



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada
Mestrado Acadêmico

Tiago Sommer

Uso de *Crowdsourcing* e Gamificação para Motivar a Participação e Colaboração de Cidadãos em Sistemas Inteligentes de Transporte:
um estudo de caso com o sistema Antares

São Leopoldo, 2015

Tiago Sommer

USO DE *CROWDSOURCING* E GAMIFICAÇÃO PARA MOTIVAR A PARTICIPAÇÃO E COLABORAÇÃO DE CIDADÃOS EM SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE:
um estudo de caso com o sistema Antares

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos — UNISINOS

Orientador:
Profa. Dra. Patrícia A. Jaques Maillard

São Leopoldo
2015

S697u

Sommer, Tiago.

Uso de crowdsourcing e gamificação para motivar a participação e colaboração de cidadãos em sistemas inteligentes de transporte : um estudo de caso com o sistema Antares / Tiago Sommer. – 2015.

103 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2015.

"Orientador: Prof. Dra. Patricia A. Jaques Maillard."

1. Gamificação. 2. Crowdsourcing. 3. Sistemas inteligentes de transporte. 4. Transporte público. I. Título.

CDU 004

Tiago Sommer

Uso de *crowdsourcing* e gamificação para motivar a participação e colaboração de cidadãos em sistemas inteligentes de transporte:
um estudo de caso com o sistema Antares

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 10 de Abril de 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Patrícia Augustin Jaques Maillard – UNISINOS

Prof. Dr. Leonardo Dagnino Chiwiacowsky – UNISINOS

Prof. Dr. Rafael Bohrer Avila - UNISINOS

Prof.^a Dr.^a Ana Carolina Brandão Salgado – UFPE

Prof.^a Dr.^a Patrícia Augustin Jaques Maillard (Orientadora)

Visto e permitida a impressão
São Leopoldo, 9 de Julho de 2015

Prof. Dr. Cristiano André da Costa
Coordenador PPG em Computação Aplicada

RESUMO

Congestionamentos são um dos principais problemas nas cidades grandes. Eles geram poluição, stress emocional aos motoristas e desgaste das vias, o que demanda maior gasto para mantê-las em bom estado. Além disso, a ampliação dessas (para melhorar o fluxo) nem sempre é possível. Dessa forma, é preciso buscar outras alternativas. Uma possível solução é incentivar o uso do transporte público provendo informações de qualidade aos usuários e, para isso, existem os Sistemas de Informação ao Usuário (SIU). Estes sistemas computacionais visam prover melhores informações sobre o transporte coletivo para os usuários, atraindo-os para o uso do transporte público em detrimento aos veículos privados. Um dos grandes problemas de um SIU é manter seus dados atualizados, uma vez que as informações do transporte público se alteram periodicamente. Se o SIU não se atualiza constantemente, os usuários podem receber informações desatualizadas, podendo assim, abandonar o sistema. A gestão e atualização centralizada dos dados por órgãos gestores nem sempre se mostra suficiente e eficiente. Para resolver este problema, é proposto neste trabalho um sistema unificado de *crowdsourcing* e gamificação para SIU. O *crowdsourcing* visa permitir que os próprios usuários colaborem com informações para atualizar o sistema. Porém, o emprego exclusivo de *crowdsourcing* pode não ser suficiente, pois o sistema depende da participação ativa dos usuários para se manter atualizado. Se os usuários não estiverem motivados a compartilhar, o sistema se desatualizará e deixará de ser útil. Desse modo, a gamificação é utilizada neste trabalho para motivar os usuários a utilizarem mais o sistema e também a compartilharem com mais informações. Quanto maior o número de usuários interessados no sistema, maior as chances de se conseguir informações. Da mesma forma, quanto mais informações, mais confiável será o sistema e, conseqüentemente, mais usuários estarão interessados em utilizá-lo. O trabalho proposto traz uma contribuição significativa para a área de Sistemas Inteligentes de Transporte, pois não há conhecimento de trabalhos que integrem gamificação e *crowdsourcing* em um SIU para motivação da participação dos usuários com compartilhamento de informações. Para verificar se o trabalho atingiu os seus objetivos, foi realizada uma avaliação qualitativa com três usuários. Esses três usuários foram observados *in loco* durante a utilização do sistema em paradas na cidade de Porto Alegre. Foi igualmente realizada uma outra avaliação experimental quantitativa em que 23 usuários assistiram um vídeo sobre o sistema e responderam um questionário com questões fechadas. A análise das respostas dos usuários mostrou indícios que eles se sentem motivados em contribuir com o transporte público. Além disso, os usuários também reportaram estar interessados na gamificação do sistema.

Palavras-chave: Gamificação. Sistemas Inteligentes de Transporte. *Crowdsourcing*. Transporte Público.

ABSTRACT

Traffic jams are one of the main problems in the cities. The expansion of urban roads is not a sustainable solution, for this reason other alternatives are necessary. One possible solution are the User Information Systems (UIS). These computer systems aim to provide information about the public transport for users, attracting them to use public transport instead of private vehicles. The main problem of an UIS is to keep its data updated. To solve this problem, we propose an unified model of crowdsourcing and gamification for an UIS. The crowdsourcing aims to allow users to collaborate with updated data. However, only the crowdsourcing may not be enough, because the system will depend on the users participation to keep itself updated. If the users are not motivated to cooperate, the system will downgrade and will no longer be useful. Thus, gamification will be used to motivate users to use the system and also to collaborate with more data. The greater the number of users interested in the system, the better are the chances of getting useful data from users. Likewise, with more information, the system will be more reliable and therefore more users will be interested in using it. The proposed work contains a significative contribution to the Intelligent Transportation Systems area because we are not aware of other studies that integrate gamification and crowdsourcing in an UIS. To verify if the work achieved its objectives, a qualitative evaluation was performed with three users. The users were observed in situ while using the system at bus stops in the city of Porto Alegre. A quantitative experiment evaluation was also conducted in which 23 users watched a video about the system and answered questionnaires with closed questions. The analysis of the users responses showed evidence that they feel motivated to contribute to public transportation. In addition, users also reported to be interested in the gamification of the system.

Keywords: Gamification. Intelligent Transport System. Crowdsourcing. Public Transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Exibição de uma linha de ônibus no PoaTransporte	20
Figura 2:	Resultado de uma busca de trajeto no SPTrans	20
Figura 3:	Resultado de uma pesquisa no Antares	21
Figura 4:	Base de dados do Antares	22
Figura 5:	Resultado da busca na versão 2 do Antares	23
Figura 6:	Nova Interface do Antares	24
Figura 7:	Resultado da busca retornada pelo OTP	26
Figura 8:	Gamificação entre brincadeira e jogo, completo e partes	31
Figura 9:	Arquitetura do SIU	48
Figura 10:	Paradas próximas da origem	50
Figura 11:	Parada selecionada (destacada em vermelho)	51
Figura 12:	Linha selecionada	52
Figura 13:	Atualização do tempo de viagem no cliente	53
Figura 14:	Rank	58
Figura 15:	Medalhas	59
Figura 16:	Avatar	60
Figura 17:	Antares login	61
Figura 18:	Linhas e pontos favoritos	62
Figura 19:	Rotas das linhas 343 (paradas representadas por pontos azuis) e 353 (paradas representadas por pontos vermelhos e azuis)	63
Figura 20:	Parada de ônibus selecionada	63
Figura 21:	<i>Tracker</i>	64
Figura 22:	Exemplo de rotas com trechos em comum	65
Figura 23:	Exemplo de um conjunto de pontos que forma uma rota de ônibus	65
Figura 24:	Modelagem da base de dados de gamificação e <i>crowdsourcing</i>	67
Figura 25:	Exemplo de trechos	68
Figura 26:	Rotas sugeridas	69
Figura 27:	Exemplo de uma projeção vetorial	70
Figura 28:	Exemplo de linha com paradas e trechos	73
Figura 29:	Estrutura do Antares com a gamificação	77
Figura 30:	Montagem de trechos	78
Figura 31:	Imagens do aplicativo do Antares para Android	79
Figura 32:	Circular - Unisinos	80
Figura 33:	Mapa do roteiro	83
Figura 34:	Endereços de origem e destino do roteiro	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Comparação com o trabalho relacionado	43
Tabela 2:	Tabela de pontuações	57
Tabela 3:	Resultados do pré-questionário do vídeo	85
Tabela 4:	Resultados pós-questionário do vídeo	87

LISTA DE SIGLAS

APTS	<i>Advanced Public Transport Systems</i>
ARTS	<i>Advanced Rural Transportation Systems</i>
ATIS	<i>Advanced Traveller Information Systems</i>
ATMS	<i>Advanced Traveller Information Systems</i>
AVCS	<i>Advanced Vehicle Control Systems</i>
AVL	<i>Automatic Vehicle Location</i>
EPTC	Empresa Pública de Transporte e Circulação
ETTM	<i>Electronic Toll and Traffic Management</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GTFS	<i>General Transit Feed Specification</i>
HP	<i>Help Points</i>
IA	Inteligencia Artificial
JPA	<i>Java Persistence API</i>
JSF	<i>Java Server Faces</i>
JSP	<i>Java Server Pages</i>
MVC	<i>Model View Controller</i>
OSM	<i>OpenStreetMaps</i>
OTP	<i>OpenTripPlanner</i>
PIPCA	Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada
SAAT	Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária
SAO	Sistemas de Ajuda à Operação
SIM	Sistema Integrado Metropolitano
SIT	Sistemas Inteligentes de Transporte
SIU	Sistemas Informação ao Usuário
SP	<i>System Points</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TRI	<i>Transporte Integrado</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo	12
1.2 Organização	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Sistemas Inteligentes de Transporte	14
2.2 Sistemas Avançados de Transporte Público	15
2.2.1 Sistemas de Ajuda à Operação	16
2.2.2 Sistemas de Informação ao Usuário	18
2.2.3 Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária	19
2.2.4 SIUs no Brasil	19
2.3 Antares	21
2.4 <i>Crowdsourcing</i>	26
2.4.1 Motivação em <i>Crowdsourcing</i>	27
2.5 Gamificação	28
2.6 Tipos de jogadores	31
2.7 Exemplos de <i>Crowdsourcing</i> e Gamificação	33
2.8 Considerações finais sobre a fundamentação teórica	36
3 TRABALHOS RELACIONADOS	37
3.1 Sistema colaborativo de caronas	37
3.2 UB-móvel	38
3.3 UbibusRoute	39
3.4 PAG-M	40
3.5 MatkaHupi	40
3.6 SIU para compartilhamento de conhecimento	41
3.7 Comparação com o trabalho proposto	42
4 TRABALHO DESENVOLVIDO	44
4.1 Tipos de Informações	44
4.2 Implementação do Sistema	47
4.3 Funcionalidades desenvolvidas	48
4.3.1 Funcionalidades com <i>crowdsourcing</i>	48
4.3.2 Funcionalidades com gamificação	53
4.3.3 Outras funcionalidades	59
4.4 Cenário	61
4.5 Modelagem da Base de Dados	64
4.6 Estimativa dos tempos de espera e duração da viagem	66
4.6.1 Algoritmo de rastreamento	70
4.6.2 Cálculo do tempo do trecho	71
4.6.3 Cálculo da duração de viagem	72
4.6.4 Cálculo do tempo de espera	74
4.6.5 Considerações Finais sobre o Trabalho Desenvolvido	75

5 ESTUDO DE CASO: INTEGRAÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO COM O SIU ANTARES	76
5.1 Arquitetura do Antares	76
5.2 Importação dos dados de Canoas	77
5.3 Protótipo cliente para Android	79
5.4 Testes das funcionalidades	80
5.5 Considerações Finais sobre o Estudo de Caso	81
6 AVALIAÇÃO	82
7 CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICE A ARTIGOS PUBLICADOS	95
APÊNDICE B QUESTIONÁRIOS	96
APÊNDICE C AVALIAÇÃO THINK ALOUD DA INTERFACE GAMIFICADA DO ANTARES	101

1 INTRODUÇÃO

O congestionamento de tráfego é um dos principais problemas na área do transporte urbano. Os congestionamentos, cada vez maiores, impactam na mobilidade e segurança, assim como no meio ambiente. Segundo Schein (2003), os congestionamentos, a poluição, entre outros danos causados pelos meios de transporte, principalmente pelo uso excessivo de veículos particulares, baixam a qualidade de vida dos cidadãos nas grandes cidades. Na maioria dos casos, aumentar as estradas é inviável devido a limitações físicas e questões de sustentabilidade, devendo-se pensar em outras alternativas. (FIGUEIREDO, 2005). Uma possível solução é incentivar o uso do transporte público.

No entanto, com a facilidade de obter veículos particulares, as pessoas acabam por optar por essa alternativa, aparentemente mais prática. (RAMIS; SANTOS, 2012). Além disso, o número de usuários que utilizam o transporte público também vem diminuindo e, conseqüentemente, há um aumento no número de usuários que utilizam veículos particulares. Por isso, é preciso melhorar a qualidade do serviço de transporte público, garantindo ao usuário mais qualidade, informações e segurança, e, desta forma, atraindo mais usuários para utilizarem o transporte público. (SCHEIN, 2003).

Para tentar resolver esses problemas existem os Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT). (SUSSMAN, 2000). O principal objetivo dos SIT é melhorar os sistemas de transporte através das tecnologias da informação e comunicação. Devido aos seus diversos objetivos, os SIT são classificados em seis tipos (abordados na Seção 2.1). Dentre eles, existem os Sistemas Avançados de Transporte Público, ou em inglês *Advanced Public Transport Systems* (APTS), que são voltados para o transporte público. (SUSSMAN, 2000).

Os APTS, por sua vez, também estão divididos em três principais tipos (ver seção 2.2). Dentre os três tipos, o mais relevante para o presente trabalho são os Sistemas de Informação ao Usuário (SIU). Os SIU têm o objetivo de melhorar a qualidade do serviço do transporte público provendo aos usuários informações sobre rotas, itinerários dos ônibus e estimativas de tempos de viagem e espera. (SILVA, 2000).

O Antares (<http://antares.unisinos.br>), onde o trabalho proposto será testado, é um SIU. O Antares foi desenvolvido pela equipe de pesquisa em Sistemas Inteligentes de Transporte do Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA). Ele tem o propósito de prover aos usuários de transporte público informações sobre as linhas de ônibus, opções de rotas entre uma origem e um destino, tabela de horários dos ônibus e outras informações relevantes aos usuários do transporte público. Para o correto funcionamento do Antares, é necessário fornecer os dados do transporte público. Atualmente, o Antares só possui os dados da cidade de Porto Alegre (RS), fornecidos pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC).

A base de dados do Antares contém aproximadamente 5.500 paradas de ônibus, mais de 700 itinerários, tabelas de horários, além de armazenar as posições geográficas (latitude e longitude)

das rotas de cada linha de ônibus. Por ter uma grande quantidade de informações, que sofrem alterações constantemente, é difícil manter os dados atualizados sem inconsistências. Um dos principais problemas encontrados, na importação de dados da EPTC para a base de dados do Antares, foi lidar com algumas informações inconsistentes, além de ser necessário requisitar os dados novamente para a EPTC a cada nova informação ou alteração feita. Por essa razão, é preciso uma nova maneira para manter a base de dados atualizada. Essas dificuldades enfrentadas no Antares são inerentes a todos os SIUs devido à grande quantidade de dados que estes manipulam.

Para manter os dados dos SIUs atualizados e consistentes, neste trabalho é proposto o uso de *crowdsourcing*, permitindo aos usuários compartilharem com informações para o sistema ou para outros usuários. As informações dos usuários podem ser novas, ou seja, informações que não existem na base de dados, ou correção de informações existentes. Os usuários podem também compartilhar, através do GPS dos dispositivos móveis, com a geolocalização dos carros de ônibus e até mesmo monitorar uma rota de ônibus, sendo possível assim estimar tempos de viagem e espera.

A utilização de *crowdsourcing* permite a criação de várias funcionalidades para atualização constante dos dados, porém todas dependem da participação dos usuários. Por essa razão, é proposto também a utilização de gamificação. A gamificação tem o objetivo de motivar os usuários a utilizarem a plataforma e compartilharem com informações para o sistema. Ela também pode separar os usuários mais confiáveis para ajudar na validação dos dados fornecidos pelos usuários.

1.1 Objetivo

O presente trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: “Pode o uso de gamificação e *crowdsourcing* motivar usuários a utilizarem e compartilharem com informações em um sistema inteligente de transporte?”. Para isso, este trabalho propõe o uso de *crowdsourcing* e gamificação. O *crowdsourcing* permite aos usuários fornecerem informações para o sistema que, através desses dados, pode calcular os tempos de viagem e espera. Por outro lado, a gamificação tem o objetivo de motivar os usuários a compartilharem com informações e utilizarem mais o sistema. Como estudo de caso e avaliação, o sistema proposto foi aplicado ao SIU Antares.

O presente trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Estender a modelagem da base de dados existente para manter as informações dos SIUs mais atualizadas e com menos inconsistências;
- Corrigir e validar informações existentes na base de dados dos SIUs sem a necessidade de intervenção de órgãos gestores;
- Melhorar a qualidade das informações sobre o serviço de transporte público e, consequentemente, atrair mais usuários a utilizarem o transporte público;

- Implementar algoritmos para efetuar o rastreamento dos ônibus e para calcular as previsões de tempos de viagem e espera;
- Implementar uma interface para os usuários interagirem com o sistema;
- Motivar os usuários, através da gamificação, a executar ações favoráveis ao sistema.

Para atingir os objetivos previamente destacados, a base de dados deve ser estendida para armazenar as novas informações obtidas pelo *crowdsourcing*. Essas informações serão validadas pelos votos dos usuários para manter a base de dados com menos inconsistência. Essas informações são importantes para melhorar a qualidade do sistema que, tendo melhores informações, motiva os usuários a utilizarem mais o sistema e o transporte público. Além disso, os algoritmos (rastreamento e previsões de tempo de viagem e espera) são necessários para utilizar as informações obtidas com o *crowdsourcing* e fornecer informações importantes para o sistema como os tempos de viagem e espera, enquanto a interface permite aos usuários interagirem mais facilmente com o sistema e, assim, fornecendo mais informações. Por fim, a gamificação tem o objetivo de motivar os usuários a utilizarem as funcionalidades de *crowdsourcing* para coletar informações necessárias para que o sistema calcule os tempos de viagem e espera.

