



ISSN: 1984-3151

# MINERAÇÃO DE DADOS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA PREVISÃO DO TEMPO DE CHEGADA DO ÔNIBUS URBANO ENTRE PARADAS CONSECUTIVAS

## DATA MINING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ESTIMATED TIME OF ARRIVAL URBAN BUS STOPS BETWEEN CONSECUTIVE

Sara Juraci Moitinho<sup>1</sup>; Henrique Batista da Silva<sup>2</sup>

- 1 Bacharel em Computação. Centro Universitário de Belo Horizonte, 2011. Tacom Projetos de Bilhetagem Inteligente, Belo Horizonte, Minas Gerais. [saramoit@hotmail.com](mailto:saramoit@hotmail.com).
- 2 Mestre em Ciência da Computação. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2011. Pesquisador do Laboratório de Processamento de Informação Áudio-Visual (VIPLAB), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. [henriqsi@gmail.com](mailto:henriqsi@gmail.com).

Recebido em: 30/10/2011 - Aprovado em: 20/12/2011 - Disponibilizado em: 30/12/2011

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta as previsões de horário de chegada de um ônibus em paradas aplicando conceitos da lógica fuzzy - considerando tráfego e a distância do ônibus em relação aos PED's (Ponto de Embarque e Desembarque) do itinerário. A vantagem do sistema com abordagem fuzzy é a possibilidade de inclusão de dados que agregam um maior grau de confiabilidade ao cálculo das previsões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fuzzy. Previsibilidade do tempo de chegada do ônibus. Transporte. Mobilidade inteligente. Sustentabilidade.

**ABSTRACT:** This paper presents the forecast time of a bus terminal arrival in using concepts of fuzzy logic - considering traffic and distance from the bus terminals. The advantage of the system with fuzzy approach is the inclusion of data that add a greater degree of accuracy in the calculation of forecasts.

**KEYWORDS:** Fuzzy. the forecast time of a bus. Transport. Intelligent Mobility. Sustainability.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Os problemas no transporte público são diversos e têm se tornado rotineiro aos brasileiros. Atrasos e cancelamentos de compromissos, desgaste do veículo, poluição do ar e sonora, danos à saúde do motorista e

dos pedestres, perdas patrimoniais e emocionais decorrentes dos acidentes são fatores que têm causado grandes transtornos, insatisfação e *stress* aos usuários.

Para identificar os fatores que mais prejudicam o usuário em relação ao trânsito, a IBM (*Business International Machines*) investiu no *IBM Commuter Pain Study* –

Estudo do Sofrimento do Usuário de Transporte da IBM – onde exhibe o comportamento do usuário de transporte que luta para ir e voltar do trabalho todos os dias. O resultado obtido revelou que entre os entrevistados, 57% (cinquenta e sete por cento) foram afetados negativamente em sua saúde aumentando seus níveis de *stress*, 29% (vinte e nove por cento) tiveram o desempenho profissional ou escolar prejudicado e 87% (oitenta e sete por cento) já ficaram presos em engarrafamento nos últimos 03 (três) anos.

Várias soluções para o caos estão sendo analisadas. Segundo Magalhães (2008), o uso do ITS – Sistema Inteligente de Transporte – fundamenta-se na obtenção de informação em tempo real, combinando o uso dos sistemas de informação e os de telecomunicação, para melhor aproveitamento da estrutura viária, provendo informações sobre rotas e itinerários para que destinos sejam alcançados de modo mais eficiente. Estas tecnologias aperfeiçoam os processos logísticos, influenciam na eficiência e produtividade, economiza combustível, aumenta a vida útil do veículo e a segurança dos usuários (WEIGANG *et al.*, 2001).

Na cidade de São Paulo, segundo SPTRANS (2009), desde 2008, os usuários contam com informações instantâneas através do SIM – Sistema Integrado de Monitoramento – mais conhecido como Sistema Olho vivo, considerado pela SPTrans como o maior monitoramento de ônibus do mundo. De acordo com a SPTRANS (2009), a cada passagem por ponto de parada, o AVL - Automatic Vehicle Location - transmite a posição e a identificação da localização do ônibus e o sistema SIM gera uma tabela de tempos médios que possui as estimativas/estatísticas de tempo e distância entre pontos para todas as linhas da via.

