

Uma proposta para sistemas avançados de transporte público para pequenas cidades utilizando *crowdsourcing***A proposal for advanced public transport systems to small cities using *crowdsourcing***

DOI:10.34117/bjdv6n6-662

Recebimento dos originais: 08/05/2020

Aceitação para publicação: 30/06/2020

Artur Henrique Kronbauer

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Bahia
Instituição: Universidade Salvador / Universidade do Estado da Bahia
Endereço: Rua Doutor José Peroba, nº 251, 41.720-200, Bahia, BA, Brasil
E-mail: arturhk@gmail.com

Gleison Fernandes da Silva

Graduado em Sistemas de Informação pela Universidade do Estado da Bahia
Instituição: Universidade do Estado da Bahia
Endereço: Rodovia Alagoinhas-Salvador Km 03, 48000000 Alagoinhas, BA, Brasil
E-mail: gleison.fernandesb@gmail.com

Issac Douglas Moreira

Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba
Instituição: Universidade do Estado da Bahia
Endereço: Rodovia Alagoinhas-Salvador Km 03, 48000000 Alagoinhas, BA, Brasil
E-mail: isaacdouglas@gmail.com

Jorge Alberto Prado de Campos

Ph.D. in Spatial Information Science and Engineering pela University of Maine
Instituição: Universidade Salvador
Endereço: Rua Doutor José Peroba, nº 251, 41.720-200, Bahia, BA, Brasil
E-mail: jorgeapcampos@gmail.com

Raimundo Vinicius de Andrade Lima

Graduado em Sistemas de Informação pela Universidade do Estado da Bahia
Instituição: Universidade do Estado da Bahia
Endereço: Rodovia Alagoinhas-Salvador Km 03, 48000000 Alagoinhas, BA, Brasil
E-mail: rvini.andrade@gmail.com

RESUMO

As principais cidades investem vastos recursos financeiros para melhorar seus sistemas de informação sobre transporte público, especialmente sobre horários de ônibus e tempo de chegada. As cidades de pequeno e médio porte, no entanto, não têm recursos financeiros para comprar ou desenvolver aplicativos que possam fornecer informações precisas aos usuários do sistema de transporte público. Nesse sentido, este artigo apresenta uma proposta baseada nos conceitos de *crowdsourcing*, computação móvel e redes sociais, para oferecer uma solução viável para o problema, tanto técnico quanto econômico. A plataforma desenvolvida permite que as pessoas troquem informações sobre o serviço de transporte público, obtenham a localização dos ônibus e o tempo estimado de chegada a um determinado local. Como contribuição, espera-se que ocorra a

democratização das informações sobre o sistema de transporte público, mesmo em cidades com poucos recursos financeiros para investir nessa área. Um experimento com usuários reais do sistema de transporte público de Alagoinhas, Bahia sugere que o aplicativo MobiBus pode mitigar os inconvenientes causados por um longo tempo de espera nos pontos de ônibus, fazendo com que os usuários se sintam mais seguros.

Palavras-chave: Sistemas Inteligentes de Transporte, Sistemas Avançados de Transporte Público, Crowdsourcing, Sistemas Colaborativos, Redes Sociais.

ABSTRACT

Major cities have been investing in vast financial resources to improve their information systems regarding public transport, especially regarding bus schedules and time of arrival. Medium-sized cities, however, do not have the financial resources to buy or develop applications that can provide accurate information to the users of the public transportation system. In this sense, this article presents a proposal based on the concepts of crowdsourcing, mobile computing, and social networks, to offer a viable solution to the problem, both technically and economically speaking. The developed application allows people to exchange information about the public transportation service, obtain the location of the bus and the estimated time of arrival of a bus at a certain location. As a contribution, it is expected to occur democratization of information about the public transport system, even in cities with little financial resources to invest in this area. An experiment with real users of the Alagoinhas public transport system suggests that the MobiBus App can alleviate the inconveniences caused by a long waiting time at the bus stops, making users feel safer.

Keywords: Intelligent Transportation Systems, Advanced Systems of Public Transport, Crowdsourcing, Collaborative Systems, Social Networks.

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade, no contexto urbano, refere-se à facilidade dos movimentos das pessoas, a democratização do acesso ao transporte público, o respeito ao meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida de seus cidadãos (ARAÚJO et al., 2011). Portanto, a mobilidade urbana tornou-se um dos temas recorrentes nas discussões sobre modelos de desenvolvimento das cidades.

O crescimento econômico em mercados emergentes incentiva a migração da população rural para as áreas urbanas. Esse fenômeno gera uma enorme demanda por transporte público e aquisições de veículos a uma taxa superior à capacidade das cidades adaptarem sua infraestrutura rodoviária. Infelizmente, os carros particulares se tornaram a solução para os cidadãos comuns escaparem de um sistema de transporte público cada vez mais caótico e ineficiente. A estratégia usada pela maioria dos países para superar essa situação e melhorar a mobilidade urbana foi aumentar o uso de modernas tecnologias de informação e comunicação no sistema de transporte público (WRITE, 2016).

As principais cidades estão incorporando os Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) para monitorar, gerenciar e analisar a rede de transporte. Os SIT podem ser definidos como um conjunto de aplicativos avançados, onde as tecnologias de informação e comunicação são aplicadas no campo das redes de transporte rodoviário, incluindo infraestrutura, veículos e usuários. Os SIT abrangem

muitos subsistemas especializados (AQUINO, 2001), os mais conhecidos são: os Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego, Sistemas Avançados de Informações para Viajantes, Operação de Veículos Comerciais, Sistemas Avançados de Controle de Veículos, Cobrança Eletrônica de Pedágio e Sistemas Avançados de Transporte Público (SATP).

Os SATP estão intimamente relacionados ao domínio deste trabalho e incorporam avanços dos sistemas de transporte geográficos e inteligentes, computação móvel e onipresente, além de tecnologias de comunicação para fornecer soluções que incentivam o uso e permitem a análise e gerenciamento do sistema público. Os principais objetivos dos SATP são prover segurança, eficiência e eficácia. No que diz respeito ao sistema de ônibus, os SATP visam minimizar o tempo de espera, aumentar a segurança e aprimorar as informações sobre itinerários e horários.

Os SATP abordam três segmentos principais do sistema de transporte de ônibus: o segmento de usuários, o segmento de empresas de ônibus, que operam o sistema e o segmento de agências reguladoras, que supervisionam a qualidade e a eficiência do sistema. Cada segmento tem diferentes necessidades e expectativas. Os passageiros, por exemplo, estão interessados em saber o melhor itinerário ou combinação de itinerários para ir de um lugar para outro, a hora precisa da chegada do próximo ônibus, a duração da viagem em condições reais de tráfego e a situação do ônibus que está chegando (se está cheio, sujo ou se possui equipamento de acessibilidade). Por outro lado, as empresas de ônibus e as agências reguladoras estão interessadas em analisar a eficiência e a qualidade do sistema, a conformidade com os horários dos ônibus, o comportamento de cada motorista, a frequência e a duração da viagem, além de conhecer as sugestões e reclamações dos usuários do sistema.