1.2 Organização

O trabalho está organizado como segue. No Capítulo 2, é apresentado o estado da arte, abordando os Sistemas Inteligentes de Transporte, seus tipos e alguns exemplos desses sistemas empregados no Brasil. Também, neste capítulo, é comentado sobre outros assuntos essenciais para a presente proposta, como *crowdsourcing* e gamificação, e alguns exemplos de trabalhos que empregam esses conceitos. No Capítulo 3 são apresentados resumos de trabalhos relacionados com o tema *crowdsourcing*, gamificação e transporte público e uma comparação com o trabalho desenvolvido. No Capítulo 4, é descrito como foi desenvolvido o trabalho. No Capítulo 5, é explicado como o esse trabalho foi integrado ao SIU Antares para fins de avaliação. No Capítulo 6, é explicado como foi realizada a avaliação do trabalho e, por fim, no Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados conceitos importantes para o entendimento do trabalho realizado. Nas seções 2.1 e 2.2, serão apresentados, respectivamente, os conceitos e tipos de Sistemas Inteligentes de Transporte e *Advanced Public Transport Systems*. Na Seção 2.3, será apresentado o SIU em que o trabalho realizado foi testado. Nas seções 2.4 e 2.5, serão apresentados os conceitos de *crowdsourcing* e gamificação, respectivamente, que foram as técnicas utilizadas no trabalho. Por fim, na Seção 2.7, serão apresentados alguns exemplos de trabalhos que utilizam *crowdsourcing* e gamificação para um melhor entendimento dos seus conceitos e suas utilizações.

2.1 Sistemas Inteligentes de Transporte

Com o aumento contínuo da frota de veículos nas grandes cidades, diversos problemas in-existent anteriormente começaram a surgir. A malha de vias dos grandes centros, algumas construídas há mais de cem anos, não previu esse crescimento, e, portanto, não tem capacidade de suportar a quantidade atual de veículos. Consequentemente, problemas como congestionamentos e poluição, assim como um maior consumo de combustível, ocorrem com mais frequência. A fácil aquisição dos veículos influencia os cidadãos a preferirem utilizar seus próprios veículos do que o transporte público, afetando negativamente o tráfego urbano e a qualidade de vida nos grandes centros. (RAMIS; SANTOS, 2012).

Para tentar combater os diferentes problemas de tráfego, existem os Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT). Os SIT utilizam tecnologias de informação para propor melhorias em diversos aspectos relacionados ao tráfego. Segundo Sussman (2000), essas tecnologias devem ter a habilidade para: (i) detectar a presença e identificar os veículos através de sensores ou GPS, (ii) transmitir e receber grandes quantidades de informações de modo seguro, (iii) processar grandes quantidades de informações e (iv) utilizar essas informações em tempo real para melhorar as condições do tráfego.

Devido aos diferentes objetivos e tecnologias utilizadas, os SIT são classificados em diferentes categorias. Segundo Sussman (2000), os SIT podem ser categorizados em:

- *Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego*: os sistemas avançados de gerenciamento de tráfego, ou também conhecidos como ATMS (*Advanced Transportation Management Systems*), têm como objetivo melhorar as condições do tráfego. Estes sistemas prevêm congestionamentos e providenciam instruções de caminhos alternativos para os motoristas além de coletar, utilizar e disseminar dados em tempo real.
- *Sistemas Avançados de Informação ao Viajante*: os sistemas avançados de informação ao viajante, ou também conhecidos como ATIS (*Advanced Traveller Information Systems*), têm como objetivo prover informações para os viajantes em seus veículos, em sua casa

ou ainda no seu local de trabalho. Essas informações incluem a localização de incidentes, previsão das condições do clima, condições das vias, melhores rotas, etc.

- *Gestão Eletrônica de Tráfego e Pedágio*: o sistema de gestão eletrônica de tráfego e pedágio, conhecido como ETTM (*Electronic Toll and Traffic Management*), tem como objetivo utilizar pedágios eletrônicos que detectam os veículos através de sensores instalados nos veículos. Desta forma, a taxa do pedágio será cobrada eletronicamente, permitindo assim ao motorista continuar a viagem sem a necessidade de parar para efetuar o pagamento.
- *Sistemas Avançados de Controle Veicular*: os sistemas avançados de controle veicular, conhecidos como AVCS (*Advanced Vehicle Control Systems*), têm como objetivo dar suporte aos motoristas no controle dos veículos, regulando a velocidade, alertas de colisão, ou ainda evitando uma colisão automaticamente. Desta forma, eles garantem uma melhor segurança para os motoristas.
- *Operações de Veículos Comerciais*: as operações de veículos comerciais, conhecidos como CVO (*Commercial Vehicle Operations*), têm como objetivo utilizar as tecnologias dos SIT para melhorar a produtividade e eficiência dos operadores privados de caminhões, vans e táxis.
- *Sistemas Avançados de Transporte Público*: os sistemas avançados de transporte público, conhecidos como APTS (*Advanced Public Transportation Systems*), têm como objetivo melhorar o acesso a informações destinadas aos usuários de transporte público. Suas aplicações permitem aos usuários consultar itinerários, possíveis rotas de ônibus e demais informações, tais como previsões de tempo de espera e duração da viagem.
- *Sistemas Avançados de Transporte Rural*: os sistemas avançados de transporte rural, conhecidos como ARTS (*Advanced Rural Transportation Systems*), diferente dos outros tipos de sistemas, não visam melhorar as condições do tráfego, pois congestionamentos, nestes locais, praticamente não existem. O principal objetivo deste tipo de sistema é garantir uma maior segurança nestes locais mais isolados.

Nas seguintes seções serão abordados, mais detalhadamente, os sistemas avançados de transporte público (APTS), pois estes envolvem diretamente o trabalho desenvolvido. Será explicado mais detalhadamente o que são os APTS, os seus três principais tipos (SAO, SIU e SAAT) e alguns exemplos existentes no Brasil.

2.2 Sistemas Avançados de Transporte Público

Os Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS) utilizam tecnologias para melhorar a operação e a eficiência oferecida pelos serviços de transporte coletivo, como ônibus e trens.

Eles utilizam as tecnologias dos ATMS e ATIS para melhorar o serviço, permitindo aos usuários obterem informações referentes a rotas, horários, custos e também informações em tempo real sobre alterações no sistema de transporte público. Por exemplo, para agilizar o serviço de transporte público é possível, através de um gerenciamento eficiente do tráfego, alterar os planos semaforicos, de tal forma que priorizem o transporte público. (FIGUEIREDO et al., 2001).

Através dos APTS, é possível controlar e melhorar os serviços da frota de veículos e prover um serviço mais eficiente e seguro, garantindo maior qualidade de serviço para os usuários de transporte público. Os APTS também contam com sistemas automáticos de pagamento, através de cartões, aos quais podem ser inseridos créditos e utilizados para efetuar o pagamento eletronicamente, sem a necessidade de efetuar o pagamento em dinheiro e, desta forma, agilizando o serviço. Para aumentar a segurança, também conta com a utilização de câmeras, dentro e fora do veículo, permitindo ao motorista e ao supervisor da central detectar e reagir a qualquer atividade suspeita. Ao fornecer uma maior segurança, mais informações e melhor qualidade do serviço, é possível aumentar o número de usuários que utilizam o transporte público. (FIGUEIREDO, 2005).

Segundo Figueiredo (2005), as principais características dos APTS são:

- Disponibilizar informações atualizadas para os usuários, sobre o sistema de transporte público, e permitir a formulação de rotas que possam ser reformuladas rapidamente ou durante a viagem;
- Controle do tráfego dando prioridade para veículos de transporte coletivo, desta forma reduzindo os atrasos do transporte público;
- Métodos de pagamento rápido;
- Monitoração em tempo real dos veículos para otimizar o serviço.

2.2.1 Sistemas de Ajuda à Operação

Os Sistemas de Ajuda à Operação (SAO) têm a função de dar suporte à gerência das redes de ônibus, através da automação do sistema de transporte público. Desta forma, permitem ter a localização e controle de cada veículo e assim possibilitam a identificação de motivos de atrasos e adiantamentos, através de uma comunicação em tempo real. A automação do sistema de transporte público permite uma melhor organização da programação de horários, monitoramento e gerenciamento das informações, facilitando a aquisição de dados para a central de controle e um melhor serviço para os usuários. (SILVA, 2000).

Um SAO, basicamente, consiste em uma central de operações para controle e armazenamento dos dados, um sistema de comunicação para a coleta e transmissão dos dados e um *Automatic Vehicle Location* (AVL). Para acompanhar a localização do ônibus, os dados são pré-processados no veículo e após processados na central de operações. Além da informação sobre

a localização do ônibus, é possível também coletar informações como velocidade, aceleração, tempo parado, rotação do motor, número de passageiros, entre outros, para melhorar a qualidade do serviço prestado. (SILVA, 2000).

As principais funções de um SAO são (SILVA, 2000):

- *Garantir comunicação*: garantir uma comunicação confiável e gerência entre as unidades móveis (nos veículos) e a central de operação e controle;
- *Dados de tempo de percurso*: obter os dados de tempo de percurso em quantidade adequada o suficiente para avaliar os horários realizados e atualizar a tabela de horários. Uma análise precisa e detalhada dos dados de progressão do veículo na rede é necessária para se conhecer os tempos de percurso e os pontos críticos encontrados na linha, e ainda também os tempos médios de paradas (pontos de embarque/desembarque e cruzamentos) e de aceleração e desaceleração. Os dados referentes à localização do veículo podem ser obtidos pelos sistemas AVL;
- *Auto-regulação*: é um serviço realizado pelo motorista do ônibus ou pelo operador da central de controle, verificando o que está sendo realizado com o que estava planejado, podendo assim alterar a viagem (adiar ou retardar) ou ainda, se necessário, alterar o próprio itinerário;
- *Regulação da linha*: obter os dados necessários para a elaboração das ordens de atualizações das linhas. Através da posição dos diferentes ônibus de uma linha e uma comunicação entre a central de controle e o motorista, permite ao controlador central modificar o serviço, minimizando os problemas para os passageiros;
- *Regulação da rede*: tendo disponível a posição do ônibus na rede, permite ao controlador central agir de imediato para alterar o serviço durante o percurso com a inserção de ônibus reserva, diminuindo as perturbações causadas aos passageiros;
- *Prioridade nas interseções semaforizadas*: requisitar a prioridade nas interseções semaforizadas, quando necessário, de forma a garantir o equilíbrio do sistema. O pedido de prioridade pode ser requisitado quando o ônibus está próximo de um semáforo, modificando os tempos do sinal verde ou vermelho. Porém, se a regulação está associada a um SAO, é possível verificar se o ônibus está atrasado ou adiantado e, em função disto, requisitar ou não a prioridade. Para isto, é preciso que se estabeleça uma comunicação entre a central de controle do SAO e a central de controle responsável pelos planos semaforizados;
- *Informação ao usuário*: através do tratamento dos dados obtidos, é possível disseminar a informação ao passageiro, nas paradas ou em pontos desejados, sobre a localização do ônibus na rede, reduzindo os tempos de espera e a ansiedade dos passageiros;
- *Elaboração do preço da tarifa*: prover os dados necessários para a elaboração dos custos, segundo os horários, localização, tipo de veículo, etc;

- *Suporte na troca de dados*: assegurar que os sistemas de transmissão de dados entre os diferentes elementos do sistema garantam a confiabilidade dos dados, segurança e agilidade nas operações (ônibus, central e paradas), tanto para os operadores quanto para os gestores;

2.2.2 Sistemas de Informação ao Usuário

Um sistema de informação ao usuário (SIU) é uma ferramenta voltada para o usuário, permitindo a ele consultar informações de seu interesse, como tempos de espera e itinerários. Através de tecnologias avançadas de comunicação e transmissão de dados, é possível garantir uma melhor qualidade do serviço oferecido aos usuários. Os usuários podem obter as informações sobre horários, tempos de espera, tempos de viagem e itinerários dos ônibus, através de aparelhos eletrônicos instalados nos ônibus e nas vias. A consulta de informações pode ser feita em residências, locais de trabalho, centros comerciais, paradas, terminais e dentro dos veículos. (SILVA, 2000).

O foco do SIU é melhorar a qualidade do serviço oferecido para os usuários, disponibilizando horários e rotas em tempo real e, desta forma, reduzindo os tempos de espera e incentivando os usuários a utilizarem mais o transporte público.

As informações precisas e disponibilizadas em tempo real utilizam tecnologias de ponta como telefones celulares, computadores e painéis eletrônicos. Disponibilizar informações relacionadas aos horários e itinerários das linhas de ônibus é um serviço indispensável para garantir a qualidade requerida pelos usuários.

As principais funções de um SIU são (SILVA, 2000):

- *Promocional* - propor motivos para as viagens, informar aos usuários sobre o transporte público como uma opção fácil para deslocamentos e melhorar a imagem do transporte público frente aos usuários;
- *Ensinamento* - informar aos usuários sobre a utilização do transporte público e divulgar as regras para o uso do sistema;
- *Operacional* - informar ao usuário as vantagens do uso do sistema para diferentes tipos de viagens, facilitar o acesso à rede de transporte público, facilitar a realização de uma viagem e informar sobre mudanças na programação;
- *Moderação* - minimizar a ansiedade do usuário e permitir a ele um melhor controle sobre a escolha entre as opções disponíveis.

2.2.3 Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária

Os sistemas automatizados de arrecadação tarifária (SAAT) são sistemas que automatizam o processo de cobrança tarifária no transporte público urbano. Ao invés do usuário pagar a passagem ao motorista ou cobrador, ele simplesmente utiliza um cartão inteligente para efetuar o pagamento automaticamente e de forma mais rápida. Assim, o serviço de cobrança é agilizado, permitindo redução no tempo de embarque e melhorando a segurança dos usuários de transporte público. Outra vantagem do SAAT é a integração temporal, com a qual o usuário pode utilizar mais de um ônibus ou diferentes modos pagando uma única tarifa, dentro de um prazo preestabelecido, o que facilita o transporte e reduz o custo das viagens.

As principais funções de um SAAT são (SILVA, 2000):

- Obter um melhor conhecimento sobre a demanda, coletando informações sobre os pontos e horários de provisão;
- Melhorar a relação entre oferta e demanda, através da coleta de informações sobre pontos de embarque e desembarque, data e hora, com um detalhamento pelo perfil da viagem (estudante, vale transporte, isento, etc);
- Permitir um melhor controle das passagens e evitar fraudes;
- Adequar as políticas tarifárias, definindo os preços pela distância percorrida, horário, dia e perfil do usuário;
- Desenvolver uma estrutura de transportes que permita um sistema de tarifa multimodal e multisserviço.

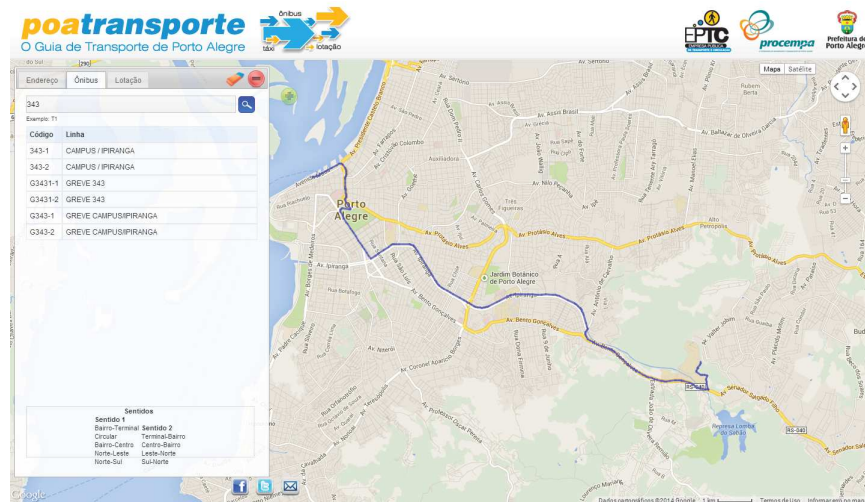
2.2.4 SIUs no Brasil

Os SIUs já estão sendo utilizados também no Brasil. Nesta seção, são apresentados alguns exemplos de SIUs que estão sendo empregados em cidades brasileiras.

Em Porto Alegre, está disponível o poatransporte. (POATRANSPORTE, 2014). O poatransporte foi criado pela empresa pública de transporte e circulação (EPTC) em parceria com a prefeitura da cidade. Ele permite aos usuários visualizarem as rotas das linhas de ônibus e lotações oferecidas na cidade. É possível também consultar paradas próximas de um endereço e verificar que linhas de ônibus passam em uma determinada parada de ônibus. (POATRANSPORTE, 2014). A Figura 1 mostra o resultado de uma linha de ônibus pesquisada. Esta funcionalidade permite aos usuários verificarem o trajeto das linhas de ônibus, porém o sistema não permite a consulta de uma rota envolvendo uma determinada origem e um destino.

Em São Paulo, o sistema municipal de transporte é gerenciado pela secretaria Municipal de Transportes em parceria com a empresa São Paulo Transporte (SPTrans). Na cidade de São

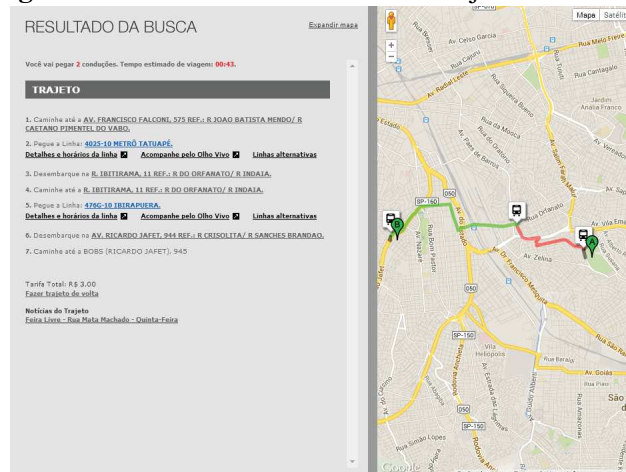
Figura 1: Exibição de uma linha de ônibus no PoaTransporte



Fonte: (POATRANSPORTE, 2014)

Paulo há mais de 10 milhões de habitantes, chegando a 17 milhões somando os habitantes dos municípios vizinhos. Cerca de 55% das viagens em São Paulo são de transportes coletivos. É estimado que cerca de 6 milhões de pessoas são transportadas por dia. Em 1995 a SPTrans implantou a fiscalização eletrônica para a coleta automática de dados do sistema de transporte urbano por ônibus. Em 1998, instalou nos ônibus validadores eletrônicos para efetuar a cobrança das tarifas automaticamente. Em 2006, integrou o sistema metroferroviário, permitindo aos usuários utilizar um único bilhete, com desconto na tarifa, para pegar ônibus e metrô. (SPTRANS, 2014). A Figura 2 mostra o resultado de uma pesquisa por rota no SPTrans, a qual exhibe as linhas de ônibus necessárias para ir de uma origem a um destino, o tempo previsto de viagem e o preço total da viagem, além de mostrar algumas informações sobre o trajeto.