Idealizado pela Volvo Latin American, implantado em Goiânia em março de 2009, o sistema SiM – Serviço de Informação Metropolitano – apresentado pela TECHNIBUS (2010), disponibiliza SMS (torpedos) e WAP (Internet via celular), áudio nos ônibus, dentre outros, permitindo ao usuário consultar as linhas e a duração do tempo de espera até a chegada do próximo ônibus utilizando ferramentas de roteirização do Google Maps.

Em Fortaleza, têm-se o CITFOR – Controle Integrado de transporte de Fortaleza – com placas eletrônicas em algumas paradas para informar a previsão de chegada do ônibus e painéis internos nos ônibus, indicando a próxima parada, com recurso de áudio e imagem para informação ao usuário. O equipamento instalado nos ônibus informa a velocidade e indica a distância da próxima parada. Com base nestes dados é feito um cálculo do tempo que o ônibus levará para chegar à próxima parada (AMC, 2010).

De acordo com o Manual de BRT (2008), os serviços aos usuários são considerados mais importantes que as tecnologias veiculares e projetos sofisticados. Porém, Meirelles (1999), afirma que as aplicações de informação ao usuário são pouco desenvolvidas no Brasil e, segundo Magalhães (2008), ainda existem muitas dificuldades técnicas para garantir a exatidão das informações, quando os veículos trafegam em áreas mistas. Em Fortaleza, o sistema de monitoramento não é eficaz, como afirma Semyra (2009), e provoca reclamações dos usuários que não confiam nos painéis de informações em horário de pico, por questões do trânsito e imprevistos.

Como consta no Manual de BRT (2008), as soluções para mobilidade urbana foram projetadas para satisfazer às necessidades dos usuários sendo indispensável que as questões de serviços melhorem seu conforto e segurança. SINCAVIR (2009) pontua que os serviços de

mobilidade aos usuários precisam considerar imprevistos, congestionamentos, acidentes e o tráfego. Pilon (2009), afirma que os desvios nas informações de tempo de espera existem e aumentam em dias chuvosos e em algumas faixas de horário que podem variar de acordo com a demanda de usuários e dos congestionamentos.

Sendo o tráfego extremamente dinâmico, é um desafio para os sistemas de transporte coletivo urbano processar as informações de modo rápido, eficiente e para disponibilizá-las (WEIGANG *et al.*, 2001). Sendo assim, a utilização da lógica tradicional aristotélica para cálculos de previsão do tempo de chegada de um ônibus em uma parada é discutida neste trabalho.

O motivo do desenvolvimento deste trabalho é propor a utilização da lógica *fuzzy* no cálculo da previsão do tempo de chegada do ônibus em paradas sem utilização da fórmula física da cinemática  $T = \Delta s / v$  – “T” é o tempo, “ $\Delta s$ ” é a diferença entre a posição do ônibus e a próxima parada; e “v” a velocidade atual do ônibus – proposta por Xijun (2001), e sem utilização de dados adquiridos por histórico de tempos médios.

O congestionamento e a distância são analisados como variáveis dinâmicas a fim de obter confiabilidade do usuário na informação exibida, aumento do uso do transporte público por ônibus favorecendo a sustentabilidade no sistema de transporte.

Esse trabalho é composto por seis seções, incluindo esta introdução. A seção 2 mostra a descrição da lógica *fuzzy* e a constituição dos sistemas *fuzzy*. Na seção 3 define-se a metodologia proposta para cálculo da previsão de chegada do ônibus nas paradas. Na seção 4 é apresentada a simulação realizada, a seção 5 descreve os resultados obtidos na comparação das previsões calculadas com a fórmula matemática e com a utilização da lógica *fuzzy*. As conclusões são apresentadas da

seção 6 juntamente com as propostas para trabalhos futuros.

## 2 LÓGICA FUZZY

Segundo Penteadado (2009), grande parte das situações reais não podem ser definidas com exatidão, pois são carregadas de conceitos abstratos, vagos e imprecisos, inerentes à forma do ser humano raciocinar, processar a informação e se comunicar.

O objetivo do sistema *fuzzy* é aproximar a decisão computacional da decisão humana, obtendo conclusões sem à necessidade explícita de modelos matemáticos que descrevem o comportamento do processo (PENTEADO, 2009).