Apesar dos diferentes tamanhos e complexidade dos sistemas de transporte público, os problemas enfrentados pelos usuários em diferentes cidades são semelhantes. Em Alagoinhas, por exemplo, uma cidade localizada no nordeste do Brasil, com uma população de cerca de 150 mil habitantes, os usuários do sistema de transporte coletivo reclamam das mesmas coisas que os usuários de grandes centros urbanos, ou seja, do tempo excessivo de espera pelos veículos e a imprecisão de seus horários. Além disso, os pontos de ônibus em Alagoinhas não têm nenhuma fonte de informações sobre horários de ônibus, forçando as pessoas a passarem muito tempo esperando o veículo, o que em determinados horários e locais pode ser bastante perigoso. O uso de tecnologias de informação e comunicação no contexto dos SATP pode ajudar a minimizar esses problemas. A tecnologia usada pelas grandes metrópoles, no entanto, exige altos investimentos financeiros, não disponível na maioria das pequenas e médias cidades.

Objetivando atenuar o impacto financeiro e viabilizar a utilização da tecnologia da informação no SATP das pequenas e médias cidades, este artigo apresenta uma solução baseada

em *crowdsourcing*, que utiliza a contribuição voluntária dos usuários do sistema de transporte público para gerar informações sobre horários e atrasos dos ônibus. A solução proposta é baseada nos dispositivos móveis existentes e na participação pública (ESTELLES e GONZÁLES, 2012), portanto, não requer elevados investimentos em infraestrutura e pode ser facilmente implementada em qualquer cidade. Para avaliar o potencial da solução proposta, foi realizado um experimento com a participação de usuários do sistema de transporte público da cidade de Alagoinhas. Os resultados do experimento são promissores e a expectativa é que o sistema possa ser adotado em cidades de qualquer tamanho.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 trata de trabalhos relacionados; a seção 3 apresenta a aplicação proposta; a seção 4 descreve as etapas para realizar o estudo de caso; a seção 5 apresenta e discute os resultados do estudo de caso; e a Seção 6 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

O *crowdsourcing* é um tipo de atividade participativa, on-line, na qual um indivíduo ou uma empresa propõe que um grupo de pessoas realizem uma tarefa voluntariamente (ESTELLES e GONZÁLES, 2012). A multidão participa com seu trabalho, tempo, conhecimento e experiência. O envolvimento na tarefa sempre traz benefícios mútuos. Por um lado, os participantes recebem uma recompensa, que pode ser satisfação pessoal, recompensas pecuniárias, reconhecimento social, autoestima ou desenvolvimento de competências individuais. Os proponentes do processo de *crowdsourcing*, por outro lado, obtêm o benefício de usar dados e informações produzidos pelos participantes, que dependem do tipo de atividade realizada.

O *crowdsensing* é uma forma especial de *crowdsourcing* que consideram a capacidade dos cidadãos comuns de usarem sensores para capturar e comunicar informações sobre si mesmos ou de um cenário específico. *Smartphones* e dispositivos incorporados a veículos podem embarcar uma infinidade de sensores que permitem medir inúmeras variáveis contextuais, tais como, a frequência cardíaca do usuário, acelerações e freadas bruscas, o consumo de combustível, condições do fluxo de tráfego e condições da estrada, tais como buracos e acidentes (GANTI e YE, 2011).

A combinação de informações provenientes de seres humanos e dados coletados por sensores têm natureza distinta. As contribuições dos seres humanos são sempre participativas, ou seja, uma pessoa deve dedicar algum tempo para realizar uma tarefa. Os dados dos sensores são oportunistas, ou seja, os sensores funcionam em segundo plano, enquanto os dispositivos móveis geralmente coletam e processam os dados e os enviam para um serviço Web. No contexto de aplicativos para SATP, as duas informações são relevantes. Há um número incontável de aplicativos Web e móveis que usam informações participativas e oportunistas vindas da multidão de usuários e de seus sensores.

Apresenta-se a seguir algumas iniciativas que utilizam técnicas de *crowdsourcing* ou *crowdsensing* no contexto dos sistemas de transportes e que possibilitam capturar e tratar informações sobre a rede de transporte, horários de ônibus e seus itinerários, sendo desta forma de importância para este trabalho.

O CittaMobi (LOPES e DE MARCHI, 2015) é um aplicativo móvel baseado no conceito de *crowdsensing*, usado para prever com precisão a chegada de ônibus em cada parada. A hora de chegada de cada ônibus é calculada com base na posição atual do ônibus e nas condições de tráfego da rede rodoviária. Essas informações são atualizadas continuamente, o que fornece uma boa estimativa da hora de chegada. Além disso, o usuário pode contar com informações sobre eventos ao longo da rede rodoviária; pode procurar ônibus que passam por um determinado ponto; verificar se o ônibus que está chegando é adaptado para cadeirantes; visualizar todos os ônibus próximos com hora prevista de chegada; e gravar paradas e itinerários favoritos para facilitar a pesquisa. O CittaMobi está disponível em apenas 26 grandes cidades brasileiras.

O Moovit é outro aplicativo móvel de *crowdsensing* e *crowdsourcing* que visa melhorar a mobilidade urbana e facilitar o uso do sistema de transporte público. O Moovit é um aplicativo de transporte muito popular, presente em 58 países, 700 cidades e com mais de 10 milhões de usuários brasileiros (CAMPOS et. al, 2016). O Moovit permite que os usuários planejem suas viagens, misturando diferentes tipos de modos de transporte. Usando sua capacidade de detecção de engarrafamentos, o Moovit fornece aos usuários relatórios sobre as condições atuais da rede viária, informações precisas sobre a viagem e quanto tempo levará para o destino do usuário. Além disso, os usuários podem compartilhar sua rota e visualizar outros usuários do aplicativo e até conversar com eles. O Moovit também possui um aplicativo para compartilhamento de caronas, permitindo que os usuários encontrem outros usuários que seguirão uma rota semelhante para compartilhar o custo da viagem.

Outro aplicativo popular amplamente usado para obter informações de tráfego é o Waze. O Waze é um aplicativo de *crowdsourcing* que visa melhorar a mobilidade urbana, fornecendo informações precisas sobre as condições de tráfego junto com a rede rodoviária. Quando os usuários viajam executando o aplicativo Waze, sua localização e velocidade são enviadas aos servidores Waze para estimar a velocidade média da via, sem necessidade de intervenção manual. Além disso, os usuários podem relatar eventos ao longo da via, tais como, um acidente, serviços de manutenção na estrada e o preço do combustível em um determinado posto de gasolina (COSTA e JUNIOR, 2015).