Figura 2: Resultado de uma busca de trajeto no SPTrans



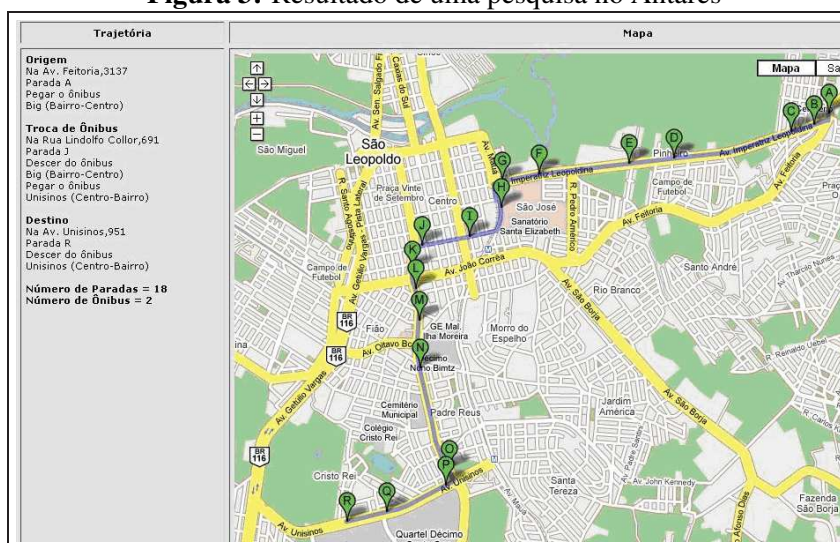
Fonte: (SPTRANS, 2014)

2.3 Antares

Antares é um sistema inteligente de transporte, inicialmente desenvolvido por Bastos e Jaques (2010) e aperfeiçoado em diversos outros trabalhos acadêmicos de pesquisa (FREITAS; MORAES; JAQUES, 2011) e (ABREU, 2013). O propósito inicial do Antares era desenvolver um sistema web que permitisse, aos usuários de transporte público, consultar trajetos de ônibus. Para isso, o usuário informa uma origem e um destino e o sistema exibe o trajeto do ônibus e informa as ruas e as paradas, de embarque e desembarque, disponíveis para o trajeto. Esse trajeto do ônibus, consultado pelos usuários, pode ser visualizado em um mapa do Google Maps.

Na sua primeira versão, o Antares foi testado na cidade de São Leopoldo, porém possuía algumas limitações. Devido à falta de dados referentes às linhas de ônibus, foi preciso coletar as informações necessárias manualmente. Por essa razão, foram cadastradas apenas 6 linhas de ônibus na base de dados. Além disso, o sistema só retornava trajetos de ônibus, não sendo considerado pequenos deslocamentos a pé de uma parada a outra. O sistema também não possuía algumas informações relevantes como tempo de percurso e a tabela de horários dos ônibus. A Figura 3 mostra o resultado de uma busca na primeira versão do Antares.

Figura 3: Resultado de uma pesquisa no Antares



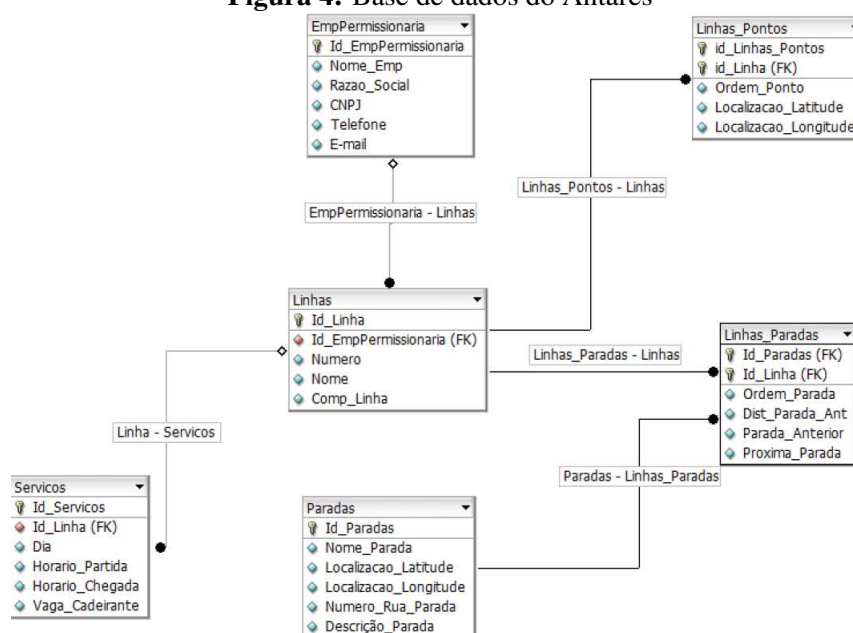
Fonte: (BASTOS; JAQUES, 2010)

A arquitetura da primeira versão do Antares é formada pelos seguintes componentes:

- *Google Maps API*: foi utilizada a API do Google Maps para exibir o trajeto retornado pelo algoritmo de busca em um mapa;
- *Modelagem da Base de Dados*: a base de dados foi modelada para representar a rede de transporte público. Foram geradas tabelas referentes às rotas dos ônibus, paradas, linhas e usuários. A base de dados do Antares pode ser visualizada na Figura 4. A tabela *Usuários* é utilizada para armazenar as informações dos usuários do sistema. A tabela

Linhas possui um nome e um número e está relacionada com a tabela *Linhas_Pontos*, a qual armazena os pontos (latitude e longitude) do trajeto da linha. A tabela *Linhas* também está relacionada com a tabela *Linhas_Paradas* que possui a lista das paradas, sequencialmente, do itinerário da linha e que está relacionada com a tabela *Paradas* que armazena informações da localização (latitude e longitude) de cada parada. A tabela *EmpPermissionária* contém as informações da empresa que oferece o serviço e a tabela *Serviços* contém a tabela de horários das linhas de ônibus.

Figura 4: Base de dados do Antares



Fonte: Elaborado pelo autor

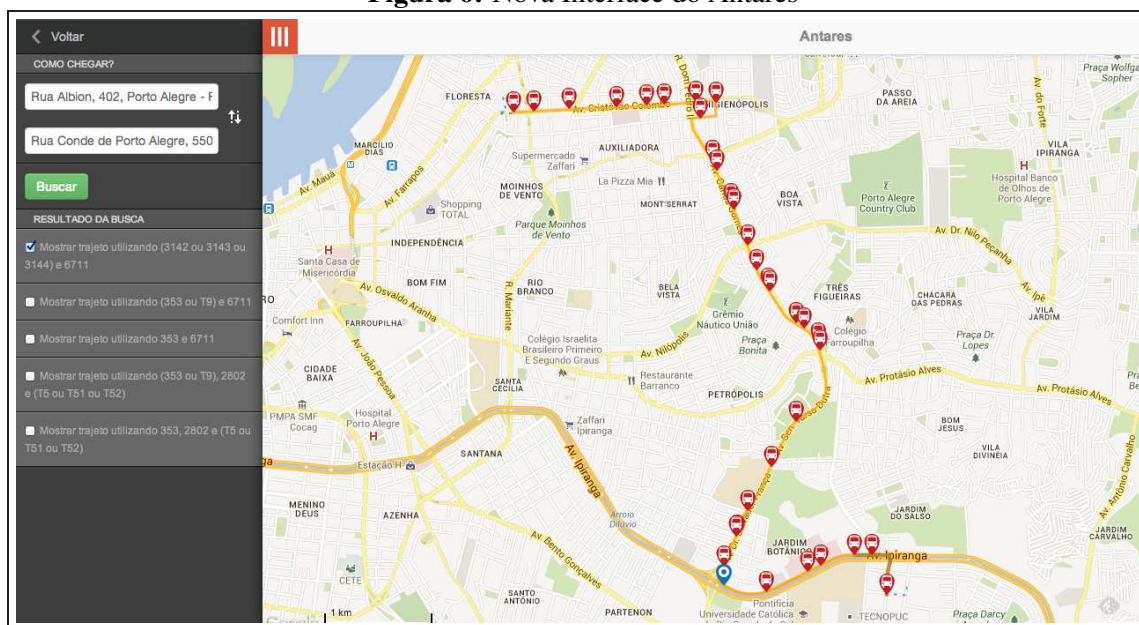
- *Algoritmo para busca de trajetos:* o algoritmo adotado foi o A* (A estrela). O A* é um algoritmo de Inteligência Artificial (AI) que se utiliza de uma heurística para guiá-lo mais rapidamente à resposta correta. Ele foi escolhido devido ao seu desempenho e por ser completo e ótimo, ou seja, sempre encontra uma resposta se houver e ela será a melhor resposta. No algoritmo, foram utilizadas duas heurísticas, distância linear e distância manhattan. Avaliações empíricas demonstraram ser melhor empregar a distância linear.
- *Sistema Web:* O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem JAVA em conjunto com a *Java Server Pages (JSP)* e o *framework Model View Controller (MVC)*, responsáveis respectivamente pela integração na web e com a base de dados.

Uma segunda versão do Antares foi proposta em Freitas, Moraes e Jaques (2011). O principal objetivo deste trabalho era desenvolver um algoritmo para retornar trajetos a pé e integrá-lo com o algoritmo de trajetos de ônibus desenvolvido em Bastos e Jaques (2010). Também objetivava melhorar as funcionalidades e utilização do Antares e substituir algumas tecnologias web

Antares alterou o sistema, o qual utilizava JSF, para um sistema RESTful web service. O web service possibilita o acesso remoto para outras aplicações. Essas aplicações requisitam serviços para o web service e recebem uma resposta codificada, geralmente nos formatos XML e JSON. (PAUTASSO, 2009). Com o uso do web service, a arquitetura do sistema ficou organizada da seguinte maneira:

- **web service:** responsável por prover todos os serviços disponíveis, ou seja, consultas de informações à base de dados e resultados do algoritmo de busca;
- **interface:** responsável por requisitar as informações ao web service e exibir essas informações na interface;
- **algoritmo de busca de trajetos:** algoritmo responsável por gerar os trajetos de ônibus a partir de endereços de origem e destino, tendo sido desenvolvido em Bastos (2012) e integrado ao web service pela equipe do projeto Antares.

Figura 6: Nova Interface do Antares



Fonte: (ABREU, 2013)

A nova interface desenvolvida em Abreu (2013), exibida na Figura 6, permitiu aos usuários consultar itinerários e trajetos de ônibus através de um endereço de origem e destino. Depois de alguns testes, percebeu-se que o algoritmo não obteve o desempenho desejado. O tempo de resposta estava muito alto, o que poderia prejudicar o sistema quando muitos acessos ao serviço fossem requisitados. Outra limitação do algoritmo era não considerar trajetos a pé entre as paradas, gerando assim mais transbordos e forçando o usuário a pegar um ônibus na mesma parada onde ele desceu. Isto, em algumas situações, não seria o ideal, pois em alguns casos uma pequena caminhada de uma parada a outra poderia evitar mais transbordos. Por essa razão, foi proposto e desenvolvido um outro algoritmo em Sommer, Konrad e Jaques (2013).

O objetivo do algoritmo era adaptar o algoritmo A* para seu uso em uma rede de transporte público, representando as paradas de ônibus como os nós da rede e diminuindo o número de nós buscados para melhorar a performance. Após a integração do algoritmo com o web service do Antares, foi possível verificar as soluções encontradas pelo algoritmo e verificar seu desempenho. O seu tempo de resposta estava melhor que o tempo do algoritmo anterior, porém possuía as mesmas limitações, ou seja, não considerava trechos a pé.

Outra limitação do algoritmo era que muitas respostas encontradas entre uma origem e destino correspondiam a um mesmo trecho, ou seja, eram linhas diferentes que passavam em uma mesma rua. Isto poderia confundir os usuários, pois várias opções de rotas mostradas tinham o mesmo trajeto. Esse problema poderia ser solucionado se o algoritmo considerasse a tabela de horários dos ônibus, retornando ao usuário apenas as linhas mais próximas da hora desejada, desta forma, eliminando trajetos repetidos e diminuindo opções para o mesmo trecho. Para que o algoritmo encontrasse soluções melhores para os usuários, ele precisaria considerar o tempo de saída dos ônibus e incluir trechos a pé, porém essa não seria uma tarefa simples. Por essas razões, foi preciso investigar soluções existentes. Uma das soluções encontradas foi a plataforma *OpenTripPlanner* (OTP).

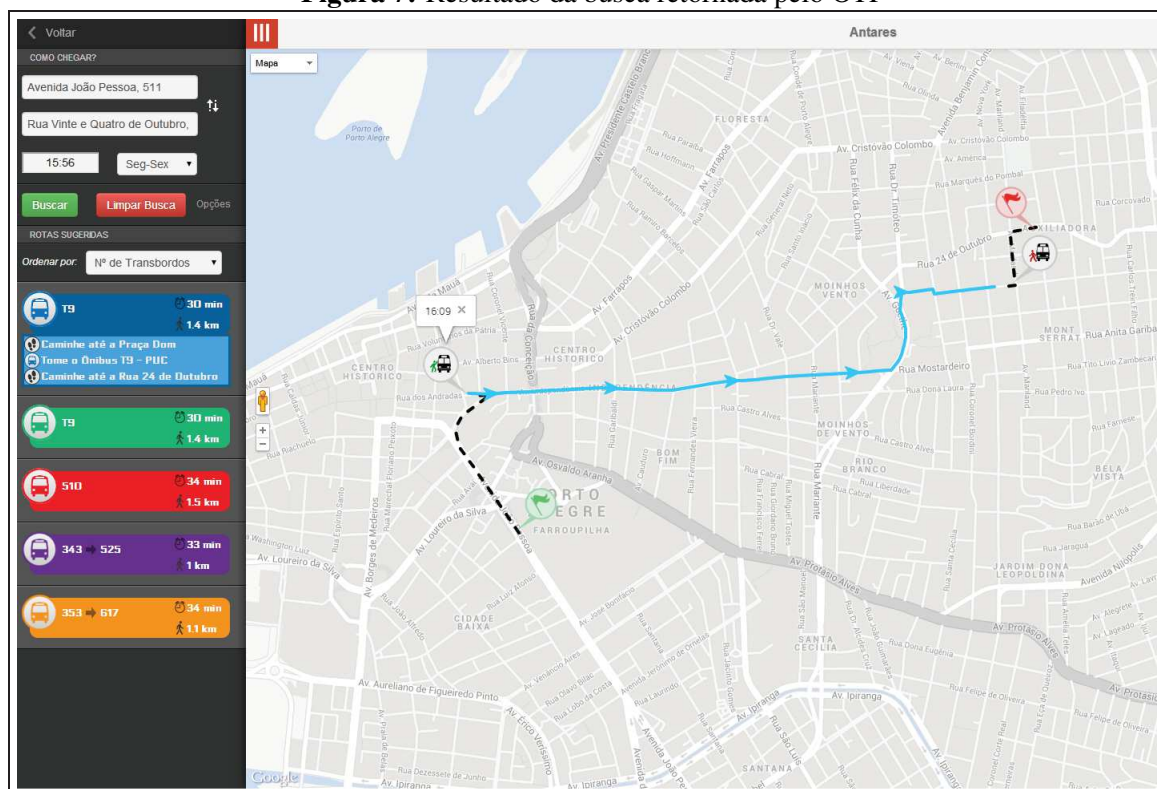
O OTP é uma plataforma *Open Source* dedicada ao planejamento de rotas e possui um tempo de resposta muito rápido (respostas em milissegundos), além de considerar a tabela de horários dos ônibus e trechos a pé. Após verificar as funcionalidades fornecidas pelo OTP (OPENTRIPPLANNER, 2015), decidiu-se fazer alguns testes da plataforma com os dados da cidade de Porto Alegre.

Para o uso do OTP, são necessários dois principais dados:

- **mapa** - O OTP precisa dos dados referentes às ruas da cidade que se deseja mapear para a busca dos trajetos. Estes dados são obtidos de um mapa, por exemplo, do *Open Street Maps* (OSM) (OPENSTREETMAPS, 2014);
- **GTFS** - *General Transit Feed Specification* (ou também conhecido como *Google Transit Feed Specification*) (GOOGLEDEVELOPERS, 2014) é uma especificação de formatos de arquivos, criado pela Google, que mapeia informações do transporte público, como paradas de ônibus, horários dos ônibus, distância entre as paradas, etc, em arquivos de texto.

O mapa pode ser facilmente obtido no site do *OpenStreetMaps* (OPENSTREETMAPS, 2014), bastando selecionar e exportar uma área do mapa. Por outro lado, os arquivos GTFS, na época, ainda não tinham sido disponibilizados pela EPTC. Assim foi preciso converter as informações da base de dados para o padrão GTFS. Através dessas informações, o OTP consegue gerar trajetos entre uma origem e um destino. Após realizar os testes com os dados de Porto Alegre, pode-se verificar o seu desempenho e assim decidiu-se integrá-lo ao Antares. O resultado de uma busca feita pelo OTP pode ser visualizada na Figura 7, assim como também a nova interface.