A teoria do Sistema *Fuzzy* criada por Zadeh em 1965, é caracterizada por funções de pertinência, relacionando os elementos do domínio, espaço ou universo de discurso, ao intervalo unitário (MORE; SÁ; FERNANDES, 2006).

A função de pertinência especifica o grau de compatibilidade de determinado elemento e é definida dentro do universo de discurso, que representa todos os possíveis valores que podem ocorrer para a variável especificada como argumento da função (PENTEADO, 2009). O fator de pertinência pode assumir qualquer valor entre 0 (zero) e 1 (um) (GUDWIN; GOMIDE, 1994). Segundo Maia (2007), a idéia de grau de pertinência possibilita agrupar os elementos de maneira diferente da aplicada na lógica clássica, permitindo novas interpretações elaboradas através da lógica *fuzzy*.

A lógica clássica utiliza-se da função característica:  $A: X \rightarrow \{0,1\}$ , onde os elementos do conjunto universo X pertencem totalmente ao conjunto A:  $A(x) = 1$ , ou pertencem totalmente ao conjunto A:  $A(x) = 0$ . A função de

pertinência é dada através função  $A:X \rightarrow [0, 1]$ , onde  $X$  é a base e  $A$  o conjunto *fuzzy*. Elementos do conjunto base pertencem a ele com certo grau, que varia entre 0 e 1. No conjunto *fuzzy* existe uma probabilidade de um elemento pertencer ou não ao determinado conjunto (MAIA, 2007).

Segundo Simões e Shaw (2007 *apud* PENTEADO, 2009), as funções de pertinência não precisam ser simétricas ou igualmente espaçadas, sendo que cada variável de entrada ou saída pode ter um conjunto de funções de pertinência diferentes, com formatos e distribuições próprias.

## 2.1 SISTEMA FUZZY

O sistema de controle *fuzzy* possui três diferentes fases: fuzzificação, inferência e defuzzificação. A Figura 1 exhibe os processos de fuzzificação, inferência e defuzzificação (MONTALVÃO; CARVALHO, 2007).

Na fuzzificação, os valores de entrada são fornecidos em formato numérico e convertidos em valores lingüísticos. Estes valores são submetidos a um processo de inferência com base em regras do tipo “SE-ENTÃO”, gerando as saídas *fuzzy* (RODRIGUES; MAITELLI; ARAÚJO, 2004). Para isso são utilizados os dados armazenados na base de conhecimento (formada por uma base de dados e uma base de regras) para identificar e determinar a relevância destas entradas perante o sistema. De acordo com Maia (2007), o formato das regras é geralmente SE <condição> ENTÃO <ação> e além de inferir deve melhorar as decisões e o desempenho do raciocínio. Esta base de regras representa o comportamento do sistema e a base de dados contém definições numéricas necessárias para definir as funções de pertinência usadas pelo conjunto de regras *fuzzy* e parâmetros do modelo (PENTEADO,

2009). A fase de defuzzificação constitui na conversão dos dados lingüísticos para dados numéricos (MONTALVÃO; CARVALHO, 2007).

Na defuzzificação o conjunto *fuzzy* de saída, inferido a partir das regras ativadas, será traduzido num único valor de saída. Para realização desta etapa poderão ser empregados diversos métodos como o Centro de Área, a Média dos Máximos e o Primeiro Máximo.

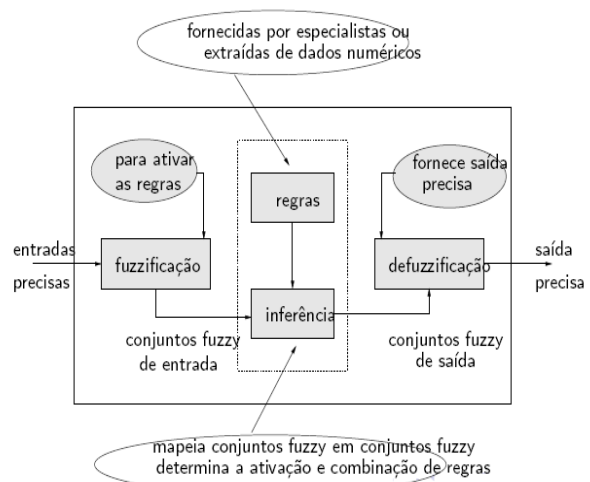


Figura 1. Sistema de Controle *Fuzzy*

Fonte: CAMPONOGARA; KOEHLER; KRAUS JUNIOR, 2009.