Uma iniciativa inspiradora é a aplicação OneBusAway (FERRIS et al., 2010). O OneBusAway fornece informações em tempo real sobre ônibus da região de Seattle, nos Estados Unidos. Esta aplicação tem como objetivo disponibilizar com precisão o horário de chegada dos

ônibus a um determinado local. A posição de cada ônibus é obtida por um GPS acoplado ao veículo, que envia regularmente sua posição para um servidor central. O servidor considera os locais dos ônibus e as condições de tráfego da rede rodoviária e transmite a todos os usuários o tempo estimado de chegada de cada ônibus. O sistema de localização por satélite tende a apresentar resultados imprecisos em áreas com prédios altos e outros obstáculos. Uma alternativa para localização dos veículos em grandes centros urbanos é o sistema o DSRC (*Dedicated Short-Range Communication*) (WANG et al., 2002) que é um tipo de sistema de comunicação de curto alcance usado especificamente na área de transportes. A ideia é ter um dispositivo DSRC em cada estação de ônibus. Este dispositivo captura a posição do ônibus que passa pela rodoviária e estima a hora de chegada na próxima estação ao longo do itinerário. Entretanto, esta solução funciona apenas em cidades que já possuem uma rede DSRC.

O Crowdmap (VERMA, 2017) é outro aplicativo de *crowdsensing* voltado para o sistema de transporte público. Além de calcular o tempo de chegada do ônibus a um destino ele coleta dados sobre as condições da viagem, tais como, acelerações e freadas bruscas, execução de curvas acentuadas em alta velocidade e condição do pavimento.

Inspirado nos recursos oferecidos pelos grandes sistemas proprietários e no potencial que as tecnologias de *crowdsourcing* e *crowdsensing* representam para sistemas de transporte inteligentes, este trabalho apresenta o MobiBus, um sistema projetado para atender às necessidades dos usuários dos sistemas de transporte público de pequenas e médias cidades. Para o desenvolvimento do MobiBus foram utilizadas as demandas apontadas por uma pesquisa realizada com os usuários do sistema e as peculiaridades do transporte público da cidade de Alagoinhas, Bahia - Brasil. Acreditamos, no entanto, que a solução adotada pode ser utilizada em aglomerados urbanos com características semelhantes. Na próxima seção, discutiremos a concepção do MobiBus.

3 ARQUITETURA MOBIBUS

Um dos principais desafios enfrentados pelos municípios é implementar ações de mobilidade, nas quais o transporte público seja disponibilizado com qualidade e capaz de se tornar um meio de transporte preferido (PIRES et al., 2016). A popularização e universalização do transporte público permite: (i) a livre locomoção das pessoas; (ii) facilitar o acesso de pessoas com deficiência física; (iii) fornecer transporte para pessoas que não estão qualificadas para dirigir; (iv) reduzir o congestionamento e os níveis de poluição; (v) promover economia de energia; e (vi) reduzir a demanda por novas estradas e estacionamentos.

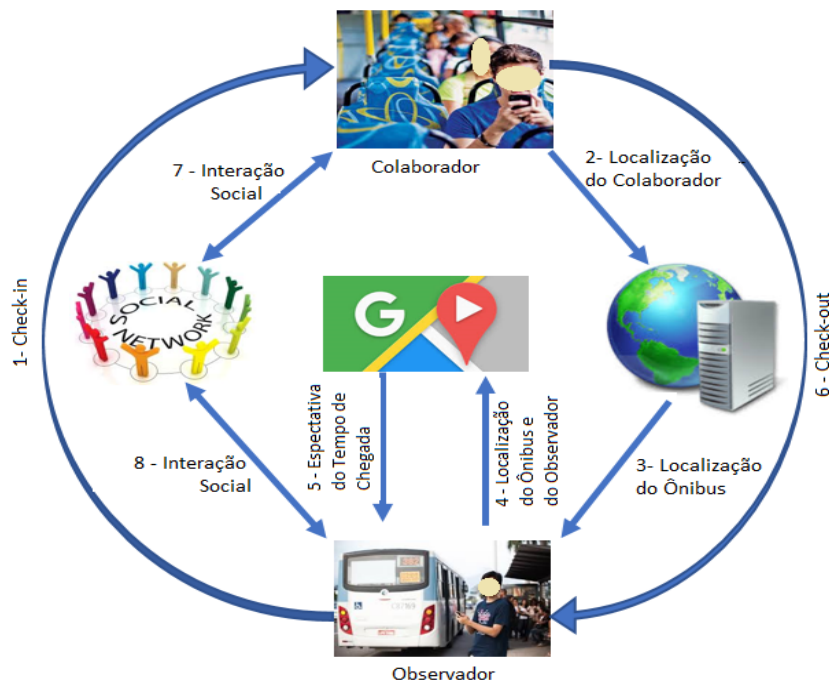
Embora seja possível observar vários investimentos na área de transporte público em grandes centros urbanos no Brasil, a maioria das pequenas e médias cidades trabalha com orçamentos

reduzidos e apresenta uma realidade caótica nesse setor. Os problemas mais recorrentes são: a insuficiência de itinerários, envelhecimento da frota, falta de conforto, insegurança, indisponibilidade de informações sobre itinerários e imprecisão de horários (PIRES et al., 2016). O MobiBus foi desenvolvido para contribuir com serviços de transporte público de cidades médias. O objetivo do MobiBus é ser um aplicativo móvel que atenda à demanda por informações sobre horários, itinerários e problemas impactantes no transporte público, sem exigir grandes investimentos do setor público.

O MobiBus é uma aplicação baseada na contribuição voluntária de usuários do sistema de transporte público. Antes de ser disponibilizado ao público em geral, entretanto, é necessário registrar informações básicas sobre a infraestrutura do sistema de transporte público da cidade. A parametrização inicial do sistema MobiBus consiste em registrar a localização de cada ponto de ônibus e os itinerários. Essas informações são geralmente registradas pelos órgãos municipais, mas podem ser feitas por qualquer cidadão que possua esse tipo de informação e habilidade. Depois que todas as informações básicas estiverem disponíveis, o MobiBus é alimentado pelos usuários do sistema em um esquema de contribuição voluntária.

Os usuários do MobiBus precisam fazer o login e definir os itinerários nos quais estão interessados em obter informações. Uma vez definidos os itinerários, o usuário se torna um Observador do sistema de transporte público. Os Observadores MobiBus recebem informações sobre locais e a hora prevista de chegada dos ônibus nos quais declararam o interesse. A Figura 1 ilustra todas as etapas envolvidas no processo de uso do aplicativo MobiBus.