Figura 7: Resultado da busca retornada pelo OTP



Fonte: Elaborado pelo autor

2.4 Crowdsourcing

Crowdsourcing foi o termo criado em Howe (2006) para definir uma técnica que estava sendo utilizada nas aplicações web na internet. Essa técnica permitia às pessoas, no seu tempo livre, criarem conteúdos, resolver problemas ou até requisitar e fornecer serviços. Em (HOWE, 2006), foi relatada uma situação onde uma pessoa precisava de fotos de pessoas doentes para uma determinada pesquisa, mais especificamente, precisava de fotos de pessoas espirrando. Essa pessoa então contatou um fotógrafo para conseguir as imagens necessárias. O fotógrafo, vendo a situação do cliente, ofereceu um desconto, iria disponibilizar as fotos pela metade do preço. O cliente precisava de quatro fotos, que custariam no máximo 600 dólares. Depois de um tempo, o cliente decidiu não fechar o acordo com o fotógrafo, pois tinha encontrado, em um site, as imagens de que precisava por um preço muito mais acessível. Este site, chamado de iStockPhoto, permitia a qualquer usuário registrar, por imagens simples, fotos com preços entre 1 e 5 dólares. Este era um preço o qual o fotógrafo não tinha como concorrer. Mesmo que o fotógrafo tivesse uma melhor qualidade em suas fotos, para o cliente isso não era muito importante e as simples fotos de outros usuários eram suficientes. Este foi um caso observado por Howe para explicar o termo *Crowdsourcing*, mostrando que os serviços prestados pelos próprios usuários (neste caso as fotos) tinham preços muito mais acessíveis.

Segundo Misra et al. (2014), os sistemas *crowdsourcing* podem ser categorizados em: co-

nhcimento, participação e tempo e localização. Os sistemas baseados no conhecimento dos participantes podem ser de propósitos gerais ou de domínio específico. Os sistemas de propósitos gerais não requerem um conhecimento específico, assim qualquer pessoa pode contribuir com o sistema. Por outro lado, os sistemas de domínio específico exigem um certo conhecimento específico e são destinados a um determinado grupo de pessoas que compartilham esse mesmo conhecimento.

Os sistemas baseados em participação podem ser explícitos ou implícitos. Os sistemas explícitos são sistemas onde os usuários participam e colaboram em alguma tarefa, sendo classificado em quatro principais tipos: avaliação, compartilhamento, construção e execução de uma tarefa. Já um sistema implícito é quando um usuário colabora indiretamente na resolução de algum problema que de alguma forma beneficia os proprietários do sistema. Como exemplo, humanos tem melhor capacidade para reconhecer imagens do que computadores, porém eles não estão dispostos a fazer esta tarefa ao menos que exista algum tipo de interesse. O ESP game é um exemplo de jogo, com participação implícita, que utiliza as respostas dos jogadores para categorizar imagens. (MISRA et al., 2014). Esse jogo exhibe aos participantes imagens e eles devem encontrar palavras que descrevam tal imagem. Os participantes ganham pontos conforme usam as mesmas palavras que descrevem a imagem. Essas palavras então são utilizadas para rotular essas imagens.

Os sistemas baseados em tempo e localização são classificados conforme o sistema tem uma localização específica ou não e se o sistema tem um horário agendado ou não. Sistemas *crowdsourcing* onde os usuários estão no mesmo lugar e na mesma hora são chamados de *audience-centric*. Os sistemas onde os usuários estão em diferentes lugares, mas o evento vai ocorrer em um período de tempo limitado, são chamados de *event-centric*. Sistemas que permitem aos usuários de diferentes lugares colaborarem a qualquer hora são denominados *global crowdsourcing*. Por fim, sistemas onde os usuários estão em um mesmo lugar, mas que podem colaborar com o sistema em qualquer hora são chamados de *geo-centric*.

2.4.1 Motivação em *Crowdsourcing*

A motivação pode ser descrita como um processo de liberar, controlar e manter atividades físicas e mentais (HOSSAIN, 2012). Ela está dividida em dois tipos: intrínseca e extrínseca. A motivação intrínseca se refere à motivação pela própria tarefa em si, ou seja, as pessoas fazem alguma coisa porque a tarefa em si lhes interessa e não esperam nada em retorno. Alguns exemplos de motivação intrínseca são: passatempo, prazer, interesse. Por outro lado, a motivação extrínseca se refere àquela motivação relacionada a uma atividade onde se espera algo em retorno, por exemplo, benefícios monetários, carreira, prêmio e reconhecimento. (HOSSAIN, 2012).

No estudo mostrado em (HOSSAIN, 2012), observou-se que uma das razões predominantes para participar de plataformas online é ajudar a comunidade. Outras razões predominantes

envolvem reputação, divertimento, auto-imagem, etc. O sucesso de plataformas *crowdsourcing* é dependente da motivação de seus usuários, sendo um fator muito importante saber o que motiva e incentiva a participação dos usuários.

2.5 Gamificação

Em Deterding et al. (2011) foi realizada uma revisão sistemática de trabalhos envolvendo gamificação. O objetivo desta pesquisa foi definir o termo gamificação, pois este possuía várias definições em diferentes áreas. Após a análise de diferentes trabalhos, foi definido o termo gamificação como “o uso de elementos de design de jogos em contextos não-jogos”.

Segundo Deterding et al. (2011), os primeiros documentos sobre gamificação foram escritos em 2008, porém, nesta época, não chamaram muita atenção, sendo realmente divulgados na segunda metade de 2010. Apesar de diferentes, outros termos foram criados para o mesmo conceito, porém o mais aceito e difundido ainda é gamificação. Muitas áreas de aplicação começaram a utilizar gamificação, tais como finanças, saúde, educação, sustentabilidade, entre outras.

A gamificação está relacionada com *game* (jogo) e não ao ato de jogar (*play*), que está relacionado com diversão. Os termos *gaming* (jogar) e *playing* (jogar), apesar de serem semelhantes, possuem significados diferentes. *Playing* significa algo mais livre, uma brincadeira, enquanto que *gaming* significa uma forma de jogar estruturada por regras e competição para alcançar certo objetivo.

Um jogo, segundo Kapp (2012), “é um **sistema** no qual **jogadores** se engajam em um **desafio abstrato**, definido por **regras**, **interatividade**, e **feedback**, que produz um **resultado quantificável** que muitas vezes provoca uma **reação emocional**”. Os principais elementos de um jogo de acordo com esta definição são:

- **sistema.** É um conjunto de elementos inter-conectados que ocorrem no “mundo” de um jogo. A pontuação do jogador está relacionada ao seu comportamento, que por sua vez, está relacionado à estratégia do jogador. A interação entre as partes de um jogo e como elas impactam as outras, é o sistema.
- **jogadores.** É a pessoa que se envolve com o conteúdo do jogo ou com outros jogadores.
- **desafio.** Um jogo desafia um jogador a realizar um determinado objetivo. Jogos que não possuem um desafio são muito fáceis, porém mesmo um jogo simples e fácil pode ser desafiante se jogado contra um outro jogador de mesmo conhecimento.
- **abstrato.** Jogos geralmente abstraem a realidade e definem o lugar onde o jogo ocorre como “espaço do jogo”. Isto significa que um jogo representa uma porção de uma realidade, porém não é uma réplica perfeita.

- **regras.** São as regras que definem o jogo. Elas definem a sequência do jogo, como ganhar, e o que se pode e não se pode fazer no jogo.
- **interatividade.** Jogos envolvem interatividade. Jogadores interagem uns com os outros, com o sistema do jogo, e com o conteúdo do jogo.
- **feedback.** O *feedback* nos jogos geralmente é instantâneo, direto e claro. Jogadores são capazes de analisar os *feedbacks* para corrigir suas ações se baseando tanto nos *feedbacks* positivos quanto nos negativos.
- **resultado quantificável.** Jogos são desenvolvidos para ter uma definição clara do estado de vitória. O jogador deve ser capaz de identificar claramente se venceu ou perdeu a partida. Este é um elemento que distingue os jogos e o estado de “brincar”, o qual não tem um final determinado nem um resultado quantificável.
- **reação emocional.** Jogos geralmente são emocionantes. Desde a “emoção da vitória” até a “agonia da derrota”, diferentes tipos de emoções estão presentes nos jogos, até mesmo emoções como raiva e frustração.

Por outro lado, gamificação é “o uso de mecânica, ideias, e estética de jogos para engajar pessoas, motivar ações, promover o aprendizado e solucionar problemas”. (KAPP, 2012). Dessa forma, um sistema gamificado, de acordo com a definição de (KAPP, 2012), é formado pelos seguintes características:

- **Baseado em jogos.** O objetivo é criar um sistema onde jogadores são atraídos para um desafio abstrato, definido por regras, com iteratividade, *feedback* e com resultados quantificáveis que causam uma reação emocional.
- **Mecânicas.** As mecânicas de um jogo incluem níveis, medalhas, sistema de pontuação, pontuações e restrições de tempo. Esses elementos estão presentes em muitos jogos. Somente adicionar mecânicas de jogos não é o suficiente para deixar um sistema atrativo, mas são muito importantes no processo de gamificação.
- **Estética.** Sem gráficos atrativos, a gamificação não pode ser bem sucedida. O modo como os usuários percebem a interface influencia na aceitação da gamificação.
- **Pensamento de jogo.** Provavelmente este é o elemento de gamificação mais importante. É a ideia de converter uma atividade normal do dia a dia para uma atividade que envolva competitividade, cooperação, exploração e enredo. Inserindo, numa atividade qualquer, um modo dos usuários competirem entre si e também colaborarem uns com os outros, isso deixa a atividade muito mais atrativa.
- **Engajar.** Um dos principais objetivos do processo de gamificação é atrair e manter o usuário envolvido no processo de gamificação criado.

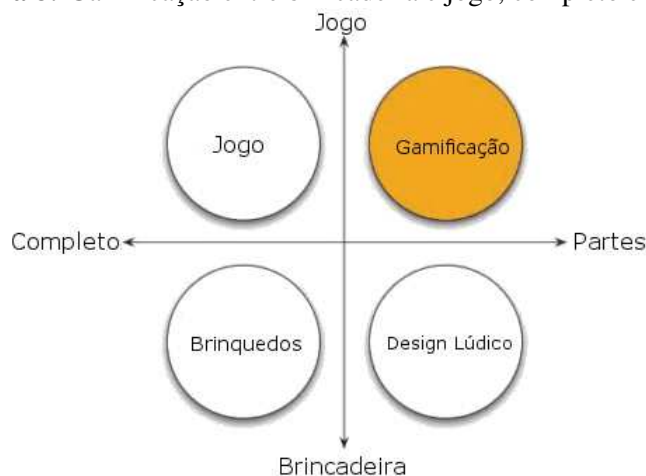
- **Pessoas.** São os indivíduos que estarão envolvidos com a gamificação criada e motivados a participarem de alguma maneira.
- **Motivar ação.** Motivação é um processo que dá um propósito para uma determinada ação. Um desafio não deve ser muito simples e nem muito complexo para motivar os usuários.
- **Promover o aprendizado.** Gamificação pode ser utilizada para o aprendizado. Designar pontuação para atividades, apresentando *feedbacks* de correção e encorajando colaboração são técnicas muito utilizadas na educação. A diferença da gamificação é que ela provê um nível diferente de interesse que tanto motiva quanto educa os estudantes.
- **Resolver problemas.** Gamificação tem um grande potencial para ajudar a resolver problemas. Através da cooperação, vários indivíduos trabalham juntos para resolver um problema e através da competitividade eles se esforçam mais para atingir seus objetivos.

Diferente de *games* e *serious games*, as aplicações que usam mecânicas de jogos, ou seja, gamificação, meramente integram alguns desses elementos. A diferença entre um jogo e uma aplicação que usa mecânicas de jogos não é simples. Uma simples adição de uma regra ou objetivo em comum pode transformar uma aplicação com elementos de jogos em um jogo. A questão é identificar o que são elementos de jogos. Algumas características de jogos são: avatares, ambientes 3D, *ranks*, níveis, etc. Porém, todos esses elementos podem ser encontrados fora dos jogos, ou seja, não são elementos específicos de jogos. Ainda assim, há variações entre esses elementos para os diferentes tipos de gêneros de jogos (RPG, ação, etc).

Elementos de jogos não se limitam apenas às características de sua interface. O *joystick*, por exemplo, pode ser utilizado em outras tarefas não relacionadas com jogos. As aplicações com elementos de jogos utilizam elementos de design de jogos pela perspectiva de um *designer*. A diferença entre gamificação e jogo é que as aplicações que utilizam mecânicas de jogos são construídas com o propósito de incluir elementos de jogos e não puramente um jogo para divertimento. (DETERDING et al., 2011).

Na definição de gamificação de Deterding et al. (2011), a única palavra que o termo “contexto de não jogos” exclui explicitamente é o próprio jogo, desta forma, implicando que um jogo apenas não possa ser gamificado. Considerando o principal objetivo dos jogos como sendo o entretenimento, temos que gamificação é o uso de elementos de jogos para um propósito diferente de entretenimento, ou pelo menos este não seria o principal propósito. A Figura 8 mostra a diferença entre jogo e brincadeira. O eixo vertical separa o que é brincadeira e o que é jogo, enquanto que o eixo horizontal separa entre completo ou contendo apenas partes. Desta forma, a gamificação se encontra no canto superior direito, pertencendo aos eixos de jogos e partes, enquanto que *serious games* pertence aos eixos jogos e completo.

Figura 8: Gamificação entre brincadeira e jogo, completo e partes



Fonte: Traduzido de (DETERDING et al., 2011)

2.6 Tipos de jogadores

Os elementos de gamificação têm como propósito garantir a motivação para os diferentes tipos de pessoas (jogadores ou usuários) que irão interagir com o sistema. Cada tipo de jogador possui características diferentes e são motivados por diferentes elementos de jogos. Ao saber os tipos de jogadores, é possível verificar quais elementos de jogos motivam quais tipos de jogadores.

Os tipos de jogadores, esperados em um jogo, independentes de seu tipo, estão categorizados em quatro tipos (KAPP, 2012):

- *Achiever* - Esses tipos de jogadores querem adquirir maior pontuação, medalhas, etc. Eles buscam uma maior pontuação que os outros jogadores e gostam de exibir suas conquistas. Seus principais objetivos são avançar de nível rapidamente e adquirir pontos e recompensas. Eles exploram o mundo do jogo apenas para atingir seus objetivos, e se socializam, também, apenas quando há uma vantagem. Frases comumente usadas por esses jogadores são: “Desculpe, não posso lhe ajudar. Estou ocupado”, “Apenas mais três níveis”, “Tenho que conseguir 2.400 de ouro rápido”;
- *Explorer* - Esses tipos de jogadores estão interessados em explorar o ambiente do jogo. Eles procuram por surpresas (ou *Easter eggs*) escondidas dentro do jogo. Seu objetivo geralmente é obter conhecimento que nenhum outro jogador saiba e obter pontos se torna um objetivo secundário, pois serve apenas para ganhar acesso a novas áreas para serem exploradas. Frases comumente usadas por esses jogadores são: “O que será que há por aqui.”, “Deixe-me lhe mostrar como chegar lá.”, “Eu sei vencer o jogo. Quer que eu lhe mostre?”;
- *Socializers* - Estes jogadores preferem interagir e se relacionar com outros jogadores.

Para eles o jogo é meramente um meio para se divertir com a companhia dos outros. Eles são jogadores que gostam de cumprimentar e dar boas vindas aos novos jogadores, e se utilizam das ferramentas de comunicação para formar relações com outros jogadores. Seu principal objetivo é fazer amigos e conversar, e algumas vezes ajudar seus amigos a obter sucesso em algum objetivo ou desafio. Eles exploram lugares para conhecer novos jogadores e dificilmente são agressivos contra outros jogadores, apenas em situações onde algum de seus amigos foi injustamente atacado, e, nestas situações, podem buscar revanche. Frases comumente usadas por esses jogadores são: “Olá, seja bem vindo.”, “O que você está procurando.”, “Deixe-me lhe apresentar para o...”;

- *Killer* - Estes jogadores estão interessados em derrotar outros jogadores. Seu objetivo não é vencer o jogo, e sim, matar o maior número de jogadores e causar a maior confusão possível. Na maioria dos casos esses jogadores querem derrotar outros jogadores e lhes causar frustração. Estes jogadores podem responder questões erradas apenas para ver se resulta em caos. Geralmente esses jogadores são muito poderosos e são temidos por outros jogadores. Frases comumente usadas por esses jogadores são: “Eu vou matar você.”, “Morra.”, “Vamos lutar.”.

Segundo Kapp (2012), um jogador, independente do tipo de jogo, apresenta mais características de um tipo, porém também pode apresentar característica de outros tipos, mas com menor intensidade.

Em um SIU, podem estar presentes esses mesmos tipos de jogadores ou, pelo menos, usuários que vão apresentar algumas características de alguns desses tipos. No entanto, como não será desenvolvido um jogo completo, algumas ações não serão possíveis. Os *killers*, por exemplo, não serão capazes de derrotar ou matar outros jogadores, mas ainda assim poderiam compartilhar com informações erradas com propósitos maliciosos. Os *achievers*, por outro lado, vão estar interessados em obter pontos e vão compartilhar com informações para o sistema e com outros usuários para adquirir pontos. Os *explorers* vão estar interessados em explorar as funcionalidades do sistema e adquirir novos conhecimentos. E, por fim, os *socializers* vão estar motivados a interagir com outros usuários e, provavelmente, vão estar dispostos a compartilhar com informações úteis para o sistema e para os outros usuários.

É importante saber os tipos de jogadores esperados em um sistema gamificado, para que se possa incluir pelo menos um elemento que incentive cada tipo. Como visto em Kapp (2012), os jogadores podem ter características de mais de um tipo, ou seja, um *socializer*, por exemplo, pode se interessar por adquirir pontos como um *achiever*, porém com uma intensidade menor. Assim, é preciso desmotivar os *killers* a compartilharem com informações erradas, permitir aos *socializers* interagirem com os outros usuários e disponibilizar pontos, medalhas, etc para os *achievers*. O *explorer*, por outro lado, está mais interessado pela própria plataforma, neste caso, o SIU. Assim, o *explorer* prefere divulgar seus conhecimentos aos outros usuários. Esses conhecimentos, neste caso, podem ser tanto relacionados com o transporte público quanto com

o próprio sistema.

2.7 Exemplos de *Crowdsourcing* e Gamificação

Esta seção inclui alguns exemplos de trabalhos e sistemas que utilizam *crowdsourcing* ou gamificação ou ambos em sua concepção.