## 3 MODELO PROPOSTO

A proposta é construir um sistema de inferência *fuzzy* para calcular a previsão de chegada do ônibus nos pontos de embarque e desembarque (PED), a fim de obter maior probabilidade de acertos no horário de chegada do ônibus. Para isto será utilizado funções de pertinência trapezoidais, duas variáveis de entrada, sendo: congestionamento e distância entre pontos e a previsão de chegada do ônibus como uma variável de saída.

Os dados sobre congestionamento foram extraídos de um estudo coordenado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA em parceria com a Associação Nacional de Transporte Público – ANTP, com o apoio das instituições responsáveis pela gestão do transporte, trânsito, do uso do solo e do meio ambiente urbano, realizado em 10 cidades brasileiras, sendo elas: Belo Horizonte, Brasília, Campinas, Curitiba, João Pessoa, Juiz de Fora, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo.

Sendo assim, o congestionamento considera os níveis crescentes de saturação do sistema viário, expresso pela relação entre volume e capacidade das vias e é subdividido em três níveis: Leve, Moderado e Severo. O nível Leve corresponde à situação, onde esta relação se situa entre 0,7 e 0,84 veículos, e representa apenas o início de uma situação de maior interferência entre os veículos. Para estes trechos, ainda pode ocorrer um aumento do volume até que as condições de tráfego tornem-se mais críticas. A relação no nível Moderado se encontra entre 0,85 e 0,99; e a do nível Severo é igual a 1,0 (IPEA, 1998).

A distância tem o domínio de 30 km e é subdivida em três níveis, sendo: Pequena, no intervalo de 0 a 2 km, Média, no intervalo de 2.5 a 3.0 km, Grande, no intervalo 4 a 6 km, Muito\_Grande, no entre 10 e 20 km e Grandíssima de 20Km até 30Km. O domínio da variável distância foi adquirido por média de distâncias de itinerários cedidos por instituições responsáveis pela gestão do transporte de Belo Horizonte. É utilizado como ponto inicial o Ponto de Controle (PC1 e PC2) da linha de ônibus. O sentido do trajeto é definido de PC1 para PC2 e PC2 para PC1 e a distância é calculada do ponto inicial para cada PED do itinerário.

A previsão de chegada do ônibus tem o domínio de 240 minutos e é subdivida em: Baixo, se o atendimento for menor que 7 minutos, Regular, se entre 8 e 15 minutos, Ruim, entre 20 e 30 minutos (SORRATINI; RODRIGUES, 2009). Foram acrescentadas outras subdivisões à variável previsão de chegada, são elas: Péssimo, no intervalo de 32 a 35 minutos, Muito\_Péssimo, entre 60 e 90 minutos e Sem\_Previsão, no intervalo de 100 a 240 minutos.

Foram criadas 14 (quatorze) regras de inferência observando o ambiente – tráfego das vias de transporte – da cidade de Belo Horizonte. São elas:

1. *SE CONGESTIONAMENTO É LEVE E A DISTÂNCIA É PEQUENA ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É BAIXO;*
2. *SE O CONGESTIONAMENTO É LEVE E A DISTÂNCIA É MÉDIA ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É REGULAR;*
3. *SE O CONGESTIONAMENTO É LEVE E A DISTÂNCIA É GRANDE, ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É RUIM;*
4. *SE O CONGESTIONAMENTO É LEVE E A DISTÂNCIA É MUITO\_GRANDE, ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É PÉSSIMO;*
5. *SE O CONGESTIONAMENTO É LEVE E A DISTÂNCIA É GRANDÍSSIMO, ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É MUITO\_PÉSSIMO;*
6. *SE O CONGESTIONAMENTO É MODERADO E A DISTÂNCIA É PEQUENA ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É BAIXO;*
7. *SE O CONGESTIONAMENTO É MODERADO E A DISTÂNCIA É MÉDIA ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É RUIM;*
8. *SE O CONGESTIONAMENTO É MODERADO E A DISTÂNCIA É GRANDE, ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É PÉSSIMO;*