Figura 1 - Visão geral da arquitetura MobiBus



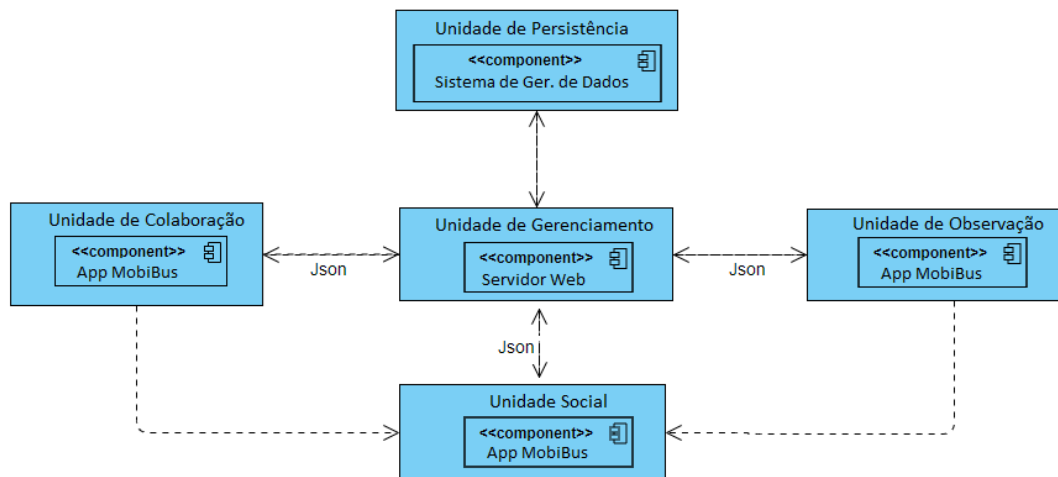
Quando os Observadores embarcam em um dos ônibus, eles devem fazer o *check-in* no aplicativo, com o objetivo de registrar o veículo/itinerário no qual ele embarcou. Neste momento, o Observador assume o papel de Colaborador (etapa 1). Inicialmente, o aplicativo móvel envia a localização do Colaborador para um servidor Web (etapa 2). Os locais do colaborador continuam sendo enviados ao servidor em intervalos de 10 segundos, garantindo uma atualização contínua da posição do ônibus no qual o Colaborador está viajando. As posições de todos os ônibus nos itinerários que os Observadores tenham interesse são enviadas com a ajuda dos Colaboradores (etapa 3).

O aplicativo MobiBus em execução nos dispositivos dos Observadores recebem as posições dos ônibus ao longo dos itinerários escolhidos durante o processo de login. O aplicativo em execução no dispositivo do Observador faz uma requisição via API do Google Maps solicitando o tempo de viagem entre a posição do ônibus e a posição do Observador (etapa 4). O serviço de roteamento do Google foi configurado para retornar a rota e a hora estimada de chegada do ônibus, o que fornece uma estimativa mais realista do tempo de espera no ponto de ônibus. As informações retornadas pelo serviço de roteamento do Google são exibidas no mapa do dispositivo do Observador (etapa 5). Os colaboradores permanecem nesse estado enquanto estiverem dentro de um ônibus. Quando os colaboradores saem do ônibus, precisam registrar esse fato, fazendo o seu *check-out*, o que transforma o Colaborador em um Observador do sistema (etapa 6). Colaboradores e Observadores podem participar da rede social MobiBus para comunicar problemas e socializar suas opiniões sobre o funcionamento do sistema de transporte público (etapas 7 e 8).

Considerando as funcionalidades discutidas acima, decidiu-se dividir a plataforma MobiBus em cinco unidades: Colaboração, Observação, Persistência, Gerenciamento e Social (Figura 2). Além da motivação funcional para criar unidades independentes, a modularização do sistema também permite a replicação desta proposta usando diferentes tecnologias. Isso ocorre para que as implementações de qualquer artefato de software de uma unidade não interfiram na implementação de outras unidades.

A plataforma MobiBus é baseada na Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) (WELKE et al., 2011). A SOA é uma abordagem arquitetural que fornece serviços interoperáveis e modulares para aprimorar a capacidade de manutenção, flexibilidade e usabilidade do código. Para padronizar a troca de dados entre as unidades da plataforma, foi utilizado o JavaScript Object Notation (JSON).

Figura 2 – Componentes da Plataforma MobiBus



As unidades de Colaboração, Observação e Social (Figura 2) são executadas nos dispositivos dos usuários e implementam a maioria das funcionalidades discutidas anteriormente neste artigo. Para o desenvolvimento do aplicativo, foi escolhida uma solução híbrida, ou seja, parte do aplicativo é executado de forma nativa e parte é multiplataforma, permitindo que o aplicativo seja executado em diferentes plataformas móveis usando o mesmo código-fonte. Esta abordagem híbrida usa HTML5, CSS3 e JavaScript. Para a construção do aplicativo, foi escolhido o Bootstrap, um *framework* de *front-end* de código aberto desenvolvido pela equipe do Twitter (KRAUSE, 2016).

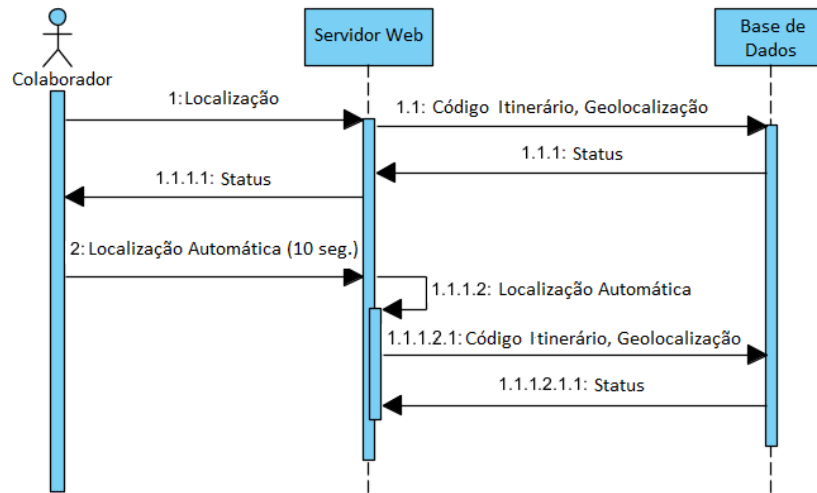
A Unidade de Persistência armazena os dados relacionados ao *check-in* e *check-out* dos usuários, mensagens trocadas na rede social do aplicativo e localizações dos ônibus a partir do GPS dos Colaboradores. Para a persistência dos dados foi utilizado o MySQL Database Manager. O Google Compute Engine foi o ambiente em nuvem utilizado por fornecer máquinas virtuais de alto desempenho, em centrais de dados inovadoras, que utilizam a infraestrutura do Google.

A Unidade de Gerenciamento conta com um servidor Web para fornecer a integração e coordenação de todas as unidades. O Serviço da Web é baseado no Laravel, uma estrutura PHP de código aberto e gratuita para desenvolvimento de sistemas Web utilizando o padrão de arquitetura MVC (Model-View-Controller). Para poder usar o Laravel em conjunto com o Serviço da Web e garantir a escalabilidade e disponibilidade do sistema, adotamos o Google App Engine.