Caleido (Sá; SHAMMA; CHURCHILL, 2013) foi uma aplicação, desenvolvida para dispositivos móveis, que utilizou *crowdsourcing*. Seu objetivo era a produção de vídeos colaborativos. O aplicativo permitia aos usuários se conectarem entre si e decidirem qual gravação utilizar para gravar um determinado evento, podendo alternar entre os usuários conectados. Desta forma, essa aplicação permite, por exemplo, gravar um show com visões de diferentes ângulos e também escolher os usuários que tinham melhor visão ou estavam mais próximos do evento a ser filmado. Através do questionário aplicado pelos autores, ficou claro que os usuários que testaram o aplicativo tinham interesse em algum tipo de pontuação, pois desta forma teriam como categorizar suas gravações e estipular um *rank* para exibir para outros usuários, mostrando que os vídeos gravados por pessoas com maior pontuação seriam melhores.

O uso de *crowdsourcing* permite que usuários compartilhem com informações e resolvam diferentes tipos de problemas. Porém, conforme visto na aplicação Caleido, nem sempre a resolução do problema (gravação de vídeo) é motivação suficiente para atrair a participação dos usuários. Nestes casos, é necessário uma maneira de motivar os usuários a participarem da atividade e uma das maneiras para isso é o uso de técnicas de gamificação.

Em (NAKAJIMA; LEHDONVIRTA, 2011), foram realizados quatro estudos de caso de tecnologias ubíquas que têm como objetivo influenciar um determinado comportamento através de *feedbacks* personalizados, que refletem o comportamento ou atitude dos usuários. Os casos estudados foram:

- ***Persuasive Art***: O primeiro caso estudado tinha como objetivo motivar os usuários a caminhar pelo menos oito mil passos por dia. O número de passos era monitorado e o *feedback* era mostrado através de pinturas. As pinturas eram exibidas em um computador que também era responsável por armazenar as informações dos passos de cada usuário. Diferentes tipos de pinturas foram testadas, uma delas mostrava uma árvore que crescia saudável se o usuário fizesse os exercícios necessários, mas a árvore adoecia caso o usuário negligenciasse os exercícios. Outro caso era a imagem da Mona Lisa, que ficava mais velha ou nova conforme o comportamento do usuário. Um experimento foi realizado com seis participantes (entre 22-24 anos) pelo período de 10 dias. Durante esses dez dias, os passos de cada participante foram contados, a fim de avaliar se o uso do *Persuasive Art* influenciava no aumento de passos de cada participante. O experimento mostrou que a aplicação não aumentou o número de passos dos usuários significativamente, porém os participantes reportaram que ficaram mais conscientes sobre seus exercícios e também que se sentiram culpados ao deixar a árvore morrer.

- **Virtual Aquarium:** O segundo caso estudado tinha como objetivo motivar o usuário a manter sua higiene bucal. A higiene bucal do usuário era refletida em um aquário virtual onde peixinhos viviam. O usuário deveria escovar os dentes em frente ao aquário; desta forma, ele limpa sua boca e remove as algas dentro do aquário. O aquário representa uma imagem da limpeza dos dentes do usuário, o qual precisa estar limpo para permitir que o peixe, dentro dele, viva. Para manter o aquário limpo, permitindo aos peixinhos dançarem alegremente, era necessário uma boa higiene bucal. Por outro lado, se o usuário não escovar adequadamente seus dentes, o aquário fica sujo e o peixinho adoecer. Assim, com uma má higiene, o peixinho pode morrer, enquanto que uma boa higiene permite ao peixinho botar ovos e, caso o usuário mantenha a sua higiene, outro peixinho pode nascer. Um experimento foi realizado para verificar se o aquário conseguia influenciar os usuários a escovarem melhor seus dentes. Para isso, foi preciso primeiro determinar como era o comportamento quanto aos seus hábitos de higiene bucal e, somente após, verificar mudanças dos hábitos de higiene dos usuários pelo uso do aquário virtual. O resultado do experimento mostrou que durante o período que os usuários utilizaram o aquário, eles levavam mais que três minutos para escovarem os dentes, um tempo maior que o habitual de cada usuário antes de usarem o aquário. Porém, esses tempos diminuíram ao retirar o aquário, mas ainda assim eram maiores que o tempo habitual antes do experimento. Outro ponto positivo foi que os usuários reportaram que realmente mudaram sua forma de escovar os dentes.
- **Mona Lisa Bookshelf:** O terceiro caso estudado tinha como objetivo manter uma prateleira de livros organizada. Para representar a prateleira organizada foi utilizada a imagem da *Mona Lisa*. Cada livro da prateleira estava associado a um pedaço digital da imagem da *Mona Lisa*. Assim, com a prateleira desorganizada, a imagem da *Mona Lisa* ficava distorcida. Outro *feedback* era fornecido quando nenhum livro era retirado da prateleira por um bom período de tempo, deixando *Mona Lisa* mais velha. Desta forma, a aplicação tentava influenciar os usuários a pegarem um livro da prateleira de tempos em tempos. Um experimento foi realizado em que um monitor foi instalado perto de uma prateleira de livros em um laboratório para mostrar a imagem da *Mona Lisa* (disponível para todos os usuários do local) por duas semanas. O objetivo do experimento era verificar se a imagem da *Mona Lisa* poderia influenciar no comportamento dos usuários em relação aos recursos compartilhados, neste caso, livros. Porém, o experimento se mostrou ineficiente. Em um primeiro momento, os usuários mantiveram a imagem e a prateleira organizada, mas depois de um tempo perderam o interesse e até começaram a deixar a prateleira desorganizada propositalmente para ver como *Mona Lisa* ficaria.
- **EcoIsland:** O quarto caso estudado tinha como objetivo manter as famílias com atividades mais ecológicas. Assim, cada membro da família era representado por um avatar em uma ilha virtual. O estado da ilha era influenciado pelo comportamento dos membros

da família, basicamente verificando a emissão de gás carbônico pela família. Quando a emissão de gás ultrapassava um determinado limite, isso refletia no nível da água ao redor da ilha, o que eventualmente poderia afogar os avatares, resultando em *game over*. Um experimento foi realizado e contou com a ajuda de seis famílias. Os usuários reportaram que ficaram mais conscientes sobre essas questões ecológicas após o experimento e que a ilha afundando contribuiu para essa mudança.

Em Liu et al. (2011) foi desenvolvido um aplicativo chamado UbiAsk. Esse aplicativo tinha como objetivo auxiliar estrangeiros com algumas dúvidas. Ele permitia aos usuários questionar, com auxílio de imagens, sobre assuntos que as pessoas locais tenham conhecimento, como por exemplo, algo relacionado à cultura, traduções, etc. O UbiAsk foi testado no Japão por seis semanas, no qual participaram 55 usuários (19 questionadores e 36 solucionadores). Este teste foi designado para verificar se o UbiAsk poderia auxiliar aos usuários questionadores com respostas satisfatórias quanto à qualidade e velocidade. Ao total, no experimento, foram requisitadas 33 perguntas e disponibilizadas 147 respostas. Cerca de 88% dessas perguntas foram respondidas em aproximadamente dez minutos, o que foi considerado como satisfatório. Para verificar os mecanismos de incentivo foram criados três grupos:

- **Grupo A** - utilizou um jogo no qual seu objetivo era conquistar territórios. O usuário com o maior número de respostas era considerado o especialista do local.
- **Grupo B** - utilizou um simples mecanismo de *feedback*. O sistema respondia para o usuário o número de respostas para uma determinada pergunta e exibia as respostas anteriores.
- **Grupo C** - não utilizou nenhum mecanismo de incentivo.

Entre os cinco usuários que mais participaram, quatro pertenciam ao grupo A e um do grupo B. Através do questionário utilizado, foi constatado que os usuários estavam mais motivados intrinsecamente do que extrinsecamente, ou seja, o jogo desenvolvido não teve grande influência, sendo assim o fator de influência foi de simplesmente ajudar as pessoas e lhes ensinar sobre a cultura local. Um fato que pode ter diminuído a motivação do grupo A foi que, por ser um jogo baseado em conquista de territórios (jogo baseado em competição), não possuía muitos usuários e desta forma não criava um clima de competição suficiente para motivá-los.

Outro exemplo de uma aplicação que utiliza gamificação e *crowdsourcing* é o jogo chamado *Foldit*. Esse jogo permite aos jogadores manipular estruturas de proteínas. Através dele, foi possível desvendar, em questão de semanas, a estrutura de uma proteína que os cientistas estavam trabalhando a tempos. Esse jogo conseguiu atrair os usuários a trabalharem juntos para resolver um problema real, neste caso, desvendar proteínas. (FOLDIT, 2012).

Outra aplicação conhecida, a qual fornece um serviço de compartilhamento de localização, é o *foursquare*. Esta aplicação atingiu, em dezembro de 2010, 5 milhões de usuários. (LINDQVIST et al., 2011). O *foursquare* se comporta como um *mobile game*, permitindo explorar

idades, informar os amigos onde se encontra e localizar onde os amigos estão. O principal obstáculo encontrado nesses serviços de compartilhamento de localização é a privacidade. Conforme visto em (LINDQVIST et al., 2011), usuários de serviços de localização não tinham interesse em compartilhar lugares como residência e o local de trabalho. Porém, em seus estudos, Lindqvist et al. (2011) comprovaram que existe uma porção da população que compartilha esse tipo de localização devido ao interesse nos aspectos de jogo (gamificação) incluídos no *foursquare*.

2.8 Considerações finais sobre a fundamentação teórica

Neste capítulo foram abordados conceitos importantes como os SITs e seu tipo mais relevante para o trabalho, os APTS. OS APTS são sistemas voltados para o transporte público e uma de suas sub-categorias são os SIUs: sistemas voltados a prover informação para os usuários de transporte público. Também foi abordado o SIU Antares, no qual o trabalho desenvolvido foi integrado para efetuar os testes das funcionalidades desenvolvidas. Outros conceitos importantes vistos foram as definições de gamificação e *crowdsourcing* que são essenciais para o entendimento do trabalho.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo descreve trabalhos relacionados na área de sistemas inteligentes de transporte que envolvem os principais assuntos desta dissertação, que são: *crowdsourcing* e gamificação.

3.1 Sistema colaborativo de caronas

O trabalho de Vieira et al. (2012) pesquisou como técnicas de gamificação e *crowdsourcing* poderiam apoiar e motivar usuários a participarem de um sistema colaborativo de caronas. Mesmo que um sistema colaborativo de caronas tenha várias vantagens, como redução do número de veículos nas estradas, menos gasto de combustível, etc, ele ainda apresenta algumas dificuldades, principalmente na questão de confiança e segurança. Para melhorar o sistema colaborativo de caronas, é preciso motivar os usuários a participarem mais ativamente, através do uso de gamificação, por exemplo.

Para compreender melhor o sistema colaborativo de caronas, foram feitos dois estudos exploratórios. No primeiro caso, foi elaborado um questionário para verificar as motivações e perfis dos usuários, o que contou com a participação de 457 pessoas. Uma das questões foi proposta para verificar a demanda de compartilhamentos e solicitações de caronas. Após as análises das respostas dessa questão, foi verificado que 67% das pessoas costumam solicitar carona, enquanto que 49% estão dispostos a oferecer carona. Outra questão foi em relação à disposição dos usuários em utilizar um sistema de caronas, a qual a maioria respondeu que estaria interessada em utilizar tal sistema (67%). Outra questão importante foi verificar que tipos de pessoas os usuários estariam dispostos a oferecer carona. Nesta pesquisa, foi verificado que os usuários possuem uma certa rejeição em compartilhar carona com desconhecidos, e também que preferem oferecer carona para amigos conhecidos no lugar de amigos virtuais. Através destes dados, foi concluído que um sistema de confiança é necessário para que os usuários compartilhem caronas. Outra pergunta do questionário buscava verificar o que os usuários gostariam de receber como recompensas para participarem de um sistema colaborativo de caronas. Pelas análises dos resultados, foi visto que um sistema de recompensas é necessário para motivar os usuários, pois 47% dos entrevistados responderam que gostariam de descontos em serviços. (VIEIRA et al., 2012).

Para o segundo estudo, foi realizada uma pesquisa de campo para coletar dados complementares ao primeiro experimento. Através dos dados coletados por essa pesquisa, foi percebido que há muitos desafios e que estão principalmente relacionados a questões socioculturais. Algumas observações interessantes dos participantes da pesquisa foi que eles se mostravam muito inseguros ao oferecer caronas para estranhos, o que confirma os dados obtidos no primeiro experimento. Outra questão foi sobre a confiança no agendamento das caronas, pois o sistema teria que tratar de questões como atrasos ou até cancelamentos. Outra questão relevante foi a possibilidade de ter carona parcial, pois pessoas com origens e destinos comuns seriam muito

raras.

Com os resultados encontrados nesta pesquisa, foi possível levantar elementos necessários para motivar os usuários do sistema. Os elementos de jogos propostos têm como objetivo encorajar os usuários a realizarem ações no sistema. Cada ação obedece a um conjunto de regras em torno do objetivo (carona colaborativa). Esses elementos consistiam em estipular metas para os usuários cumprirem, tais como compartilhar carona cinco vezes por semana. A cada ação do usuário, ele pode receber recompensas que podem disponibilizar novas funcionalidades ou ainda receber medalhas, itens virtuais, brindes e descontos em estabelecimentos reais que devem encorajá-los a continuar auxiliando com sistema colaborativo de caronas. Essas informações serão utilizadas para a criação do protótipo do sistema de caronas colaborativas. (VIEIRA et al., 2012).

3.2 UB-móvel

Um trabalho que envolveu o uso de *crowdsourcing* para o transporte público foi o UB-móvel. (LUCIO, 2011). O objetivo do UB-móvel era prover informações para os usuários de transporte público. Essas informações, disponíveis para os usuários, eram obtidas de outros usuários através do mesmo aplicativo. Ao integrar o conhecimento dos usuários, mobilidade e geolocalização, o sistema é capaz de gerar informações e manter seus usuários informados. O sistema foi desenvolvido para Android e permitia aos usuários comporem mensagens relatando situações do trânsito ou de uma linha de ônibus, comunicando aos outros usuários previsões de possíveis atrasos, e incluindo também a sua posição atual, obtida através de GPS ou triangulação do sinal GSM. Essas mensagens eram enviadas para uma rede social e os usuários podiam verificar, num mapa, a localização das mensagens de outros usuários, permitindo-os verificar onde e o que ocorreu em relação ao trânsito ou ao transporte público. Uma das funcionalidades do aplicativo era a consulta de linhas de ônibus. Para isso, era realizada uma pesquisa por uma determinada linha de ônibus e o aplicativo a exibia em um mapa. Além da linha, eram exibidas as mensagens, relatando a situação da linha, postadas pelos usuários.

Para verificar se o aplicativo conseguiu contribuir para a produção de conhecimento, foi realizada uma prova de conceito. A prova de conceito foi realizada, em 2011, na cidade de Campo Mourão, com seis pessoas entre 19 e 36 anos de idade. Para a realização do teste, foi desenvolvida uma aplicação para simular a utilização do aplicativo, criando para isso rotas fictícias para simular um ambiente real de transporte público. Após os participantes testarem o aplicativo, eles responderam um questionário. Ao analisar o questionário, os autores constataram que o aplicativo conseguiu alcançar seus objetivos, pois todos os participantes apresentaram respostas positivas em relação ao seu uso, tanto para gerar quanto para obter informações.

3.3 UbibusRoute

Um trabalho semelhante ao UB-móvel, publicado por Lima et al. (2012), foi o UbibusRoute. Assim como o UB-móvel, o UbibusRoute tem o propósito de utilizar as redes sociais como fonte de informação para auxiliar os sistemas de informação ao usuário de transporte público. O UbibusRoute, através da integração com a rede social *Twitter*, visa prover mais informações, em tempo real, para melhorar a qualidade das informações. O sistema permite aos usuários compartilharem com informações, tais como congestionamentos, ruas em manutenção, etc. Tais informações podem influenciar em rotas de ônibus; desta forma, os usuários podem planejar melhor as opções disponíveis e evitar possíveis transtornos.

O sistema desenvolvido foi separado em quatro módulos:

- **Aplicativo móvel** - é a interface dos usuários. Permite visualizar o mapa e requisitar informações ao sistema, por exemplo, busca de rotas de ônibus;
- **Identificador de rotas** - é responsável por encontrar as rotas de ônibus, seguindo o parâmetro de preferência do usuário (custo, tempo ou distância), requisitada pelo aplicativo móvel;
- **Indicador de rotas** - é responsável por verificar as rotas encontradas pelo identificador de rotas e selecionar a melhor opção para o usuário, levando em consideração a preferência do usuário quanto aos parâmetros de tempo, distância e custo. Também analisa as informações contextuais vindas da rede social, influenciando assim na escolha da melhor rota;
- **Extrator de informações contextuais, dados contextuais e redes sociais** - é responsável por capturar as informações da Rede Social, interpretando as informações relacionadas aos trechos das linhas de ônibus. Foi estabelecido um formato padrão para as mensagens do *Twitter*. Desta forma, há um ganho na velocidade de processamento, porém limita as mensagens podendo perder algumas informações relevantes ao trânsito.

O sistema realizou um experimento que tinha como objetivo verificar se as informações extraídas do *Twitter* influenciavam nas opções de rotas informadas para o usuário. O teste realizado foi verificar se uma rota seria modificada ao analisar informações no *Twitter*. Para isso, foi efetuada uma busca de uma parada de origem a uma de destino e visualizada a rota que passava pela Rua José Osório. Após, foram publicadas informações relatando que a Rua José Osório estava engarrafada. Ao refazer a busca, com a mesma parada de origem e destino, resultou em uma rota alternativa, ou seja, o sistema evitou a Rua José Osório, dita engarrafada.