9. SE O CONGESTIONAMENTO É MODERADO E A DISTÂNCIA É GRANDÍSSIMA, ENTÃO O TEMPO DE CHEGADA É SEM\_PREVISÃO;
10. SE O CONGESTIONAMENTO É SEVERO O E A DISTÂNCIA É PEQUENA, TEMPO DE CHEGADA É SEMPRE REGULAR;
11. SE O CONGESTIONAMENTO É SEVERO O E A DISTÂNCIA É MÉDIA, TEMPO DE CHEGADA É SEMPRE MUITO\_PÉSSIMO;
12. SE O CONGESTIONAMENTO É SEVERO O E A DISTÂNCIA É GRANDE, TEMPO DE CHEGADA É SEMPRE MUITO\_PÉSSIMO;
13. SE O CONGESTIONAMENTO É SEVERO O E A DISTÂNCIA É MUITO\_GRANDE, TEMPO DE CHEGADA É SEMPRE SEM\_PREVISÃO;
14. SE O CONGESTIONAMENTO É SEVERO O E A DISTÂNCIA É GRANDÍSSIMA, TEMPO DE CHEGADA É SEMPRE SEM\_PREVISÃO;

Para este trabalho é empregado o método Centro de Área (CDA) que calcula o centróide da área, representando o conjunto da saída *fuzzy*, composto pela união de todas as contribuições de regras ativadas.

#### 4 SIMULAÇÃO

Foi utilizado o software Matlab - The language of Technical Computing versão 7.0 com *toolbox fuzzy* para criação e do conjunto *fuzzy* proposto. O *MATLAB* é um ambiente de computação científica que permite a interação com o usuário através de uma Janela de Comando (Manual do uso da teoria dos conjuntos *Fuzzy* no *MATLAB 6.5, 2005*).

O Matlab proporcionou a geração dos gráficos das variáveis linguísticas: congestionamento (Figura 2), distância (Figura 3) e previsão de chegada (Figura 4), a

execução da inferência e o resultado da defuzzificação. Os gráficos do conjunto *fuzzy* apresentados foram elaborados considerando o comportamento humano e não por estudo de caso.

Na Figura 2 têm-se o eixo vertical  $\mu(x)$  os valores de pertinência no intervalo  $[0, 1]$ , ao passo que no eixo horizontal  $x$  representa as subdivisões da variável congestionamento. As funções de pertinência trapezoidais possuem os seguintes domínios: Leve  $[0, 0, 0, 0.84]$ , Moderado  $[0.8, 0.85, 0.9, 1]$  e Severo  $[0.91, 1, 1, 1]$ .

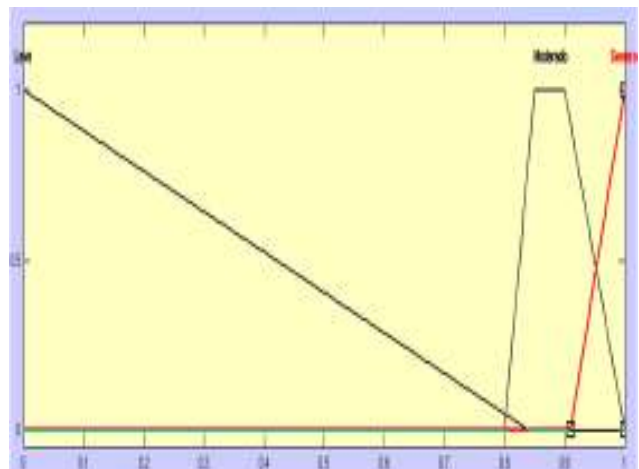


Figura 2 – Congestionamento

Na Figura 3 têm-se o eixo vertical  $\mu(x)$  representante dos valores de pertinência no intervalo  $[0, 1]$ , e o eixo horizontal  $x$  representa as subdivisões da variável distância. Os domínios das funções trapezoidais são: Pequena  $[0, 0, 0, 2.1]$  km, Média  $[2.3, 2.5, 3, 3.7]$ , Grande  $[3.5, 4, 6, 7.3]$ , Muito\_Grande  $[7, 10, 20, 30]$  e Grandíssima  $[20, 30, 30, 30]$ .