O aplicativo MobiBus foi projetado para ser simples e de fácil utilização. Desta forma, a interface possui apenas os comandos essenciais para a funcionalidade do aplicativo. Embora os usuários do aplicativo possam desempenhar funções diferentes no sistema, as ações associadas a cada função são simples e executadas automaticamente na maioria das vezes. Na Figura 3, por exemplo, você pode visualizar o diagrama de sequência das etapas executadas na plataforma pelos Colaboradores. No caso de um *check-in* bem sucedido, o aplicativo envia automaticamente os locais

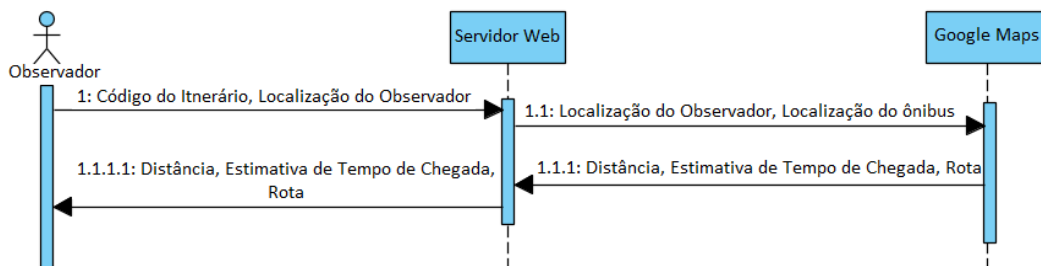
dos Colaboradores a cada 10 segundos, criando um ciclo sistemático até que os Colaboradores efetuem o *check-out*.

Figura 3 - Diagrama de Sequência do Colaborador



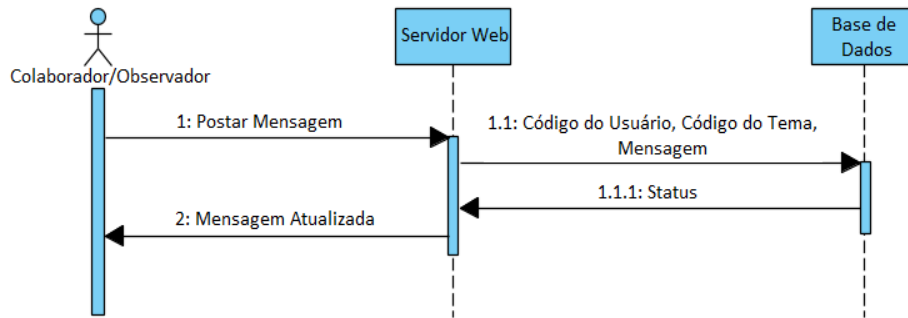
A Figura 4 mostra o diagrama de sequência das etapas executadas quando um Observador recebe a atualização de um ônibus. Toda vez que há uma atualização da localização de um ônibus em um dos itinerários registrados, a localização do Observador e a localização do ônibus são enviadas para um servidor do Google Maps. Desta forma, o Observador recebe de volta a distância e a hora prevista de chegada do ônibus.

Figura 4 - Diagrama de Sequência do Observador



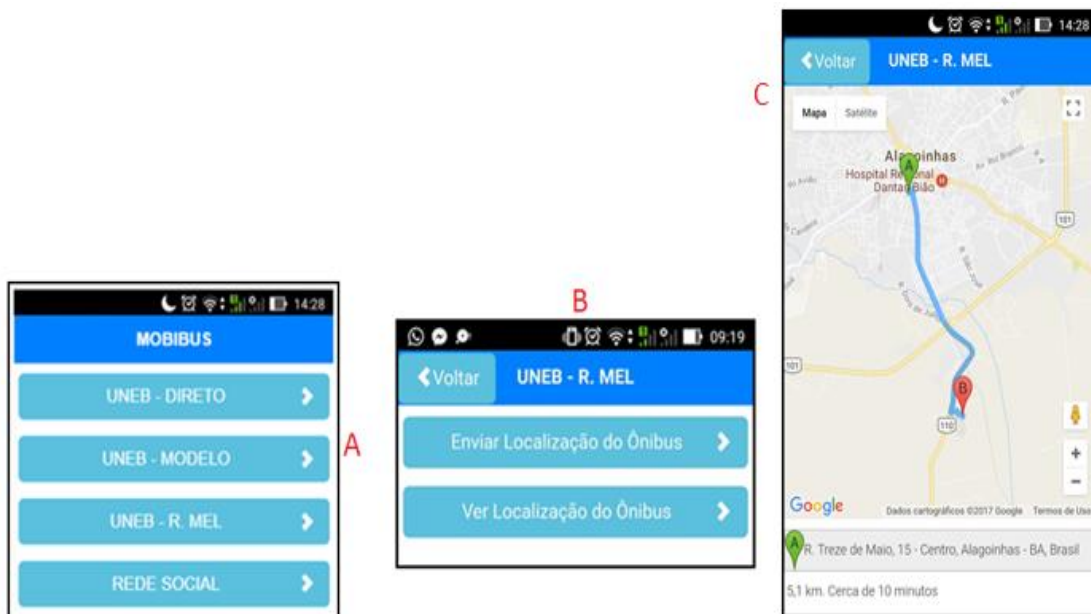
A rede social da plataforma foi criada para que os usuários (Colaboradores e Observadores) possam postar informações sobre o sistema de transporte público da cidade. Atualmente, esse recurso suporta apenas mensagens de texto. Na Figura 5, é possível contemplar o diagrama de sequência das etapas executadas para postar uma mensagem na rede social.

Figura 5 - Diagrama de sequência da Rede Social



A materialização de todas as funcionalidades descritas até o momento foi idealizada em interfaces simples e sucintas. Inicialmente, o usuário precisa escolher qual itinerário está interessado em monitorar (Figura 6 - A). Uma vez definido o itinerário, o usuário deve escolher se quer desempenhar o papel de Colaborador ou Observador (Figura 6 - B).

Figura 6 - Interfaces para escolher os itinerários (A), papel do usuário (B) e visão do Observador (C)



Como Observador, o usuário pode visualizar, em um mapa a sua localização instantânea, obtida diretamente do sensor de localização do seu dispositivo. Esta coordenada geográfica é a mesma enviada ao servidor Web em intervalos de 10 segundos. Como Observador, o usuário recebe a localização exata do ônibus, a que distância o ônibus está e o tempo que vai levar para chegar. Todas essas informações são apresentadas em um mapa (Figura 6 - C).