3.4 PAG-M

Em (WELLS et al., 2014) foi desenvolvido um modelo de gamificação para um sistema de viagem urbana multi-modal para as cidades européias. O aplicativo desenvolvido, chamado de PAG-M (*Points Accumulation Gamification model* ou modelo de gamificação de acumulação de pontos), foi integrado ao projeto SUPERHUB (*SUstainable and PERsuasive Human Users mobility in future cities*). O SUPERHUB tem o objetivo de incentivar o uso de meios de transporte mais sustentáveis, como ônibus e bicicletas. (FORBES et al., 2012). A integração do PAG-M ao SUPERHUB tem dois objetivos principais. Primeiramente, aumentar o uso dos aplicativos do SUPERHUB, e, em segundo, aumentar a frequência do uso de meios de transporte mais sustentáveis. Para isso, os usuários podem adquirir pontos, níveis e medalhas e até se submeter a um determinado desafio. Desta forma, os usuários adquirem pontos por comportamentos que são considerados positivos ou até perdem pontos em caso de comportamentos indesejados. A pontuação pode ser fixa ou variável; por exemplo, uma pessoa que normalmente usa o carro pode ganhar mais pontos ao andar de bicicleta do que um ciclista, encorajando o usuário a utilizar mais a bicicleta enquanto que o ciclista deve apenas manter seu comportamento. Além de acumular pontos, os usuários também podem subir de nível. Os níveis podem ser adquiridos através da pontuação, podendo ser fixa ou variável, ou seja, os usuários podem subir de nível a cada 1.000 pontos ou a pontuação necessária pode aumentar, sendo cada vez mais difícil ir para o próximo nível. Porém, se ela for variável, é preciso ter formas diferentes para se obter uma maior quantidade de pontos.

Os usuários podem, também, adquirir medalhas que comprovam um determinado objetivo alcançado. Assim, as medalhas têm um papel social: representam as conquistas dos usuários e também motivam a competição entre eles. Os desafios se referem a um determinado objetivo o qual resultará em uma grande quantidade de pontos e que não precisa ser necessariamente direta. Por exemplo, um desafio pode ser diminuir a emissão de CO_2 ; entretanto há várias maneiras de alcançar este objetivo. Isso permite aos usuários formularem soluções para seus desafios, desta forma, tornando o desafio mais interessante. Os desafios foram separados em três categorias: emissão de CO_2 , perda de calorías e custo da viagem. Apesar de o objetivo ser a utilização de meios de transporte mais sustentáveis, os desafios de perda de calorías e custo da viagem colaboram indiretamente para uma menor emissão de CO_2 , pois geralmente transportes como ônibus são mais baratos e andar de bicicleta é uma boa maneira de queimar calorías. (WELLS et al., 2014).

3.5 MatkaHupi

Outra aplicação desenvolvida para o projeto SUPERHUB, vista em (JYLHÄ et al., 2013), foi o MatkaHupi. Seu propósito também era motivar, através de desafios, o uso de meios de transporte sustentáveis. Há diferentes tipos de desafios disponíveis para os usuários e o sistema

é capaz de detectar as viagens feitas por eles e verificar se ela poderia ser feita de forma mais rápida ou com menor emissão de CO_2 . Caso haja um modo melhor de transporte, o aplicativo propõe esse modo alternativo como um desafio para o usuário. Para avaliar o aplicativo, foi realizado um teste piloto. Este teste contou com a participação de doze pessoas, onde sete delas utilizaram a versão completa e as outras cinco utilizaram uma versão sem os desafios. Os participantes comentaram que os desafios eram úteis principalmente para pessoas mais competitivas e praticantes frequentes de esportes. Os participantes reportaram que os desafios lhes deixavam conscientes sobre as consequências de suas ações. Comentaram também que nem todos os desafios eram de interesse para certos tipos de pessoas. Metade dos participantes comentou que a informação sobre a emissão de CO_2 era interessante e útil, enquanto que para os outros era apenas bom saber. Três participantes comentaram que ver a emissão de CO_2 subir drasticamente após andar de carro foi chocante e a maioria dos participantes notou que ver a emissão de CO_2 os fez ficarem mais conscientes sobre o assunto.

3.6 SIU para compartilhamento de conhecimento

Um trabalho semelhante ao Antares foi visto em (HOAR, 2010). O sistema, assim como o Antares, utiliza web service para fornecer os seus serviços, facilitando desta forma a criação de interfaces de visualização para dispositivos móveis e computadores. O sistema é também um SIU que permite aos usuários visualizarem no mapa do Google Maps rotas de ônibus, tabela de horários e mais a localização dos ônibus. O objetivo do sistema é permitir aos usuários compartilharem seus conhecimentos, através de mensagens, para informar quando um ônibus sai de uma parada, permitindo a detecção de atrasos. Porém, o sistema não tinha as informações sobre as rotas dos ônibus, precisando, desta forma, gerar as rotas pelas paradas de ônibus. A rota gerada através das paradas não é muito precisa e por isso foi gerado um algoritmo para melhorar as rotas. O algoritmo calcula pontos intermediários entre as paradas e utiliza esses pontos para melhorar o tracejado das rotas. Outra funcionalidade do sistema é a visualização da tabela de horários nas paradas. Os usuários podem procurar por uma parada e selecioná-la para exibir a tabela de horários e reportarem quando um determinado ônibus sai desta parada. A interface para dispositivos móveis desenvolvida foi apenas textual, permitindo aos usuários apenas consultarem as tabelas de horários e compartilharem mensagens de quando os ônibus saem das paradas. Através das mensagens dos usuários, é possível detectar atrasos dos ônibus e assim repassar essa informação para os outros usuários do sistema. Outra funcionalidade para as mensagens dos usuários é o histórico. Nele, estão contidas várias mensagens dos tempos dos ônibus. Ao verificar esse histórico, é possível perceber se um ônibus geralmente chega atrasado ou adiantado numa determinada parada de ônibus; desta forma o usuário pode, dependendo da situação, chegar antes ou depois do horário do ônibus.

3.7 Comparação com o trabalho proposto

Conforme descrito neste capítulo 3, outros trabalhos de pesquisa também propuseram métodos para obter informações dos usuários. O UbibusRoute, visto em (LIMA et al., 2012), utilizou *crowdsourcing*, através do *Twitter*, para obter informações em tempo real que melhorem o transporte público. As informações poderiam ser sobre congestionamentos ou até ruas em manutenção, visando, desta forma, mostrar melhores opções de rotas aos usuários. Semelhante ao trabalho anterior, o UB-móvel, visto em (LUCIO, 2011), também utilizou *crowdsourcing* para obter informações dos usuários sobre as situações do trânsito. Usuários podiam consultar linhas de ônibus e verificar as mensagens, referentes à linha, postadas por outros usuários. Ambos os trabalhos não utilizam nenhuma técnica para motivar a participação dos usuários.

Outro trabalho (HOAR, 2010) utilizou *crowdsourcing* para que os usuários compartilhassem as localizações dos ônibus e, desta forma, fosse possível detectar atrasos dos ônibus. Assim como os trabalhos citados anteriormente, este também não utilizou nenhuma técnica para motivar a participação dos usuários.

Diferente dos trabalhos citados anteriormente, Vieira et al. (2012) objetivavam motivar a participação dos usuários em um sistema colaborativo de caronas através da gamificação. Segundo a pesquisa realizada em (VIEIRA et al., 2012), foi visto que muitos usuários não estavam dispostos a compartilhar caronas com desconhecidos e, por isso, seria necessário criar um sistema de confiança. Neste sistema, foi utilizado *crowdsourcing* para divulgação das caronas e foi proposto o uso da gamificação para a confiança e motivação dos usuários. Porém, o trabalho consiste apenas em uma proposta de gamificação. Ela não foi de fato implementada e, conseqüentemente, não se sabe se os elementos de gamificação motivariam os usuários.

O PAG-M, visto em (WELLS et al., 2014), também utilizou gamificação. Seu objetivo era incentivar o uso de transportes mais sustentáveis. O principal elemento de gamificação inserido foram desafios, que eram referentes à emissão de CO_2 dos usuários. Neste sistema, a gamificação foi utilizada para motivar um comportamento, neste caso, diminuir a emissão de CO_2 através do uso de transportes mais sustentáveis, porém não foram utilizadas funcionalidades de *crowdsourcing*.

Com relação a esse trabalho, esse possui uma abordagem para manter atualizada a base de dados de SIUs com o objetivo de fornecer informações mais atuais e mais corretas aos usuários do transporte público. Essa abordagem envolve a participação dos próprios usuários do sistema por mecanismos de *crowdsourcing* assim como emprega mecanismos de gamificação para motivá-los a colaborarem. Dessa forma, pretende-se atrair mais usuários e, conseqüentemente, obter mais dados que permitirão ao sistema fornecer informações mais corretas para o usuário, tais como uma melhor previsão do tempo de espera e duração da viagem.

Na Tabela 1 são exibidas as características do Antares em relação com os trabalhos citados anteriormente. A tabela compara cinco principais critérios: gamificação, *crowdsourcing*, previsão de tempo, motiva utilização e motiva compartilhamento de dados. Os trabalhos que

utilizaram gamificação foram o MatkaHupi, PAG-M e o trabalho de Vieira que a utilizaram para motivar um comportamento desejado no sistema. O *crowdsourcing* foi utilizado em Hoar, UbibusRoute, UB-Móvel e Vieira que o utilizaram para coletar informações úteis para o sistema. Sobre a previsão de tempo, nenhum trabalho relacionado foi encontrado que conseguia obter uma previsão de tempo de uma rota de ônibus. O trabalho de Hoar utilizava de *crowdsourcing* para coletar informações dos tempos dos ônibus nas paradas, porém não informava uma previsão de tempo e apenas fornecia um histórico dos atrasos dos ônibus. Todos trabalhos que incluíram gamificação a utilizaram como uma forma de motivar a utilização. Nenhum trabalho relacionado motivou o compartilhamento de informações. O Antares combina gamificação e *crowdsourcing* e através dessa combinação atende os outros critérios. A previsão de tempo, no Antares, é calculada a partir das informações coletadas com *crowdsourcing* e através da gamificação motiva os usuários a utilizarem mais o sistema. Por fim, com a combinação de *crowdsourcing* e gamificação o Antares motiva os usuários a contribuírem com informações úteis para o sistema. Esta característica, de motivar usuários de um SIU a contribuírem com informações (gamificação e *crowdsourcing*) é o que caracteriza o diferencial deste trabalho.

Dos trabalhos que envolvem *crowdsourcing* e gamificação, eles a utilizam para motivar os usuários a prover mais caronas e para usufruir de transportes mais sustentáveis. No trabalho proposto, as funcionalidades de gamificação objetivam motivar a participação dos usuários para contribuírem com informações que possam ser úteis para um SIU.

Tabela 1: Comparação com o trabalho relacionado

	Gamificação	<i>Crowdsourcing</i>	Previsão de tempo	Motiva utilização	Motiva compartilhamento de dados
HOAR	Não	Sim	Não	Não	Não
MatkaHupi	Sim	Não	Não	Sim	Não
PAG-M	Sim	Não	Não	Sim	Não
UbibusRoute	Não	Sim	Não	Não	Não
UB-Móvel	Não	Sim	Não	Não	Não
VIEIRA	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Antares ¹	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

¹ Antares com gamificação e *crowdsourcing*.

4 TRABALHO DESENVOLVIDO

Como explicado na Seção 1.1, este trabalho propõe um sistema integrado de *crowdsourcing* e gamificação para SIUs com o propósito de motivar a utilização do sistema pelos usuários, bem como incentivar sua participação no compartilhamento de informações. Esses dois objetivos são interdependentes. O objetivo do SIU (apresentado na Seção 2.2.2) é prover informações aos usuários, e quanto mais confiáveis os dados informados, mais útil será o sistema, e, portanto, mais este será utilizado. Porém, manter os dados de transporte público atualizados não é uma tarefa simples de ser realizada de maneira centralizada. Por essa razão, pretende-se permitir que os usuários colaborem com informações para atualizar a base de dados, gerando assim resultados mais confiáveis e, conseqüentemente, atraindo mais usuários a utilizarem o sistema. Da mesma forma, quanto mais usuários usarem o sistema mais informações serão obtidas para melhorar a sua qualidade.

O *crowdsourcing* será utilizado para coletar dados dos usuários e atualizar o sistema. Porém, ele é dependente da participação dos usuários. Quanto mais informações forem coletadas, melhor será o sistema. Por essa razão, a gamificação tem também um importante papel de motivar o maior número possível de provedores de informações.

Como estudo de caso, o sistema proposto será implementado e testado no SIU Antares, descrito na Seção 2.3. O Antares possui uma grande base de dados composta por informações de Porto Alegre. Essa base, apesar de grande, não é completa e possui algumas informações inconsistentes. O trabalho proposto visa tornar essa base de dados mais completa e consistente e, conseqüentemente, melhorar a qualidade das informações fornecidas pelo sistema. Essa integração desse trabalho com o SIU Antares é descrita no Capítulo 5. Embora o sistema desenvolvido tenha utilizado o Antares como estudo de caso, ele pode ser empregado em qualquer outro SIU com funcionalidades de fornecer rotas e previsões de tempos de espera e viagem.

Neste capítulo, serão apresentadas as seções sobre o trabalho desenvolvido. Na Seção 4.1, serão explicadas as informações, compartilhadas pelos usuários, de interesse para o trabalho desenvolvido. Na Seção 4.2, são destacadas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento. Na Seção 4.3, são vistas as funcionalidade de *crowdsourcing* e gamificação desenvolvidas. Na Seção 4.4, é descrito um cenário para explicar as funcionalidades desenvolvidas. Na Seção 4.5, é explicado como foi modelada a base de dados. Finalmente, na Seção 4.6, é explicado como são calculados os tempos de viagem e espera.

4.1 Tipos de Informações

Como explicado anteriormente, um dos objetivos principais do sistema de *crowdsourcing* e gamificação proposto é motivar os usuários a colaborarem com informações úteis, tanto para o sistema quanto para os outros viajantes. Dessa forma, é importante definir que tipos de informações o trabalho proposto busca levantar. Esta seção descreve quais informações são de

interesse para o sistema através da participação do usuário com *crowdsourcing* e gamificação.

Ao verificar as informações de interesse para o sistema, compartilhadas pelos usuários, decidiu-se classificá-las em quatro tipos: temporais, estáveis, de validação e de análises futuras. As **informações temporais** são informações que são úteis apenas em um período de tempo, como a hora que o ônibus se encontra em uma determinada localização. As **informações estáveis** compreende aqueles dados que possuem um caráter mais permanente. Por exemplo, a inserção de uma nova linha em uma parada é um tipo de informação estável. Esse tipo de dado, em geral, será válido por vários dias ou, até mesmo, anos. As informações estáveis compartilhadas podem ser originais, ou seja, não existem na base de dados, ou podem ser correções de dados já cadastrados na base de dados. Em ambos os casos, elas precisam ser validadas por informações de validação. As **informações de validação** são informações inseridas por usuários com o objetivo de validar dados incluídos por outros usuários. Por exemplo, usuários podem confirmar a existência de uma linha de ônibus em uma parada de ônibus. Esse tipo de informação geralmente se caracteriza por um voto sinalizando que o usuário concorda ou não com a veracidade de uma informação. A validação é realizada pelos próprios usuários, assim, quanto mais usuários confirmarem a mesma informação, mais confiável ela será. As **informações de análises futuras** são informações que vão formar um histórico e exibir ao viajante alguma informação. Por exemplo, se vários usuários colaborarem com os horários em que os ônibus chegam nas paradas, é possível gerar um histórico de atrasos dos ônibus. Ao analisar essas informações, os usuários podem melhor planejar suas viagens.

Esses são os tipos de informação com as quais o usuário poderá colaborar e adquirir pontos. Primeiramente, o usuário poderá obter pontos colaborando com informações das paradas de ônibus. Essas informações são:

- **A posição geográfica (latitude e longitude) da parada.** Essa informação será obtida quando o usuário selecionar uma parada no mapa e, através do GPS, informar sua posição. Essa informação é importante, pois pode haver na base de dados do SIU algumas paradas de ônibus com posições imprecisas e, pretende-se, desta forma, obter posições mais precisas das posições das paradas.
- **As linhas de ônibus que passam em uma parada.** Cada parada de ônibus possui uma lista de linhas que passam por ela. Essa informação poderá ser fornecida quando o usuário selecionar uma parada de ônibus. O sistema irá mostrar as linhas já registradas na parada e o usuário terá a opção de confirmar as linhas que passam por ela ou, caso necessário, adicionar ou remover uma ou mais linhas. Essa informação é importante, pois algumas paradas de ônibus da base de dados podem não ter nenhuma linha registrada (nenhuma linha de ônibus passa nelas). Isso acontece porque essas informações são geralmente fornecidas de forma incompleta pela Secretaria de Transporte das cidades ou órgãos gestores (ver Seção 2.3). Também é possível que linhas de ônibus alterem seus trajetos e deixem de passar em alguma parada ou irão passar em uma parada que não estava em seu antigo

trajeto. Ao informar as diferentes linhas de ônibus que passam pela parada, será possível deixar o sistema mais confiável.

- **Os endereços das paradas de ônibus.** Ao selecionar uma parada no mapa, os usuários terão uma opção para informar o endereço (rua e bairro). Essa informação será importante, pois permite que os usuários possam consultar as paradas de ônibus de algum lugar ou endereço específico. O SIU deve fornecer filtros específicos que permitam aos usuários consultarem paradas. A rua e o bairro são informações extras para a parada de ônibus que podem ser utilizadas para criar esses filtros.
- **Indicar se a parada é um terminal.** Uma parada terminal é uma parada na qual inicia ou termina uma rota de ônibus. Ao selecionar uma parada, o usuário poderá indicar se ela é ou não um terminal. Algumas paradas terminais podem não estar definidas na base de dados, por isso é importante que os usuários indiquem se uma parada é ou não um terminal.

Todas essas são informações do tipo *estável* e terão que ser validadas. Inicialmente, ficam armazenadas numa base de dados auxiliar até serem validadas e inseridas no banco de dados. Ao colaborarem com informações deste tipo, os usuários recebem 50 pontos e, após ela ser validada por outros usuários, o usuário recebe mais 50 pontos. Essas informações sobre as paradas são limitadas, pois elas são finitas e não há utilidade se um mesmo usuário colaborar com a mesma informação. Desta forma, ele não receberá pontos por fornecer uma informação que ele já tenha fornecido. Porém, caso o usuário complete as informações de uma parada, ele receberá uma quantia bônus de pontos. A quantidade bônus de pontos será variável, pois dependerá da quantidade de linhas registradas na parada. Quanto mais linhas tiver a parada, maior a pontuação bônus.

As funcionalidades responsáveis por obter as informações estáveis foram implementadas parcialmente. As informações das posições das paradas e confirmações de linhas de ônibus em uma parada são obtidas através da funcionalidade *check*, porém essas informações não são validadas e, no momento, apenas são armazenadas na base de dados. Essas informações poderão ser utilizadas futuramente para serem validadas pelos usuários.

