível determinar quanto tempo é necessário esperar um ônibus ou até mesmo descobrir qual o veículo indicado ao seu deslocamento, os passageiros perdem bastante tempo e acabam desistindo deste meio de transporte. Esta situação pode tornar uma cidade menos atrativa para quem a visita, pois muitos turistas precisam usar o transporte público para realizar suas atividades (no caso em particular dos eventos esportivos, deslocar-se ao local dos jogos ou visitar pontos turísticos).

Neste artigo apresentamos o UbiBusRoute [10], um aplicativo de indicação e sugestão de rotas de ônibus aos usuários de transporte público, baseado em informações extraídas de redes sociais. Esta ferramenta é um dos resultados preliminares do projeto UbiBus [16], um APTS ubíquo e sensível ao contexto. Este procura auxiliar o usuário de ônibus oferecendo informações em tempo real, levando em consideração o deslocamento dos veículos e passageiros e os fatores dinâmicos que podem afetar o transporte.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, apresentamos o referencial teórico, definindo e caracterizando os ITS, descrevendo

Contexto Computacional, e apresentando conceitos sobre Computação Ubíqua.

### A. Sistemas Inteligentes de Transporte - ITS

A sigla ITS surgiu nos Estados Unidos no final dos anos 80, por intermédio de um grupo que almejava proporcionar uma nova visão aos sistemas de transportes do país. Os congestionamentos, a segurança, o meio-ambiente e a produtividade foram os principais temas considerados por este grupo [14]. Assim, o desejo de manter uma ascendente mobilidade urbana aliada a uma sustentabilidade ambiental e econômica fez surgir o conceito de sistemas de veículos e estradas inteligentes (IVHS, do inglês *Intelligent Vehicle-Highway Systems*), posteriormente conhecidos como ITS [5].

Os ITS são ferramentas que integram informação, métodos de comunicação e tecnologias a fim de subsidiar o sistema de transporte de determinada região, integrando pessoas, estradas e veículos [1]. Estes sistemas aumentam a eficiência, segurança e uso das vias das redes de transportes atuais. Um dos principais objetivos dos ITS é monitorar o tráfego para otimizar as viagens, evitando que os passageiros gastem um tempo demasiado grande no percurso.

Outros benefícios, relacionados ao meio ambiente, podem ser obtidos através da utilização de ITS, tais como diminuição de congestionamentos e dos índices de poluição do ar. Com a melhor fluidez do trânsito, as emissões de gases serão diminuídas, reduzindo os impactos ambientais [11].

De acordo os conceitos apresentados, percebe-se que a aplicação de tecnologias no transporte urbano por meio de sistemas ITS proporciona benefícios diretos e indiretos para os passageiros, para as empresas operadoras, para os organismos gestores e para a sociedade em geral.

### B. Sistemas Sensíveis ao Contexto

Contexto computacional pode ser visto com um conjunto de condições e influências relevantes à aplicação e que tornam uma situação única e compreensível [4]. Os Sistemas Sensíveis ao Contexto são aplicações que se adaptam sem intervenção explícita do usuário, ou seja, levam em conta informações da situação onde o usuário está inserido para oferecer melhores serviços, aumentando assim sua usabilidade e efetividade [3].

De acordo com Zimmermann *et al.* [18], qualquer informação que descreva o contexto de determinada entidade faz parte de uma das seguintes categorias: individualidade, atividade, localização, tempo e relações entre pessoas e com o ambiente.

A categoria da individualidade engloba informações contextuais sobre a vinculação da entidade, por meio desta categoria podemos observar se determinada entidade é capaz de manipular ou influenciar no estado de outras entidades.

Segundo Gross & Specht [8], o tempo é um aspecto vital para compreender o ser humano e classificar corretamente determinado contexto, uma vez que muitas informações importantes para as aplicações estão na dimensão temporal como, por exemplo, aplicações dependentes de fusos horários, ordenação de tarefas, entre outras.