Na Figura 4 têm-se no eixo horizontal  $x$  as subdivisões da variável previsão do tempo de chegada. Os domínios das funções de pertinência trapezoidais são: Baixo  $[0, 0, 0, 7]$  minutos, Regular  $[6, 8, 15, 16]$  minutos, Ruim  $[17, 20, 30, 31]$  minutos, Péssimo  $[30, 32, 35, 40]$  minutos,

Muito\_Péssimo [38.1, 60, 90, 102] minutos e Sem\_Previsão [99.5, 120, 240, 240] minutos.

Foi utilizado, também, o Google Maps Brasil para a obtenção dos dados da distância entre o PC (Ponto de Controle) e os PED's (Ponto de Embarque e Desembarque) dos ônibus selecionados.

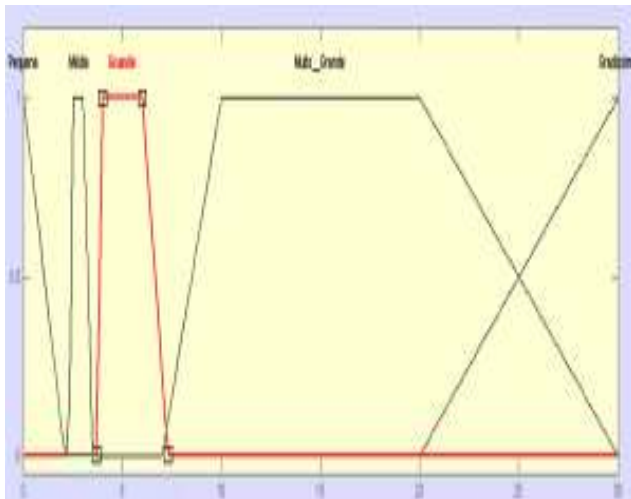


Figura 3 – Distância

Ao iniciar a viagem (saída do PC) o sistema deverá exibir nos PED's correspondentes ao itinerário, a previsão de chegada do ônibus.

Para uso e avaliação desta metodologia, é apresentado o SIIU – Sistema inteligente para Informação ao Usuário – desenvolvido para que a previsão de chegada do ônibus seja exibida. Este sistema foi desenvolvido na linguagem de programação JAVA com uso da de uma biblioteca *FuzzyJ*, que implementa o controle da lógica *fuzzy*

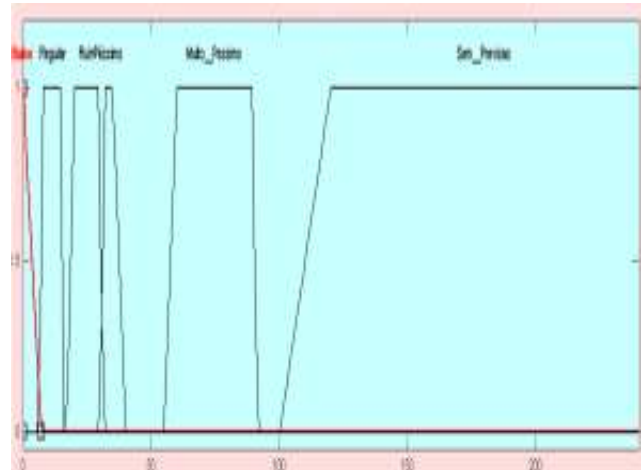


Figura 4 – Previsão de Chegada

## 5 RESULTADOS

Embarcados no ônibus da linha 8207, tendo PC1 no bairro Maria Goretti e PC2 no bairro Estrela Dalva, da cidade de Belo Horizonte, no sentido PC1 (Ponto de Controle 1) para PC2 (Ponto de Controle 2), foi coletado os PED's do itinerário e o tempo que o ônibus gastou para chegar aos PED's para elaboração da Tabela 1.

Verifica-se, através da Tabela 1, que as previsões calculadas com a utilização do SIIU são muito mais próximas do tempo real gasto pelo ônibus que as previsões calculadas pela fórmula física da cinemática  $T=\Delta s/v$ , considerando que a velocidade média do ônibus é de 40 km/h.

Observa-se através da Tabela 1, que o sistema SIIU, utilizando à lógica *fuzzy*, apresenta desvio de aproximadamente 1 hora e 24 minutos durante todo o itinerário, enquanto que as previsões calculadas pela fórmula  $T=\Delta s/v$ , apresenta desvio de aproximadamente 6 horas para todo o percurso realizado.