Além das informações estáveis citadas anteriormente, o usuário pode igualmente compartilhar informações temporais ou de análises futuras:

- **Informar que um ônibus se encontra em uma parada** - Essa é uma informação do tipo temporal, pois quando um usuário informa que um ônibus passou por uma parada, utilizando o *check* (ver seção 4.3.1.1), ele informa a posição do ônibus nesse horário. Posteriormente, essa informação não poderá mais ser utilizada para estimar a posição do ônibus (o ônibus já se deslocou dessa posição), e assim, ela se torna uma informação de análises futuras que poderia ser consultada para montar um histórico de atrasos dos ônibus.

- **Localização de um ônibus de uma linha (rastreamento).** Essa informação também é uma informação do tipo temporal, pois quando o usuário utiliza a funcionalidade *tracker* para rastrear a rota de ônibus, a posição do ônibus pode ser utilizada para saber a localização do ônibus e prever melhor os tempos de espera. Após o término do rastreamento, essa informação também perde sua validade.

Os usuários podem efetuar *checks* várias vezes. Esse tipo de informação, obtido pelo *check*, é do tipo *temporal*, pois após um determinado tempo ela não será mais útil. No entanto, quando ela se torna inútil para uma consulta em tempo real, ela se tornará uma informação do tipo de *análises futuras*. Ao se tornar esse tipo de informação, será armazenada no histórico da parada de ônibus que poderá ser consultado pelos usuários e, com dados suficientes, conseguirá informar aos usuários os atrasos esperados naquela parada. Além disso, a partir dessa informação da hora e local dos ônibus, é possível informar a outros usuários interessados uma estimativa do tempo de espera e viagem de forma simples, utilizando os tempos de viagem obtidos pela funcionalidade *tracker*.

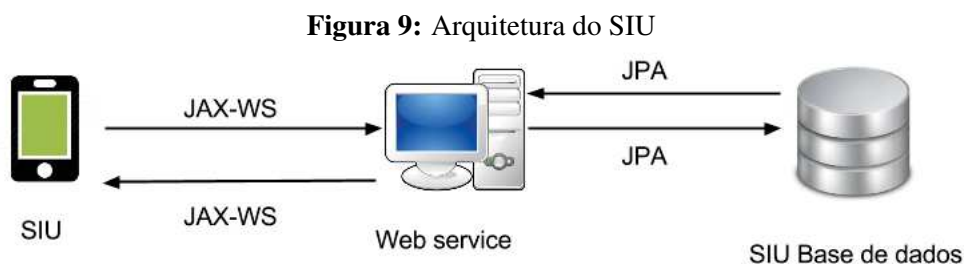
4.2 Implementação do Sistema

O trabalho foi implementado em duas estruturas diferentes, uma para o cliente e outra para o servidor. No cliente, aplicativo para *smartphone*, foi desenvolvida toda a interface da aplicação e é onde são exibidas as informações como medalhas e pontuações (gamificação). O cliente também é responsável pelas funcionalidades relacionadas ao mapa. Já no servidor, foi desenvolvida toda a lógica dos cálculos de previsões de tempo e atualizações na base de dados.

O cliente foi desenvolvido utilizando o *framework* Cordova. Esse *framework* permite utilizar páginas web e importá-las para qualquer sistema operacional de *smartphones*, suportados pelo *framework*, gerando assim uma versão para várias plataformas. Outra vantagem de utilizar este *framework* foi reaproveitar o código da página desenvolvida no site do Antares, e assim, reutilizar as funcionalidades básicas do SIU já desenvolvidas. Como o cliente foi desenvolvido como se fosse uma página web, foram utilizadas linguagens web, como HTML, CSS e JavaScript e algumas bibliotecas como jquery, jquery mobile (provê funcionalidades que funcionam tanto para páginas web para desktop quanto dispositivos *smartphones*) e a API do GoogleMaps (envolve o mapa e todas as funcionalidades para inserir marcadores e os trechos de um ônibus no mapa).

O servidor foi desenvolvido na linguagem Java e com algumas bibliotecas. As duas principais bibliotecas utilizadas foram JAX-RS e JPA, responsáveis pelas funcionalidades do web-service e pela comunicação com a base de dados, respectivamente. O web-service desenvolvido é responsável por receber as requisições dos clientes, consultar as informações no banco de dados e inserir ou modificar dados. Também é responsável por responder aos clientes as informações requisitadas ou enviar uma mensagem caso as modificações ou inserções foram efetuadas com sucesso.

A Figura 9 mostra a arquitetura básica utilizada pelos SIUs. Essa arquitetura é basicamente composta por um cliente que exibe as informações para o usuário e faz as requisições dessas informações, através da biblioteca JAX-RS, para o *web service*. Esse, por sua vez, é responsável por buscar as informações utilizando a biblioteca JPA e retornar para o cliente. O trabalho foi desenvolvido tanto no cliente, parte responsável pela interação dos usuários e obtenção de informações, quanto no servidor para a busca de dados na base e também para salvar as informações enviadas pelos usuários.



Fonte: Elaborado pelo autor

Nas seguintes seções, serão detalhadas as funcionalidades desenvolvidas. Na Seção 4.3.1, serão detalhadas as funcionalidades que envolvem *crowdsourcing*. Na Seção 4.3.2, serão detalhadas as funcionalidades que envolvem gamificação e, por fim, na Seção 4.3.3, serão detalhas funcionalidade que não envolvem diretamente *crowdsourcing* e gamificação, mas importantes para o trabalho desenvolvido.

4.3 Funcionalidades desenvolvidas

Nesta seção são apresentadas as funcionalidade de gamificação e *crowdsourcing* desenvolvidas. As funcionalidades foram separadas em *crowdsourcing* e gamificação para explicar melhor as funções que envolvem a colaboração de dados (*crowdsourcing*) e as funcionalidades que envolvem os elementos de jogos como medalhas, *rank*, pontos e avatar (gamificação). Também foram incluídas outras funcionalidades desenvolvidas que não envolvem *crowdsourcing* e gamificação, mas que também são igualmente importantes para o trabalho, tais como o *login* e a lista de linhas e pontos favoritos.

4.3.1 Funcionalidades com *crowdsourcing*

Nesta seção, serão detalhadas as funcionalidades desenvolvidas que envolvem *crowdsourcing*. Essas funcionalidades foram desenvolvidas para obter informações dos usuários, sobre o transporte público, portanto, correspondem à base de *crowdsourcing* desenvolvida para coleta de informações.

As funcionalidades desenvolvidas foram o *check*, o *tracker* e “requisitar localização”. O *check* tem a função de obter a hora em que um ônibus passa numa determinada parada, enquanto

que o *tracker* tem a finalidade de armazenar o tempo de viagem dos trechos percorridos pelo usuário. Por fim, a funcionalidade “requisitar localização” serve para que os usuários indiquem linhas mais importantes e mais utilizadas.

4.3.1.1 Check

Uma das principais informações obtidas dos usuários será a posição do ônibus (latitude e longitude obtida pelo GPS do usuário). Essa informação é muito importante, pois conterá dados sobre os horários dos ônibus e sua localização corrente que serão utilizados para prever os tempos de espera e duração da viagem.

O *check* foi a funcionalidade desenvolvida para os usuários informarem quando um ônibus passou numa parada. Ao selecionar uma parada, o usuário pode efetuar *checks* de diferentes linhas de ônibus que passam nessa parada. O sistema igualmente registra a hora em que o ônibus passou nela. Esta informação pode ser utilizada para prever os tempos de espera para outros usuários interessados na linha sobre a qual o *check* foi efetuado.

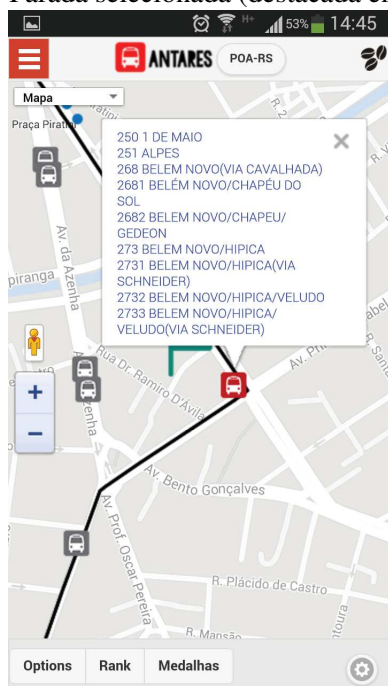
O motivo de utilizar um sistema de *checks* é que, primeiramente, essa é uma forma simples de se obter a localização, através dos aparelhos GPS dos *smartphones* dos usuários. O *check* é o modo mais simples de se obter a localização dos ônibus e também é o modo mais econômico em termos de bateria gasta, pois utiliza o GPS apenas quando o usuário clica no botão de *check*, diferente do *tracker* (ver Seção 4.3.1.2) que utiliza o GPS constantemente durante um determinado período. Em segundo, o *check* é uma forma simples de colaborar com informações, pois exige apenas que o usuário esteja em uma parada de ônibus e efetue o *check*. Os *checks*, efetuados por um usuário, podem ser consultados por outros usuários interessados em utilizar o mesmo ônibus em que o *check* foi efetuado e, assim, recebem uma estimativa de tempo de espera baseada nessa posição do ônibus.

Para o usuário efetuar um *check*, ele precisa seguir os seguintes passos:

- Passo 1 - Selecionar uma origem.
- Passo 2 - Selecionar uma parada de ônibus.
- Passo 3 - Selecionar uma linha de ônibus.
- Passo 4 - Efetuar o *check*.

No passo 1, o usuário deve escolher uma origem, que pode ser definida através das seguintes maneiras: ao clicar no mapa, procurar um endereço ou então pela posição GPS do usuário. Ao concluir o passo 1, são exibidas ao usuário as paradas próximas da origem selecionada. A Figura 10 mostra a interface quando o usuário efetua o passo 1, exibindo a origem selecionada (bandeira verde no mapa) e as paradas de ônibus próximas. Quando o usuário seleciona uma dessas paradas, o cliente envia para o servidor a parada que foi selecionada e o servidor busca por todas as linhas de ônibus que passam por essa parada. Ao receber essas informações, o

Figura 11: Parada selecionada (destacada em vermelho)



Fonte: Elaborado pelo autor

Seção 4.3.2.1) por sua colaboração.

4.3.1.2 Tracker

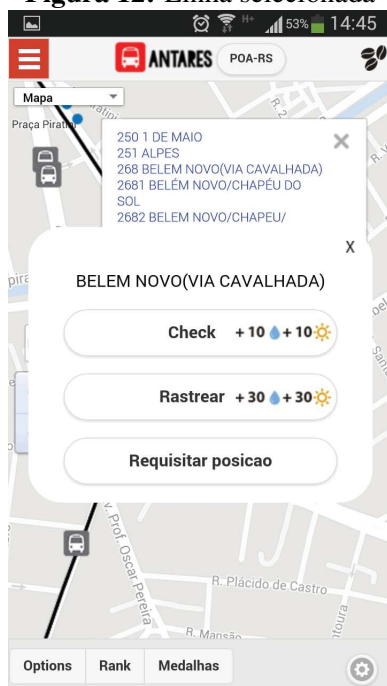
A funcionalidade *tracker* é a mais importante do trabalho desenvolvido e foi também a mais complexa de ser implementada e testada. Uma parte da implementação foi feita no cliente e a outra no servidor.

Para o usuário ativar a funcionalidade de *tracker*, ele deve seguir os mesmos passos descritos no *check* (Seção 4.3.1.1) e, opcionalmente, pode adicionar o destino desejado e escolher a parada de ônibus que deseja desembarcar. Assim, o servidor pode calcular o tempo de viagem até o destino do usuário.

Ao efetuar o passo 3 (selecionar linha), o usuário pode rastrear sua rota ao clicar no botão “rastrear” (Figura 12). Antes de iniciar o rastreamento através da funcionalidade *tracker*, o cliente verifica se o GPS do dispositivo está ativo. Para isso foi desenvolvido um *plugin* para o Cordova (*framework* utilizado no cliente), pois essa verificação muda de dispositivo para dispositivo e precisa ser feita nativamente (o *plugin* criado foi apenas para Android). Se o GPS do usuário está ativo, o cliente obtém a posição do usuário, periodicamente, e envia para o servidor. Ao enviar as posições, o cliente recebe, do servidor, o tempo de viagem esperado e atualiza o mapa do usuário, exibindo a posição onde ele se encontra e a informação do tempo de viagem. A Figura 13 ilustra a atualização do tempo de viagem para o usuário.

O tempo de viagem exibido ao usuário pode ser de dois tipos: quando o usuário seleciona

Figura 12: Linha selecionada



Fonte: Elaborado pelo autor

uma parada de destino, e quando ele não seleciona o destino. Se um destino (selecionado da mesma forma que a origem, porém visualizado por uma bandeira vermelha) foi selecionado, o tempo de viagem estimado é calculado da posição atual do usuário até a parada de destino. Quando o destino não foi selecionado, o tempo de viagem calculado corresponde ao tempo entre a parada em que o usuário se encontra e a próxima parada (o que é identificado como trecho no presente trabalho). Se o GPS se encontra desligado, o *plugin* fica responsável por abrir a tela de configurações onde o usuário pode ativar, se desejar, o GPS.

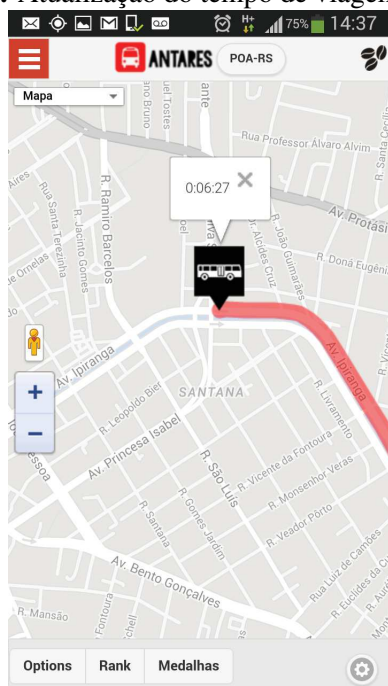
O rastreador no lado do servidor é responsável pelos cálculos de duração da viagem e tempo de espera. Maiores detalhes de como esse cálculo é realizado, serão apresentadas na Seção 4.6.

4.3.1.3 Requisitar Localização

A funcionalidade “Requisitar Localização” serve para o usuário indicar que deseja obter informações de previsão de tempo da viagem e de espera de uma determinada linha de ônibus. Através das requisições de vários usuários, o servidor consegue identificar quais são as linhas mais requisitadas e mostrar isso a todos os usuários. A visualização de que uma determinada linha foi mais votada (e, portanto, está sendo aguardada por um maior número de usuários) já serve como um motivador para que alguém compartilhe, através de *check* ou rastreamento, a localização do ônibus que trafega aquela linha.

Para ativar essa funcionalidade, o usuário deve seguir os passos 1 a 3 descritos no *check* (Seção 4.3.1.1) e selecionar no menu a opção “Requisitar posição”. Ao selecionar essa opção,

Figura 13: Atualização do tempo de viagem no cliente



o cliente envia para o servidor a linha selecionada e o servidor fica responsável por adicionar um voto para essa linha. Cada linha na base de dados possui um número de votos; quanto mais votos uma linha possui, indica que ela é mais requisitada. O sistema não exibe especificamente o número de votos que cada linha recebeu, porém exibe as linhas em cores diferentes, baseado em quantos votos elas possuem. Uma linha que possui zero votos é exibida em azul (a Figura 11 mostra as linhas da parada em azul, ou seja, sem nenhum voto) e linhas com mais votos ficam mais vermelhas. Assim, usuários podem ver as linhas mais votadas, as quais os usuários irão dar prioridade para colaborar com informações. Uma grande diferença dessa funcionalidade é que ela não fornece nenhuma pontuação para o usuário, pois serve apenas para distinguir as linhas mais importantes das outras. Quando um usuário vota em uma linha, é salvo também a data e hora em que esta linha foi votada. Assim, o servidor valida a data de cada voto e elimina os votos expirados (após 24 horas). Desta forma, as linhas mais requisitadas por dia ficam mais destacadas.

4.3.2 Funcionalidades com gamificação

Esta seção contém a descrição das funcionalidades com gamificação desenvolvidas para motivar os usuários a utilizarem as funcionalidades comentadas na Seção 4.3.1. Essas funcionalidades visam motivar os diferentes tipos de usuários a participar e utilizar mais o sistema.

Também, nesta seção, são apresentados os elementos de jogos que foram inseridos no trabalho. Segundo Kapp (2012), elementos como medalhas, pontos e recompensas são os elementos menos excitantes, dessa forma, um sistema gamificado se torna ineficiente se explorar apenas

esses elementos. O verdadeiro potencial da gamificação é alcançado através de outros elementos, tais como engajamento, narrativa, visualização de personagens, e resolução de problemas. O engajamento visa motivar os usuários a se interessarem pelo sistema, através das diferentes formas de interação. A resolução de problemas, no caso de um SIU, é a atualização das informações do transporte público e obtenção de informações GPS para previsões de tempo. A visualização de personagens é o avatar que, no trabalho desenvolvido, indica o progresso do usuário e sua confiabilidade.

A narrativa foi o único elemento que não se encaixou nos objetivos deste trabalho. Ela consiste no uso de uma história que dá um significado ao jogo. Por exemplo, no xadrez são utilizados termos como bispo, rei, entre outras que contêm aspectos de disputas do passado. Porém, a narrativa não tem relevância no trabalho desenvolvido, pois, segundo Kapp (2012), ela é um elemento de gamificação mais essencial em ambientes computacionais de aprendizagem.