A localização diz respeito à posição espacial de um determinado usuário ou dispositivo. Esta categoria ganhou importância com o crescimento da Computação Ubíqua. As informações contidas na categoria de atividade respondem à seguinte pergunta: “O que a aplicação quer alcançar e como?”, por exemplo, objetivos explícitos, tarefas e ações [18]. A categoria de relações contextuais capta todas as relações que uma entidade pode estabelecer com outra entidade como, por exemplo, relações de vizinhança ou uso compartilhado de algum recurso [18].

Com o uso do contexto computacional diversos aplicativos inteligentes podem ser criados, e serem capazes de se adaptar a determinada situação ou fornecer serviços mais relevantes, conforme o conjunto válido de informações contextuais dinâmicas, estáticas ou inferidas e suas interações [3].

### C. Computação Ubíqua

A Computação Ubíqua estuda o acesso ao ambiente computacional das pessoas, isto é, ao espaço do usuário, em qualquer lugar, a todo o tempo, com qualquer dispositivo. Isto proporciona um ambiente fortemente distribuído, heterogêneo, dinâmico, móvel, mutável e com intensa interação entre homem e máquina [2].

As aplicações ubíquas necessitam se adaptar ao ambiente, compreendendo o contexto em que estão inseridas [13]. Essa nova classe de sistemas computacionais, sensíveis ao contexto, abre perspectivas para o desenvolvimento de aplicações mais ricas, que exploram a natureza dinâmica do contexto e a mobilidade do usuário. Entretanto, o desenvolvimento de aplicações que se adaptem continuamente ao ambiente e permaneçam funcionando, mesmo quando o indivíduo se movimentar ou trocar de dispositivo [6], continua sendo um desafio de pesquisa bastante explorado.

Devido ao grande avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC, a Computação Ubíqua está cada vez mais presente em nossas atividades. Dentre os fatores que contribuíram para este avanço, destaca-se o aumento do uso de *Smartphones* e *Tablets*, que conectados a internet de alta disponibilidade usando banda larga, Wifi e tecnologia 3G, proporcionam acesso à informação em qualquer lugar por meio de diferentes interfaces como, por exemplo, tela sensível ao toque [12].

A ideia por trás da interação natural é que o computador forneça serviços, recursos ou informações

sem que o usuário tenha que pensar os procedimentos necessários para usar o computador. Este terá também de ser capaz de compreender o suficiente a situação atual de um usuário para oferecer serviços relevantes para o contexto específico.

Com relação aos APTS, a computação ubíqua tem papel determinante no apoio à comunicação entre diferentes dispositivos e no provimento de informações aos usuários em qualquer lugar.

## 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Há na literatura vários ITS que foram desenvolvidos com o propósito de auxiliar os usuários através do provimento de informações. Dentre os quais podemos citar:

- OneBusAway<sup>1</sup>: Um ITS de código aberto inicialmente desenvolvido na Universidade de Washington que utiliza informações contextuais como distância entre as paradas e localização geográfica dos ônibus para fornecer, em tempo real, informações aos usuários sobre: tempo de espera nas paradas, horários e rotas dos veículos. Este sistema está disponível para muitas interfaces entre elas Web, *Mobile (Android, OIS e Microsoft)* e SMS.
- No trabalho de Hoar [9], é apresentado um sistema de informações de trânsito. Este aplicativo é baseado na Web e exibe dados como: rotas, mapas, tempos de espera em paradas e localização de ônibus. A ferramenta oferece ainda uma interface móvel onde o usuário pode colaborar com o sistema informando, em tempo real, se o veículo está cumprindo o horário anteriormente determinado. Tais dados são processados e permitem ao sistema ajustar informações que serão exibidas aos usuários.
- Waze<sup>2</sup>: Um aplicativo para dispositivos móveis voltado ao transporte particular que fornece informações do tráfego urbano ao usuário de acordo com sua localização, captada por GPS [17]. O Waze é capaz de gerar mapas personalizados para o percurso do usuário e enviar notificações sobre o trânsito para outros usuários automaticamente, de acordo com velocidade de deslocamento. O usuário também pode enviar manualmente mensagens mais detalhadas, incluindo notificações de acidentes ou blitz, podendo inclusive compartilhar uma foto do acontecimento. O aplicativo também permite o traçado de rotas, bastando digitar o endereço para que o aplicativo tente calcular o

<sup>1</sup> <http://www.onebusaway.org/>

<sup>2</sup> <http://www.waze.com/>

melhor caminho e inicie a navegação, dando todas as instruções necessárias.