4 AVALIAÇÃO MOBIBUS

A avaliação do aplicativo MobiBus foi realizada através de um experimento com usuários do sistema de transporte público da cidade de Alagoinhas. Os dados foram coletados com questionários para identificar a experiência do usuário (UX) com o sistema de transporte público antes e após o uso do MobiBus. O experimento relatado neste trabalho foi dividido em seis fases distintas, com base nas diretrizes propostas na estrutura do *framework* DECIDE (PREECE et al., 2015) que orientaram as etapas executadas durante todas as fases do experimento:

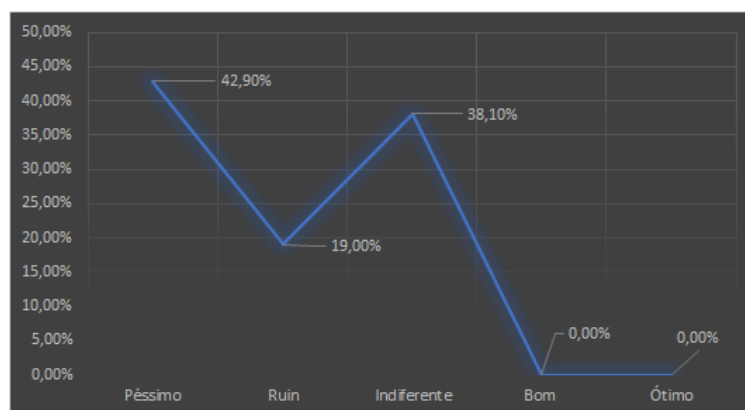
- **Determinar os objetivos da análise** - O foco do experimento foi obter informações sobre a eficiência, eficácia, usabilidade e experiência dos usuários do MobiBus.
- **Explorar as perguntas a serem respondidas** - Com base nos objetivos a serem alcançados, foi desenvolvido um conjunto de perguntas, apresentadas a seguir, para capturar a percepção dos participantes do experimento e permitir avaliar as potencialidades da aplicação proposta neste estudo.
 - 1) Com que frequência você usa o transporte público?
 - 2) Qual é o seu nível de satisfação com o sistema de transporte público da cidade de Alagoinhas?
 - 3) O sistema de transporte público fornecido em Alagoinhas já trouxe prejuízos à sua rotina diária?
 - 4) O aplicativo MobiBus ajudou a diminuir qualquer inconveniente causado pelo sistema de transporte coletivo da cidade de Alagoinhas?
 - 5) Você está satisfeito com o MobiBus?
 - 6) O MobiBus ajudou a reduzir o tempo de espera nos pontos de ônibus?
 - 7) Você se sentiu mais seguro usando o MobiBus, já que possui uma estimativa da hora de chegada do ônibus?
 - 8) Você considera o MobiBus útil para a população?
 - 9) Qual a importância do MobiBus para auxiliar os usuários do sistema de transporte público na cidade de Alagoinhas?
- **Escolher a abordagem e métodos de avaliação** - A abordagem escolhida para obtenção dos dados foi a aplicação de um questionário, com as questões propostas no item anterior, utilizando a escala de Likert (Likert, 1932) com 5 pontos, variando de "Muito Satisfeito" para "Muito Insatisfeito".
- **Identificar e gerenciar questões práticas** - Nesta etapa, um documento foi criado para explicar a proposta do trabalho, esclarecer como baixar o aplicativo e ilustrar como utilizá-lo.

- **Decidir como lidar com as questões éticas** - Nesta etapa, foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para que os voluntários expressassem interesse em participar do experimento e disponibilizassem os dados para avaliações futuras. Todos os participantes eram maiores de idade e tinham boa capacidade física e mental.
- **Avaliar, analisar, interpretar e apresentar os dados** - A coleta de dados foi realizada entre 05/02/2018 a 17/05/2018, com a participação de 21 usuários, sendo 10 do sexo feminino e 11 do sexo masculino. Em relação à escolaridade, observou-se que 2 participantes possuem pós-graduação, 14 são estudantes de graduação, 3 concluíram o ensino médio e 2 possuem apenas o ensino fundamental. A amostra foi formada por estudantes e funcionários da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - Campus II - Alagoínhas. O tipo de amostra não é probabilístico e os participantes foram escolhidos por conveniência.

A primeira pergunta refere-se à frequência com que os participantes do estudo de caso usam o sistema de transporte público na cidade de Alagoínhas. Os resultados indicaram que 76,2% dos participantes usam o sistema com frequência e 23,8% usam apenas ocasionalmente.

Os resultados referentes à satisfação dos participantes com o atual sistema de transporte público de Alagoínhas podem ser vistos no gráfico da Figura 8. Os números não são nada animadores, pois mais da metade dos entrevistados considera o sistema de transporte público ruim ou péssimo, indicando que o sistema não é atraente nem apropriado e provavelmente não fornece informações atualizadas e de qualidade.

Figura 8 - Nível de satisfação com o atual sistema de transporte público de Alagoínhas.

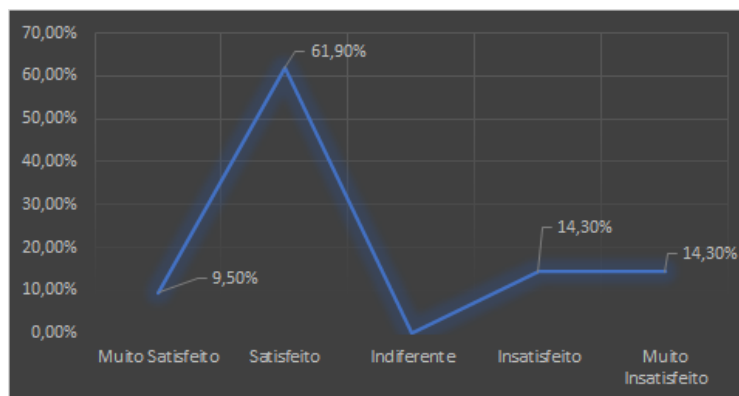


A próxima pergunta indaga se os participantes da pesquisa já sofreram algum tipo de prejuízo com o serviço de transporte coletivo prestado em Alagoínhas. Os resultados indicaram que 63,6% foram muito prejudicados, 27,3% foram moderadamente prejudicados, 4,5% foram pouco prejudicados e 4,5% não sofreram prejuízos com o transporte coletivo atual. Os dados permitem

confirmar a importância de se pensar em soluções que visem melhorar a experiência dos usuários no uso do transporte coletivo de Alagoínhas.

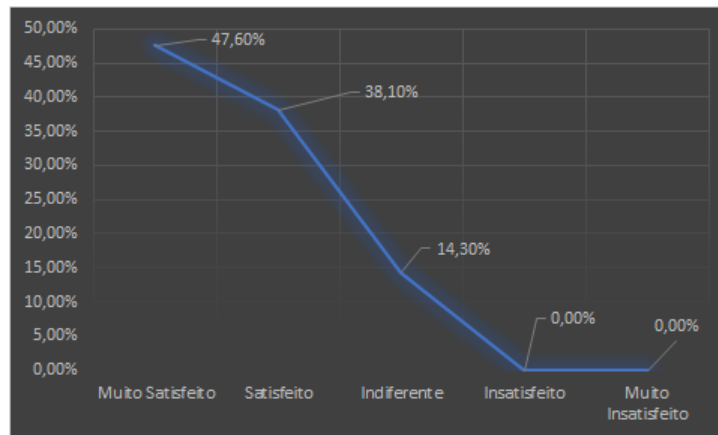
A quarta pergunta questiona os participantes se a utilização do aplicativo MobiBus ajudou a diminuir os transtornos causados pelo sistema de transporte coletivo da cidade de Alagoínhas. Esta pergunta pretende medir o impacto do aplicativo MobiBus como uma ferramenta para ajudar a mitigar os problemas causados pelo serviço. A esse respeito, os resultados mostram que mais de 70% dos usuários estão satisfeitos ou muito satisfeitos com o aplicativo (Figura 9).