**Tabela 1**

COMPARATIVO DE PREVISÕES

Distância (km)	9/6/2011				
	Saída PCI às 17:23:18				
	Tempo Real	Prev. <i>Fuzzy</i>	Desvio <i>Fuzzy</i>	$T=\Delta s / v$	Desvio $T=\Delta s / v$
8.2	00:36:57	00:57:34	00:20:37	00:12:30	00:24:27
12	00:49:57	01:06:10	00:16:13	00:18:10	00:31:47
14	01:03:17	01:05:23	00:02:06	00:21:00	00:42:17
14.4	01:04:51	00:58:51	00:06:00	00:22:15	00:42:36
19	01:36:22	01:27:10	00:09:12	00:28:50	01:07:32
19.3	01:39:06	01:30:59	00:08:07	00:29:30	01:09:36
22.6	01:51:26	01:29:35	00:21:51	00:34:30	01:16:56
<b>Totais</b>			01:24:06		05:55:11

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que utilizando a lógica *fuzzy*, é possível obter maior precisão na informação de previsão de chegada de ônibus em uma parada.

Foi comprovado que o controle *fuzzy* obteve maior aproximação do resultado real se comparado com a equação matemática  $T=\Delta s/v$ .

A maior dificuldade foi em encontrar uma ferramenta livre que possibilitasse o desenvolvimento do controle *fuzzy* com métodos claros e adaptáveis.

A utilização da lógica *fuzzy* para cálculo de previsão do tempo de chegada do ônibus contribui para aumentar a probabilidade do ônibus chegar ao PED dentro da previsão exibida, proporcionando maior confiabilidade do usuário na previsão informada. E, mesmo que haja perda de comunicação dos equipamentos embarcados no ônibus com a central de processamento, os usuários não

são prejudicados, pois, a previsão é calculada no momento da saída do ônibus do PC e exibida em todos os PED's do itinerário. Assim, possibilita-se o aumento de usuários no transporte por ônibus contribuindo também, para sustentabilidade no sistema de transporte público oferecendo maior conforto e comodidade aos usuários.

Para trabalhos futuros recomenda-se a pesquisa da utilização da lógica *fuzzy* para cálculo da previsão do tempo de chegada do ônibus com mais variáveis linguísticas, como: período do dia, dia de semana, estações do ano, nível de congestionamento por trecho do itinerário e a comparação com outros métodos de cálculo de previsão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem primeiramente a Deus pela força e capacidade para a realização deste trabalho, aos nossos pais pelo apoio, incentivo e créditos depositados nesta conquista. Um agradecimento especial à Prof.<sup>a</sup> Ana Paula Ladeira que proporcionou interesse neste estudo, acreditou e contribuiu para a conclusão deste trabalho e à Prof.<sup>a</sup> Magali Maria de Araújo Barroso pelas sugestões apresentadas durante a realização deste trabalho. Ao Professor Bráulio Roberto Gonçalves Marinho Couto – coordenador do curso de Ciência da Computação – pelo apoio e ensinamentos, à Professora Diva de Souza e Silva Rodrigues pelo apoio e injeção de ânimo e confiança. Aos amigos e familiares em especial à Elizeu Lucas Teodoro, Samuel Marcos A. Moitinho, Sidineia Moreira da Silva e Willian Sodré, que auxiliaram em sugestões, coleta e validação de dados. Aos colegas de sala e todas as pessoas que contribuíram para esta conquista.