Apesar das iniciativas mencionadas, obter informações dinâmicas do trânsito ainda é um desafio, uma vez que eventos inesperados, como engarrafamentos e acidentes podem acontecer.

O projeto UbiBus propõe a captura e processamento deste tipo de informação, a fim de prover informações e rotas de ônibus mais realistas e adaptadas às reais necessidades dos usuários do transporte público urbano por ônibus.

#### 4 O PROJETO UBIBUS

O UbiBus tem o objetivo de facilitar o dia a dia das pessoas que utilizam transporte público, oferecendo acesso inteligente a informações de transporte público aos passageiros, em tempo real, baseado em informações dinâmicas de contexto relacionadas aos próprios meios de transporte [16].

A Figura 1 representa a arquitetura do sistema UbiBus, também descrita em [16, 17]. A *Camada de Dados* é a responsável pelo gerenciamento de informações como localização, velocidade, rota do ônibus, locais das paradas dos ônibus, localização dos passageiros, informações do fluxo do tráfego em tempo real, mapas e outras. As informações de congestionamento serão utilizadas para identificar obstruções no fluxo do tráfego e o seu nível (lento, moderado, congestionado).



Fig. 1 Arquitetura do UbiBus [16]

A parte intermediária do sistema é composta por um *Middleware* que facilita a comunicação e coordenação entre os componentes de software distribuídos, tratando de modo transparente as dificuldades e complexidades introduzidas pela comunicação sem fio e mobilidade como, por exemplo, acesso às aplicações por diferentes tipos de dispositivos.

O *Middleware* proposto é multiparadigma e extensível, pois desse propõe a dar suporte a um conjunto de paradigmas de comunicação, e pode ser adaptado e estendido para atender aos diferentes tipos

de aplicações, por exemplo, *Mobile* e *Web*. Para otimizar o uso de recursos dos dispositivos móveis integrados ao projeto, o *Middleware* deve proporcionar o compartilhamento e reutilização de componentes de sua arquitetura. Esta será subdividida em três camadas: *Camada de Comunicação*, *Camada de Aquisição* e *Camada de Processamento*.

A *Camada de Comunicação* permite o acesso aos dados, assim como sua atualização em tempo real, pelos gestores, operadores, usuários e condutores. Os avanços e padronização das tecnologias de comunicação sem fio, tais como WiFi, Bluetooth, WiMAX, GPRS e 3G, permitem a comunicação de curto e de longo alcance, tornando possível o desenvolvimento de aplicações para *Web*, *desktop*, PDAs, celulares, terminais (e.g. nos pontos de ônibus) e quiosques (e.g. estações rodoviárias).

A aquisição do contexto refere-se ao processo de monitorar, capturar e/ou obter informações contextuais de fontes diversas [15]. Diante deste cenário a *Camada de Aquisição* é responsável por reunir informações contextuais de diferentes fontes, encaminhando-as para a *Camada de Dados*. No UbiBus, as informações contextuais poderão ser adquiridas de fontes como redes sociais (e.g. *Twitter*<sup>3</sup> e *Facebook*<sup>4</sup>), GPS, câmeras de monitoramento. Tais informações podem ser dinâmicas (e.g. localização dos ônibus) ou inferidas (e.g. presença e intensidade de congestionamento). Os usuários podem ainda utilizar o sistema *Web* ou dispositivo móvel para adicionar informações sobre seu contexto atual ou de contextos anteriores pelo qual tenham estado.