Figura 9 - Percentual de satisfação com a ajuda do MobiBus no serviço de transporte público

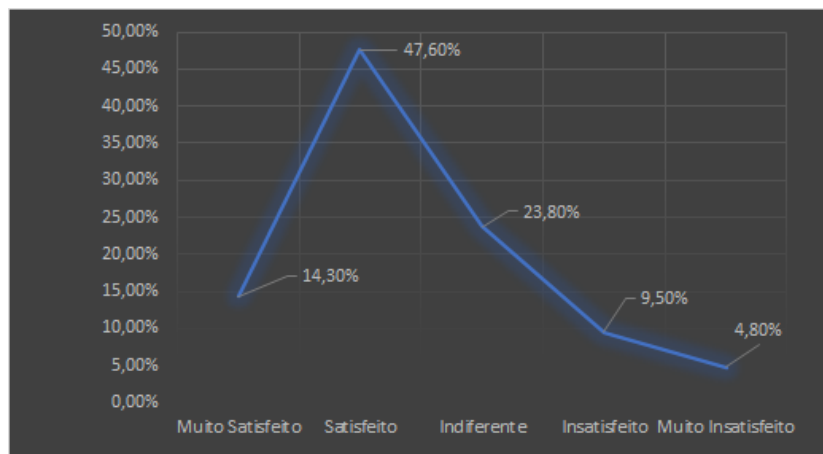


O MobiBus foi projetado para ser de fácil usabilidade, gerando o menor desconforto possível, uma vez que o aplicativo depende da colaboração voluntária dos usuários. O *crowdsourcing* e os aplicativos colaborativos tornaram-se o caminho para obter informações sobre qualquer coisa, ajudando a entender e resolver problemas complexos. As pessoas normalmente estão dispostas a colaborar, caso não tenham transtornos para realizar esta atividade. Nesse contexto, os participantes foram questionados se o MobiBus é fácil de usar. O gráfico da Figura 10 indica um alto nível de satisfação com a usabilidade do aplicativo.

O principal objetivo do desenvolvimento do MobiBus é permitir que os usuários do transporte coletivo de Alagoínhas possam ter o menor tempo possível na espera dos ônibus nos pontos coletivos, fornecendo a eles informações em tempo real sobre a localização do ônibus, distância e o tempo de chegada até o ponto em que o usuário se encontra. Os dados do gráfico da Figura 11 permite concluir que o MobiBus atingiu o seu principal objetivo.

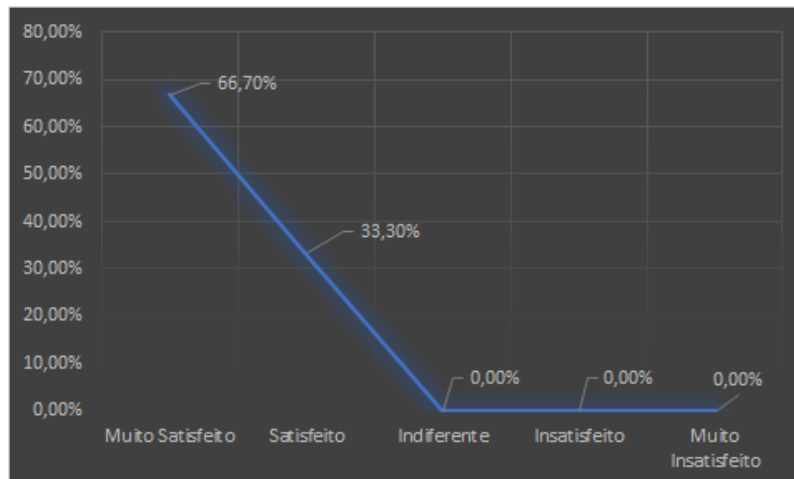
Figura 10 - Percentual de satisfação com a facilidade de uso do MobiBus

A pergunta 7 relaciona a sensação de segurança com o conhecimento da hora de chegada do próximo ônibus. Essa pergunta não usa uma escala Likert para avaliar esse sentimento, mas apenas duas respostas possíveis, ou seja, “Sim” (eu me sinto mais seguro) e “Não” (não me sinto mais seguro). Para esta pergunta, 81% disseram que se sentem mais seguros e 19% não acreditam que o aplicativo ajude a aumentar a segurança pública.

Figura 11 - Percentual de satisfação com a ajuda do MobiBus em relação ao tempo de espera

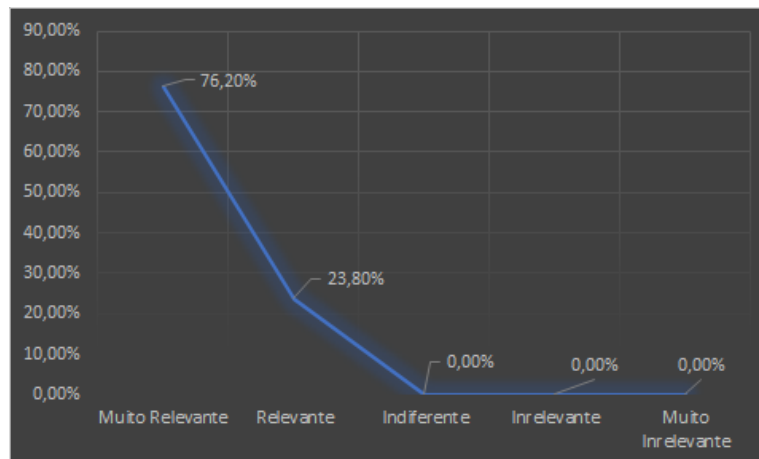
O MobiBus também permite que os usuários publiquem mensagens em uma rede social, socializando informações e reclamações sobre o funcionamento do sistema. Dessa forma, os participantes da pesquisa foram solicitados a declarar o nível de satisfação em relação à utilidade pública do MobiBus. O gráfico da Figura 12 mostra que 100% dos participantes acham o aplicativo útil ou muito útil. Esse feedback é importante para um aplicativo de *crowdsourcing* que recompensa seus usuários com o fato de que o aplicativo produz informações relevantes para a comunidade MobiBus.