## REFERÊNCIAS

- AMC – Autorquia Municipal de Trânsito, Cidadania e Serviços Públicos. **Transporte público: R\$5 mi investidos em monitoramento.** 06 agosto 2008. Disponível em: [www.fortaleza.ce.gov.br/index.php?option=com\_content&task=view&id=8903&Itemid=12]. Acesso em: 01 dez. 2010.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Manual de BRT Bus Rapid Transit Guia de Planejamento.** NY, USA: Institute for Transportation & Development Policy, 2008.
- CAMPONOGARA, E.; KOEHLER, L. A.; KRAUS JUNIOR, K. W. **Controle de Retenção para Sistemas de Transporte Públicos.** Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro. 2007.
- GUDWIN, R. R.; GOMIDE, F. A. C. **Modelagem, Controle, Sistemas e Lógica Fuzzy.** SBA Controle e Automação, Campinas/SP, vol. 4, n. 3, pag. 97-115/set./out. 1994.
- IBM **The Globalization of Traffic Congestion: IBM 2010 Commuter Pain Survey.** 30 junho 2010. Disponível em: [http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32017.wss]. Acesso 01 dez. 2010.
- IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP **Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público: relatório síntese.** ANPT. São Paulo. 1998.
- MAIA, L.T. **Um estudo sobre aplicação de técnicas de inteligência artificial e engenharia de software à construção de um sistema de supervisão e controle.** 2007. 322f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- MAGALHÃES, A. T. C. **Avaliação de Tecnologias de Rastreamento por GPS para Monitoramento do Transporte Público por Ônibus.** 2008. 113f. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, 2008.
- MEIRELLES, C. A. A. **Sistemas de Transportes Inteligentes: aplicação da telemática na gestão do trânsito urbano.** BDB Comp. Biblioteca Digital Brasileira de Computação, Belo Horizonte, vol. 1, n.1, 107-118. 1999.
- MONTALVÃO, L. B. R.; CARVALHO, N. C. M. **Desenvolvimento de um algoritmo de controle para sistemas de elevadores, com base na Lógica Fuzzy.** Disponível em: [www.frb.br/ciente/2006\_2/BCC/CC.MONTALV%C3%83O.etal.F1%20\_Rev.%20Vanessa%2024.01.07\_.pdf]. Publicado em: 24 jan 2007. Acesso em: 06 abr. 2010.
- MORE, J. D.; SÁ, I. I. R; FERNANDES, C. A. **Um enfoque fuzzy para tomada de decisões na empresa O Boticário.** In: III SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, n. 3, 2006, Rio de Janeiro. 2006.
- PENTEADO, F. B. L. **Método de Filtragem Fuzzy para Avaliação de Bases de Dados Relacionais.** 2009. Dissertação de Mestrado (Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo – São Carlos, 2009.
- PILON, J. A. **Sistema de Informação ao Usuário do transporte Coletivo por ônibus na cidade de Vitória-ES.** 2009. Dissertação Mestrado (Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica do Paraná – Ponta Grossa, 2009.
- RODRIGUES, M. C.; MAITELLI, A. L.; ARAÚJO, F. M. U. **Controle Neuro-Fuzzy com treinamento em tempo real aplicado em um sistema Ball and Beam.** 2004. In: Anais do Congresso Brasileiro de automática, 2004, Natal, p.446-451.
- SEMYRA, Mara. **Trânsito atrapalha programa.** Jornal do Nordeste, 24 setembro 2009. Disponível em:[diariodonordeste.globo.com/noticia.asp?codigo=270929&modulo=966]. Acesso em: 1 out. 2010.
- SINCAVIR **BHTRANS: Painel informa tempo de viagem dos coletivos.** 29 janeiro 2009. Disponível em: [http://www.sincavir.org.br/modules/news/article.php?storyid=646]. Acesso em: 25 jul. 2010.
- SORRATINI, J. A.; RODRIGUES, M. A. **A qualidade no transporte coletivo urbano.** Uberlândia. 2009.
- SPTRANS; **Sistemas Informatizados para a Gestão do Transporte Coletivo do Município de São Paulo.** Maio 2009. Disponível em: [http://www.sptrans.com.br/pdf/biblioteca\_tecnica/sistema\_s\_informatizados\_para\_a\_gestao\_do\_transporte.pdf]. Acesso em: 7 jun. 2010.
- SPTRANS; **Prefeitura de São Paulo lança o Olho Vivo: o maior monitoramento de ônibus do mundo.** Maio

2008. Disponível em [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transp ortes/noticias/?p=8920]. Acesso em: 7 abr 2011. Dissertação de Mestrado em Transportes (Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília – Brasília, 2001.
- TECHNIBUS **Usuários em São Paulo tem informações instantâneas**. Revista Technibus, Edição 78. WEIGANG, L, et al. **Implementação do Sistema de Mapeamento de uma Linha de Ônibus para um Sistema de Transporte inteligente**. XXVIII Seminário Integrado de Software e Hardware, 2004, vol.38, n.2, Fortaleza, pp. 163-186.
- XIJUN, D. **Sistema de Informação de Horários para Usuários de Transporte Público por Ônibus**. 2001.