A *Camada de Processamento* tem por objetivo realizar o tratamento das informações de contexto adquiridas das diferentes fontes, visando transformá-las em informações úteis para as aplicações a serem desenvolvidas. Por exemplo, em relação à fonte de contexto GPS, a *Camada de Processamento* é responsável por receber arquivos com as localizações e velocidades dos ônibus a uma determinada frequência de tempo e processá-las de forma que sejam devidamente armazenadas na *Camada de Dados*.

A *Camada de Aplicações* conterá os diferentes tipos de aplicações desenvolvidas. Essas aplicações devem se ajustar a diferentes plataformas e dispositivos como *Web*, *desktop*, PDAs, celulares e displays. Algumas destas aplicações e seus requisitos são descritas a seguir.

As *Aplicações Web* permitem uma fácil disseminação dos dados contextualizados relacionados com o trânsito. Uma aplicação *Web* do UbiBus deve prover:

- O horário de chegada dos ônibus em cada parada;

<sup>3</sup> <http://twitter.com>

<sup>4</sup> <http://www.facebook.com/>

- A definição da melhor rota com base nas prioridades (custo, tempo, distância) do usuário;
- A intensidade de tráfego em cada rota ou região;
- O mapa com a intensidade de tráfego em diferentes regiões;
- As linhas de ônibus que passam em determinada parada de ônibus, entre outros.

As *Aplicações Móveis* têm o grande benefício de serem portáteis e, com isso, o usuário pode tomar sua decisão sobre a rota a seguir de qualquer lugar, mesmo que não esteja na parada de ônibus ou em casa. Tais aplicações são similares às Aplicações Web, mas com a interface adaptada para dispositivos móveis. Também garantem a possibilidade de usar a posição georeferenciada do dispositivo para gerar mais informação contextualizada.

As *Aplicações dos Ônibus* são displays disponíveis dentro dos ônibus que fornecem informações sobre a situação atual deste. Passageiros podem, enquanto dentro do ônibus, visualizar informações sobre a viagem e tomar novas decisões devido a acontecimentos imprevistos. Algumas funcionalidades que podem estar disponíveis nestas aplicações são:

- Estimativa do tempo de chegada do ônibus em cada parada na rota;
- Descrição da parada anterior e a seguinte;
- Informação sobre o tráfego em cada trecho (intervalo entre as paradas) da rota;
- Alertas sonoros para as paradas de ônibus, auxiliando as pessoas com deficiência cognitiva.

As aplicações nos pontos de ônibus devem fornecer informações para os passageiros que estão esperando pelo ônibus, tais como o tempo de chegada do ônibus na parada e a localização do próximo ônibus no mapa.

### I. RESULTADOS PRELIMINARES

Esta seção destaca um dos resultados preliminares do projeto UbiBus, um aplicativo de indicação de rotas de ônibus aos usuários denominado UbibusRoute [10], descrito a seguir.

UbibusRoute é um aplicativo móvel que utiliza informações provenientes de redes sociais (neste primeiro protótipo a rede social utilizada foi o *Twitter*) para recomendar rotas para os usuários, apoiando-os em suas tomadas de decisão [17].

Com base nas preferências do usuário (Figura 2) e nas rotas de ônibus disponíveis, o aplicativo calcula a melhor a rota possível (para o usuário chegar ao seu destino), indicando no mapa a rota a seguir (Figura 3).

O UbibusRoute foi desenvolvido usando a plataforma cliente-servidor, onde o cliente é uma aplicação móvel (que pode trabalhar com qualquer sistema operacional disponível) que se comunica com o servidor [10].

O aplicativo possui dois bancos de dados: um que armazena dados contextuais dinâmicos extraídos de redes sociais como, por exemplo, situação e intensidade do tráfego nas vias, e outro que armazena dados estáticos referentes principalmente ao transporte público como, por exemplo, linhas, paradas e percursos [10].