Figura 12 - Nível de satisfação com a utilidade do MobiBus



A última pergunta está relacionada à relevância do aplicativo para auxiliar os usuários do sistema de transporte público. Todos os participantes do experimento acreditam que o aplicativo é relevante ou muito relevante para o seu dia a dia como usuários do sistema de transporte público (Figura 13). Este resultado indica a tendência de que a ferramenta proposta é de utilidade pública e poderá ser introduzida, com o apoio das prefeituras, nas políticas públicas dos municípios que não dispõem de recursos financeiros para aquisição de sistemas avançados de transporte público proprietários.

Figura 13 - Grau de relevância do MobiBus



5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O processo de urbanização no Brasil trouxe consigo a demanda por investimentos em mobilidade urbana para a maioria dos municípios. Neste cenário, é importante ressaltar a urgência em oferecer um transporte coletivo de qualidade, tornando o sistema atrativo aos usuários. A opção pelo uso do transporte coletivo diminui a quantidade de carros nas vias, contribui com o meio

ambiente, diminui a quantidade de veículos nas vias e, conseqüentemente, melhora a qualidade de vida das pessoas.

As principais cidades contam com a ajuda dos Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) para melhorar, entre outras coisas, os serviços e o gerenciamento do sistema de transporte público. Entretanto, as cidades menores não têm recursos para investir nos mecanismos e ferramentas usadas pelos SIT e precisam utilizar soluções inovadoras que explorem a capacidade voluntária dos usuários para a melhoria do sistema.

Tomando como exemplo o sistema de transporte público da cidade de Alagoinhas, identificamos muitas deficiências e reclamações comuns em quase todas as cidades do mesmo tamanho. Uma das principais deficiências é a falta de previsão e disponibilidade de horários dos ônibus. Além disso, a imprecisão de horários e o tempo de espera nos pontos de ônibus expuseram os usuários a muitos riscos relacionados à sua segurança.

Nesse cenário, foi desenvolvido e testado o MobiBus, um aplicativo de *crowdsourcing* móvel, para ajudar os usuários do sistema de transporte público. O MobiBus conta com uma contribuição voluntária dos usuários do sistema de transporte público para gerar informações sobre a hora prevista de chegada dos ônibus. Além disso, o MobiBus mantém uma rede social de usuários, para que eles possam compartilhar comentários e reclamações sobre o funcionamento do sistema de transporte. Para avaliar o potencial da solução proposta, foi realizado um experimento com a participação de usuários do sistema de transporte público da cidade de Alagoinhas. Os resultados do experimento concluem que o MobiBus atende às expectativas dos usuários nos seguintes aspectos:

- O MobiBus atenua alguns problemas causados por serviços de transporte público.
- Os usuários ficaram satisfeitos com o uso do MobiBus.
- O MobiBus ajudou a reduzir o tempo de espera nos pontos de ônibus, aumentando a segurança dos usuários.
- Os usuários consideraram o MobiBus útil como uma ferramenta para melhorar o sistema de transporte público.

A arquitetura modular da plataforma MobiBus e os resultados do experimento, mostraram um bom potencial de sua utilização em outras cidades do mesmo porte de Alagoinhas, com grande chance de ter uma boa aceitação por seus cidadãos.

Como trabalhos futuros, pretende-se melhorar a interface do usuário, incorporando funções de acessibilidade para deficientes visuais e a adição de um botão de alerta para relatar emergências nos ônibus. O MobiBus trabalha com uma versão gratuita da API do Google para estimar o horário de chegada dos ônibus, entretanto essa versão tem um número limitado de requisições mensais, desta forma, com o objetivo de evitar o uso de uma versão paga da API, considera-se o uso de um serviço

de roteamento aberto e gratuito. Outro recurso a ser incorporado é a execução de *check-out* automático, permitindo que o usuário do aplicativo defina origem e destino de sua viagem. Também planeja-se implementar e avaliar o MobiBus em outras cidades, com a participação de mais usuários. Finalmente, planeja-se adaptar o MobiBus para avaliar a forma de dirigir dos motoristas dos ônibus.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, W.; DE AQUINO, N. B.; PEREIRA, W. F. Considerações sobre o uso de its. *Revista dos Transportes Públicos*. 23(91): 33–37, 2001.
- ARAÚJO, M. R. M. D., OLIVEIRA, J. M. D.; JESUS, M. S. D.; SÁ, N. R. D.; SANTOS, P. A. C. D.; LIMA, T. C. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. *Psicologia Sociedade*. 23(2), 574–582, 2011.
- CAMPOS, A.; SOARES, E.; MARTINS, G.; YOSHIDA, L.; OLIVEIRA, M.; ZAINA, L. Avaliação de comunicabilidade, usabilidade e retorno emocional no transporte público: Um estudo do moovit. *Extended proceedings of XV Symposium on Human Factors in Computing Systems*. 2016.
- COSTA, C. S.; DE OLIVEIRA FERNANDES, V.; JUNIOR, M. J. A. Aplicação de crowdsourcing na gestão e no planejamento de transportes: conceitos, potencialidades e parcerias do Waze. *Revista Brasileira de Geomática*. 3(2), 68–80, 2015.
- ESTELLES-AROLAS, E.; GONZÁLEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, F. Towards an integrated crowdsourcing definition. *Journal of Information science*, 38(2), 189-200, 2012.
- FERRIS, B.; WATKINS, K.; BORNING, A. Onebusaway: results from providing real-time arrival information for public transit. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1807–1816, 2010.
- GANTI, R. K.; YE, F.; LEI, H. Mobile crowdsensing: current state and future challenges. *IEEE communications Magazine*, 49(11), 32-39, 2011.
- KRAUSE, J. Introduction to Bootstrap. In: Krause, J. (ed.) *Introducing Bootstrap*, 4, 23–32. Springer, Berkeley, 2016.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*. 1(140), 1–55, 1932.
- LOPES, B. G.; DE MARCHI, P. M. A tecnologia como meio de inclusão dos deficientes visuais no transporte público. *Iniciação-Revista De Iniciação Científica, Tecnológica E Artística Edição Temática Em Tecnologia Aplicada*. São Paulo, v. 5, n. 4, 2015.
- PIRES, A.; PELEGI, A.; VASCONSELLOS, E., NÉSPOLI, L. *Mobilidade humana para um brasil urbano*. São Paulo: Brasiliense, 2016.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Wiley, Chichester, 2015.

VERMA, R. Crowdmap: Crowdsourcing based city traffic map generation. 2017 9th International Conference on Communication Systems and Networks *COMSNETS*, 582–583, IEEE, 2017.

WANG, L. Y.; YAO, D. Y.; GONG, X. B.; ZHANG, Z. A research on bus information service system using DSRC. Proceedings the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems. 365–369, IEEE, 2002.

WELKE, R.; HIRSCHHEIM, R.; SCHWARZ, A. Service-oriented architecture maturity. *Computer* 44(2), 61–67, 2011.

WHITE, P. R.: *Public Transport: Its Planning, Management and Operation*. Taylor & Francis, New York, 2016.