Nos dados estáticos estão incluídas paradas e linhas de ônibus, bem como suas rotas. O módulo servidor é dividido em três componentes principais: o *Identificador de Rota*, responsável pela identificação de todas as rotas possíveis de acordo com a parada de ônibus selecionada pelo usuário, o *Indicador de Rotas*, responsável por escolher a melhor rota de acordo com a preferência do usuário (tempo, custo ou distância); e o *Extrator de Informações Contextuais*, que adquire as informações de redes sociais a cada 20 minutos, utilizando uma gramática de padronização das mensagens [10].

A comunicação com o *Twitter* é realizada por meio da API REST<sup>5</sup> que permite o acesso a dados essenciais como: *tweets* (mensagens postadas pelos usuários), prazos de atualização e informações dos usuários. A atualização dos dados contextuais de trânsito ocorre de acordo com a atual situação de trânsito informada pelos *tweets* [10].

A aplicação móvel foi desenvolvida em Android e Java utilizando alguns recursos disponíveis na API do Google Maps<sup>6</sup>. O servidor do UbibusRoute foi desenvolvido com o framework Django<sup>7</sup> e todos os seus módulos foram implementados em Python [10].



Fig. 2 Escolha de Paradas de Preferências no UbibusRoute [10]

<sup>5</sup> <http://dev.twitter.com/docs/api>

<sup>6</sup> <http://maps.google.com>

<sup>7</sup> <https://www.djangoproject.com/>

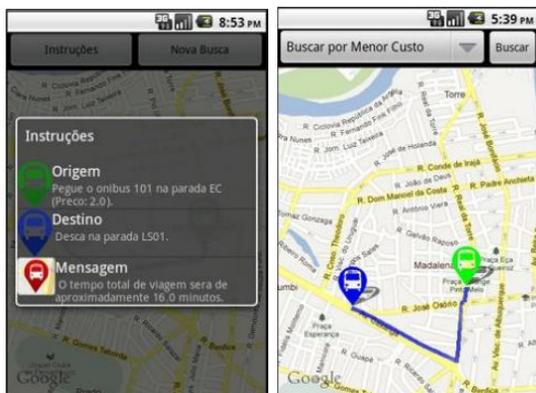


Fig. 3 Sugestão de Rota [10]

A indicação das rotas ocorre por meio da combinação entre o algoritmo de Dijkstra<sup>8</sup> para seleção das rotas e atribuição de pesos às rotas selecionadas, de acordo com a situação atual do trânsito.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O projeto aqui proposto tem como principal contribuição a integração de métodos e técnicas de diversas áreas, tais como: Computação Ubíqua, *Middleware* e Contexto Computacional.

Tais mecanismos auxiliam no desenvolvimento de uma solução computacional que, através de informações e recomendações personalizadas para os usuários, permite uma utilização mais eficiente dos serviços de transporte público urbano.

A solução proposta difere das outras existentes por ter seu foco principal voltado aos passageiros de transporte público e pelo uso de informações contextuais dinâmicas. Além disto, a solução considera o uso de diferentes dispositivos para possibilitar um uso ubíquo e sensível ao contexto.

O projeto UbiBus, apesar de pouco tempo de desenvolvimento, já apresenta alguns resultados importantes. Trabalhos futuros de especificação e desenvolvimento de sua arquitetura e de outros aplicativos estão sendo desenvolvidos [17]. Em um futuro próximo, pretendemos envidar esforços para estender o aplicativo UbiBusRoute, por meio dos seguintes aspectos [10]:

- Implementação de outros algoritmos de busca para considerar trocas de ônibus nas rotas e frequência dos ônibus nas paradas, o que não pode ser especificado somente com o algoritmo de Dijkstra, pois ele não possui nenhum método heurístico;

- Utilização de base de dados reais, a fim de realizar testes mais realistas e precisos;
- Expansão no tratamento das redes sociais para permitir capturar informações de trânsito provenientes de outros perfis e sites;
- Evolução do algoritmo de interpretação de informações de trânsito, a fim de realizar análise semântica e, assim, aumentar a relevância dos serviços fornecidos para o usuário.

## REFERÊNCIAS

- [1] An, S.-H., Lee, B.-H. and shin, D.-R. “A Survey of Intelligent Transportation Systems” Communication Systems and Networks (CICSyN), 2011 Third International Conference, Indonesia, pp.332-337, 2011.
- [2] Augustin, I., Yamin, A., Silva, L., Real, R., Frainer G. and Geyer, C. “Isamadapt: abstractions and tools for designing general-purpose pervasive applications”. Software - Practice and Experience, vol. 36 no. 11-12, 2006.
- [3] Baldauf, M. “A survey on context-aware systems” V-Research, Industrial Research and Development, Stadtstrasse 33, 6850 Dornbirn, Austria, 2007.
- [4] Brézillon, P. “Context in Artificial Intelligence: IA Survey of the Literature”, Computer & Artificial Intelligence, vol. 18, pp. 321-340, 1999.
- [5] Caldas, L. R. “Desenvolvimento de Uma Solução Sensível ao Contexto como Suporte a um Sistema de Transporte Público”. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal da Bahia. Salvador/BA, 2010.
- [6] Costa, C. A., Yamin, A. and Geyer, C. “Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing”. IEEE Pervasive Computing, 7(1), pp. 64–73, 2008.
- [7] Gómez, A., Diaz, G. and Bousetta, K. “ITS Forecast: GIS Integration with Active Sensory System” In: Information Infrastructure Symposium, GIIS'09 Global, Hammamet, 2009.
- [8] Gross, T. and Specht, M. “Awareness in Context-Aware Information Systems”. In: Oberquelle, Oppermann, pp. 173–182, 2001.
- [9] Hoar, R. “A Personalized Web Based Public Transit Information System with User Feedback”. In: 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Portugal, 2010.
- [10] Lima, V., Magalhães, F., Tito, A. O., Santos, R., Ristar, A., Santos, L., Vieira V. e Salgado, A. C. “UbiBusRoute: Um Sistema de Identificação e Sugestão de Rotas de Ônibus Baseado em Informações de Redes Sociais” In: Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, São Paulo, pp.516-527, 2012.

<sup>8</sup> Dijkstra Algorithm

<<http://www.cs.auckland.ac.nz/~jmor159/PLDS210/dijkstra.html>>.

- [11] Pilon, J. A. “Sistema de Informação ao Usuário do Transporte Coletivo por Ônibus na Cidade de Vitória-ES”. 125 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ponta Grossa/PR, 2009.
- [12] Kumar, S. “Challenges for Ubiquitous computing”. In: 5ª International Conference on Networking and Services, Valência, pp.526-535, 2009.
- [13] Maciel, R. e Assis, S. “*Middleware*: Uma solução para o desenvolvimento de aplicações distribuídas” In: CienteFico. Ano IV, v. I. Salvador, 2004.
- [14] Sussman, J. “Perspectives on Intelligent Transportation Systems”. New York, USA: Springer, 2005.
- [15] Vieira, V., Souza, D., Salgado, A. C., Tedesco, P. "Uso e Representação de Contexto em Sistemas Computacionais", Cesar A.C.Teixeira, Clever Ricardo G.de Farias, Jair C.Leite, and Raquel O.Prates.(Org.), Tópicos em Sistemas Interativos e Colaborativos, pp. 127-166, São Carlos: UFSCAR, 2006.
- [16] Vieira, V., Caldas, and L. R. Salgado, A.C. “Towards an ubiquitous and context sensitive public transportation system”. In 4th International Conference on Ubi-media Computing, São Paulo-SP, 2011.
- [17] Vieira, V., Salgado, A. C., Tedesco, P., Times, V. C., Ferraz, C., Huzita, E., Chaves, A. P., Steinmacher, I. The UbiBus Project: Using Context and Ubiquitous Computing to build Advanced Public Transportation Systems to Support Bus Passengers. In: Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, São Paulo, 2012.
- [18] Zimmermann, A., Lorenz, A., Oppermann, R. “An Operational Definition of Context”, In: Proc. of the 6th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context, pp. 558-571, Roskilde, Denmark, 2007.