Os principais elementos de jogos que foram utilizados no trabalho são:

- *Avatar* - O usuário possui um avatar que mostra o seu desempenho no sistema. O *avatar* é representado, inicialmente, por uma semente, que irá crescer até se tornar uma árvore frondosa. A árvore, neste contexto, representa sustentabilidade e visa mostrar que viajar com um transporte público é menos poluente que viajar de carro. Para a árvore do usuário crescer, ele precisa cuidar dela. O usuário cuida da árvore fornecendo luz e água. Luz e água são bônus (ver explicação de bônus a seguir) obtidos através da pontuação.
- *Pontos* - Os usuários recebem pontos por suas ações no sistema, que podem ser de dois tipos. Usuários recebem *System Points* (SP) por colaborar com informações que ajudam diretamente o sistema, ou seja, informações que atualizam e melhoram a qualidade e consistência dos dados da base de dados. Além disso, os usuários também recebem *Help Points* (HP) por colaborarem com informações que auxiliam outros usuários, como os *check* para as previsões de tempos de viagem e espera. Essa separação da pontuação tem como objetivo motivar os usuários a não apenas colaborarem com informações para deixar o sistema mais confiável, mas também colaborar com as informações GPS que auxiliam outros usuários e que permitem ao sistema calcular os tempos de espera e viagem. Esses pontos são obtidos de duas maneiras. Quando os usuários utilizam os *checks*, eles recebem SP e quando o usuário utiliza a funcionalidade *tracker* ele obtém tanto HP quanto SP.
- *Bônus* - Os usuários recebem dois tipos de bônus: a luz (representada por um sol) e a água (representada por uma gota). Esses bônus serão utilizados para fazer crescer seu avatar, a árvore. O usuário recebe bônus dependendo de como colabora com o sistema. O usuário recebe luz ao adquirir uma quantidade de HP, e recebe água ao adquirir SP. Assim, usuários que não utilizam o GPS (informação que dá ao usuário HP) nunca conseguirão evoluir seu avatar, pois irão apenas adquirir água (SP). Desta forma, os usuários serão

obrigados a colaborarem com o GPS (através da funcionalidade *tracker*) se quiserem evoluir seus avatares.

- *Níveis* - Os usuários avançam de nível conforme adquirem luz e água, os quais são adquiridos ao obter pontos. Os usuários avançam de nível apenas quando fornecerem luz e água para sua árvore, que é o seu avatar. A árvore precisa tanto de água quanto de luz, ou seja, ela não irá crescer se receber apenas luz. O usuário vai receber luz caso adquira HP e ganhará água ao adquirir SP. Assim, para que o usuário passe de nível, ele deve colaborar tanto com o sistema quanto com os outros usuários. O nível não representa somente que o usuário colabora com muitas informações, mas também garante que um usuário de nível alto realmente quer ajudar com informações tanto para o sistema quanto para os usuários e é um usuário confiável.
- *Desafios* - Desafios foram desenvolvidos para tentar influenciar o comportamento dos usuários, assim como visto em Jylhä et al. (2013), que também utilizou desafios para tentar influenciar o comportamento dos usuários. Apenas dois tipos de desafios foram desenvolvidos. Um para motivar o uso do *check* e outro para influenciar a funcionalidade *tracker*. Esses desafios têm o objetivo de motivar os usuários a utilizarem mais essas funcionalidades. Ao completar os desafios, os usuários são recompensados com medalhas (ver descrição a seguir).
- *Medalhas* - Os usuários adquirem medalhas ao completarem algum desafio. No total foram desenvolvidos quatro desafios e quatro medalhas. Essas medalhas são adquiridas quando o usuário completa algum desafio que pode ser efetuar um número de *checks* (50 e 150)¹ ou rastrear uma certa distância (10 km e 30 km)¹ com a funcionalidade *tracker*.
- *Tabela de pontuação ou ranking* - Foi criada uma tabela de classificação dos usuários, que exhibe os usuários com maior pontuação. Quanto mais pontos o usuário possui, maior é seu *rank*. Esta tabela tem o objetivo de induzir os usuários a competirem uns com os outros por maior pontuação, e, portanto, colaborando com mais informações para o sistema.

Resumidamente, os elementos de jogos interagem no trabalho na seguinte forma. Ao adquirir pontos (HPs e SPs), os usuários também irão receber luz e água. Adquirir luz e água fará com que o usuário avance de nível e a sua árvore (seu avatar) cresça. Também é possível visualizar o quão próximo o usuário está para avançar de nível ao ver o quanto de água e luz ele possui. O nível, por sua vez, indicará a confiabilidade do usuário. Além disso o usuário pode visualizar as medalhas obtidas e os desafios que ainda não foram completados.

¹Valores arbitrários iniciais que podem ser alterados futuramente.

4.3.2.1 Pontuação

A estrutura de pontuação é a base de toda a gamificação desenvolvida. Uma estrutura de nível foi utilizada para controlar a pontuação dos usuários. Segundo Kapp (2012), o nível, nos jogos, representa diferentes ideias, como a dificuldade do jogo, que pode ser fácil, média ou difícil, ou o progresso do usuário no jogo. Neste último caso, o nível representa o progresso do usuário que, ao adquirir pontos, avança de nível e evolui seu avatar.

Para o usuário avançar de nível, ele deve alcançar uma quantidade de pontos que é dependente do nível desejado. A pontuação que um usuário recebe pode ser HP (*help points*) e/ou SP (*system points*) e representam os nutrientes que o usuário precisa para desenvolver seu avatar que é uma semente de árvore (maiores detalhes na Seção 4.3.2.4). HP representa a luz e SP a água. Essa separação foi criada para não permitir que os usuários avançassem de nível usando uma única funcionalidade (*check*, por exemplo). A funcionalidade do *check* foi desenvolvida para ser fácil e rápida de ser utilizada, mas não possui muito controle se a informação compartilhada é útil ou não. Assim, quando um usuário efetua um *check*, ele adquire 10 SP e, caso o *check* seja utilizado nas previsões de tempo por outro usuário, ele recebe então 10 HP, pois sua informação foi útil para outro usuário. Um usuário que obteve apenas SP não possui pontuação (nutrientes) suficiente para avançar de nível (evoluir o avatar). Por outro lado, a funcionalidade do rastreador, ao ser utilizada, recompensa o usuário tanto com SP como HP, pois é com ele que se obtém os tempos de viagem dos trechos utilizados para as previsões de tempos de viagem e de espera. A pontuação estipulada para o rastreador foi baseada na distância percorrida, sendo que o usuário recebe duzentos pontos (100 HP e 100 SP) a cada cem metros.

Para o usuário avançar de nível, ele deve adquirir uma quantidade de pontos, sendo metade SP e a outra metade de HP. Essa quantidade varia dependendo do nível do usuário, de forma que quanto maior o nível mais difícil é alcançar o próximo. A Tabela 2 mostra a quantidade de pontos necessária para alcançar o próximo nível, a pontuação total que o usuário possui ao alcançar tal nível e a fórmula que cada nível utiliza. Através da tabela, pode-se observar que, para o usuário alcançar o nível quatro, ele deve adquirir 900 pontos (450 HP e 450 SP). As fórmulas foram separadas a cada três níveis para controlar melhor a dificuldade de avançar de nível; assim, os níveis são classificados em fáceis (de 1 a 3), médios (de 4 a 6) e difíceis (de 7 a 9). A maior diferença se encontra entre os níveis 7 a 9, onde a pontuação necessária para avançar de nível é muito maior que as anteriores. Essa grande diferença de pontos necessária para avançar de nível tem o objetivo de distinguir os usuários mais colaborativos dos demais, pois os usuários que alcançarem os níveis 8 e 9 realmente colaboraram muito com o sistema e podem ser considerados mais confiáveis. Essa confiabilidade será importante para o sistema avaliar as informações, colaboradas pelos usuários, e atualizar a base de dados, por exemplo mudar a localização de uma parada ou o itinerário de uma linha de ônibus. Para esse tipo de atualização, é preciso garantir que tais informações sejam confiáveis.

Tabela 2: Tabela de pontuações

Nível	Pontos	Pontos para próximo nível	Fórmulas
1	0	100	$100 \times Nvel^2$
2	100	400	
3	500	900	
4	1400	3200	$200 \times Nvel^2$
5	4600	5000	
6	9600	7200	
7	16800	34300	$100 \times Nvel^3$
8	51100	51200	
9	102300	72900	
10	175200	∞	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2.2 Rank

Para incentivar os usuários a compartilharem com mais informações, foi desenvolvida uma tabela de *Ranking* entre os usuários. A Figura 14 mostra a tabela desenvolvida que exibe a pontuação total dos usuários e suas posições no *ranking*. Essa tabela tem a função de incentivar os usuários a competirem uns com os outros para conseguirem melhores posições no *ranking* e, conseqüentemente, compartilhar com mais informações para o sistema. Para acessar a tabela de *ranking*, o usuário deve primeiramente estar logado e clicar no botão *rank* no menu inferior do aplicativo. Ao clicar no botão, o cliente envia uma requisição para o servidor para saber quais usuários inserir na tabela. O servidor, por sua vez, é responsável por efetuar a busca dos primeiros cinquenta usuários com maior pontuação e devolver para o cliente, que as exibe na tabela.

4.3.2.3 Medalhas

Para incentivar os usuários a utilizarem as funcionalidades *check* e rastreador, foi desenvolvido um sistema de medalhas. As medalhas funcionam diferentemente da pontuação e possuem objetivos mais específicos, pois funcionam como incentivo para que os usuários utilizem mais das principais funcionalidades implementadas, como o *check* e o rastreador. A Figura 15 mostra a tela que é exibida para o usuário ao clicar no botão “Medalhas”. Essa tela exibe as medalhas adquiridas pelo usuário e o que falta para essas serem adquiridas, em caso do usuário ainda não possuí-las.

A medalha mais fácil de ser conquistada tem a imagem de um carrinho de bebê. Para conquistá-la, o usuário precisa efetuar apenas cinquenta *checks*. Apesar de parecer uma grande quantidade de *checks* para serem efetuados, esse número pode ser facilmente alcançado, pois o *check* é uma funcionalidade fácil de ser realizada, principalmente quando o usuário se encontrar numa parada de ônibus onde passam várias linhas. A segunda medalha é adquirida quando o

Figura 14: Rank

Rank	Usuario	Pontos	HP	SP
1	Tiago Sommer	1043	320	223
2	Thiago Konrad	40	10	30
3	joao	0	0	0
4	fulano	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

usuário efetua cento e cinquenta *checks*. As outras medalhas são referentes ao rastreador e, diferente do *check*, sua obtenção depende da distância percorrida e não do número de vezes utilizado. Objetiva-se futuramente criar outros tipos de medalhas, assim como mais níveis.

4.3.2.4 Avatar

O avatar foi outra funcionalidade criada com o objetivo de incentivar a participação dos usuários. O avatar desenvolvido é simbolizado por uma árvore que representa que o usuário compartilha com o meio ambiente ao utilizar o ônibus ao invés de um automóvel. O avatar está dividido em três categorias que começa com uma semente e se desenvolve até crescer em uma árvore. A Figura 16 mostra ao usuário sua pontuação total e os avatares que correspondem a sua pontuação.

Cada usuário inicia no nível um, onde o avatar exibido é uma semente. Enquanto o usuário não atingir os níveis necessários, os outros avatares ficam em tom cinza, e, quando os níveis requeridos são atingidos, ficam coloridos. Para os usuários habilitarem os outros avatares, eles devem avançar de três em três níveis, ou seja, os outros avatares são habilitados nos níveis quatro e sete, respectivamente. Além do avatar, também são exibidas a água e a luz (gota e sol) que representam os nutrientes necessários para que o avatar cresça. Ao lado da água e da luz, há uma barra de progresso que avança conforme o usuário adquira pontos e, ao completar as barras (100%), o usuário avança de nível.

Para que o usuário visualize a tela com os avatares, ele deve clicar no ícone superior di-

Figura 15: Medalhas



Fonte: Elaborado pelo autor

reito (Figura 16) que, neste caso, ainda é a semente. O ícone da semente é substituído pelos outros avatares quando habilitados. Ao clicar nesse ícone, o cliente envia para o servidor uma requisição para saber a pontuação do usuário, o nível em que ele se encontra e a quantidade de nutrientes que ele adquiriu (água e luz). Baseado no nível do usuário, o cliente calcula a porcentagem e atualiza as barras de progresso. Caso as duas alcancem os 100%, as barras voltam para 0% e uma mensagem aparece informando ao usuário que ele avançou de nível. O servidor, por sua vez, é responsável por pesquisar a pontuação total do usuário assim como a quantidade de nutrientes e enviar para o cliente.

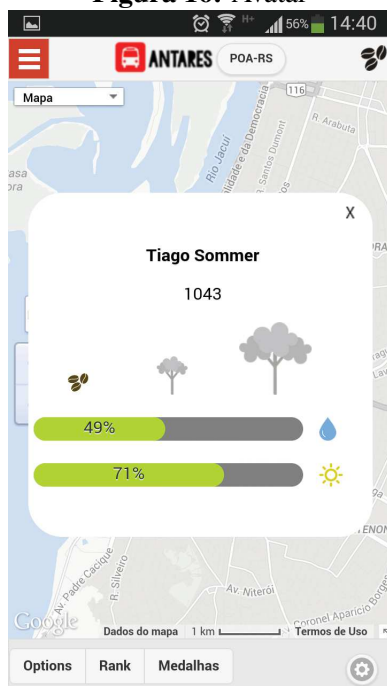
4.3.3 Outras funcionalidades

Nesta seção são comentadas as funcionalidades desenvolvidas que não envolvem diretamente *crowdsourcing* ou gamificação, porém são importantes para o funcionamento da ferramenta desenvolvida.

4.3.3.1 Login

Uma funcionalidade importante para o funcionamento do sistema é o login. Essa funcionalidade permite ao servidor reconhecer o usuário com quem está interagindo e atualizar as pontuações dele quando necessário. O login desenvolvido é realizado por uma conta de e-mail do gmail. Assim, quando o usuário clica no botão login da interface, o aplicativo direciona o

Figura 16: Avatar



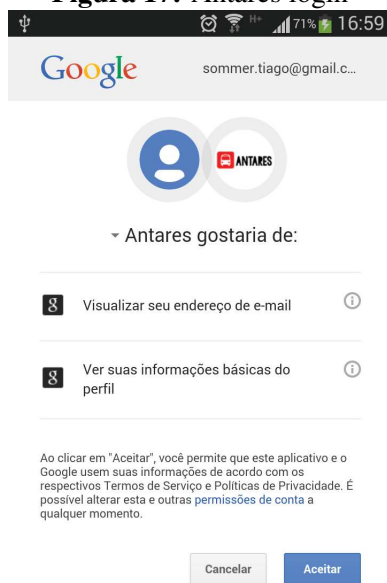
Fonte: Elaborado pelo autor

usuário para a página de login do gmail. Ao efetuar o login, lhe é perguntado se ele deseja permitir a utilização de seus dados. Aceitando, o usuário volta para a tela inicial do aplicativo. A partir deste momento, os dados do usuário ficam salvos no servidor e também no aplicativo; assim, quando o usuário entrar no aplicativo novamente, ele vai estar logado. A Figura 17 mostra a tela que é exibida para o usuário a qual ele pode permitir para a aplicação visualizar algumas de suas informações (como nome e e-mail).

A funcionalidade de login pelo gmail utiliza alguns serviços da Google. O cliente fica responsável, assim que o usuário aceita compartilhar suas informações, por gerar um código. Esse código deve ser enviado para uma url da Google que, por sua vez, gera um *token*. Esse *token* é enviado para o servidor e, através dele, pode requisitar para a Google as informações do usuário. Esse *token* gerado é válido por uma hora. Após esse tempo, o *token* não pode mais ser utilizado para ter acesso às informações do usuário, porém há uma opção de atualizar esse tempo se necessário. Como o servidor armazena os dados do cliente na base de dados, não é preciso atualizar o tempo do *token*, pois ele será utilizado apenas na primeira vez que o usuário se loga no sistema.

4.3.3.2 Linhas favoritas e pontos favoritos

Foram desenvolvidas funcionalidades para adicionar linhas de ônibus e pontos (endereços de origem e/ou destino) a uma lista de favoritos. Essas funcionalidades têm o propósito de auxiliar o usuário e facilitar a consulta de rotas e linhas de ônibus que lhe são mais importantes

Figura 17: Antares login

Fonte: Elaborado pelo autor

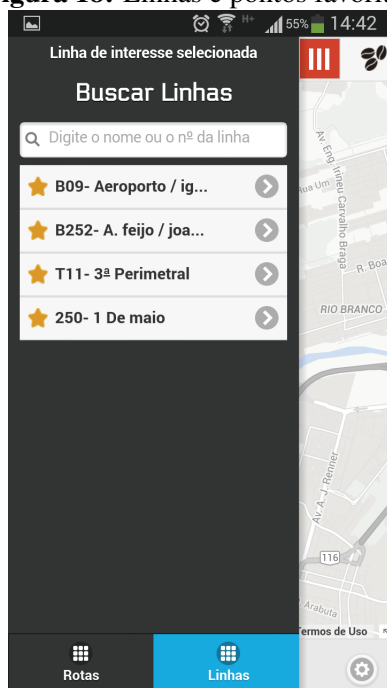
e recorrentes. Ao consultar uma linha de ônibus, o aplicativo exibe as informações como tabela de horários, as paradas de ônibus e o trajeto que a linha percorre. No entanto, o número de linhas cadastradas na base de dados é muito grande e o usuário pode demorar a encontrá-la. Para auxiliar o usuário a encontrar as linhas que ele deseja, há uma funcionalidade de filtro, que serve para encontrar as linhas pelo texto digitado pelo usuário. O filtro é uma funcionalidade útil para os usuários encontrarem suas linhas de interesse, porém o usuário teria que sempre adicionar um texto para encontrar a linha desejada. Dessa forma, para facilitar a busca, foi criada uma lista de linhas favoritas. Isso permite ao usuário adicionar as linhas mais importantes para ele e acessá-las de modo mais rápido e fácil.

Os pontos favoritos funcionam de maneira semelhante, mas se referem a pontos de origem e destino que o usuário utiliza para encontrar rotas. Essa funcionalidade permite ao usuário adicionar pontos de origem e destino e efetuar consultas de rotas mais rapidamente. As linhas e pontos favoritos possuem uma estrela laranja e aquelas que não são favoritas possuem estrelas cinzas. A Figura 18 mostra quatro linhas que foram adicionadas para a lista de favoritas e possuem a estrela laranja ao lado. Para o usuário adicionar uma linha ou ponto aos favoritos, ele deve clicar na estrela, quando cinza, para adicionar e, quando laranja, para retirar dos favoritos.

4.4 Cenário

Nesta seção, será descrito um cenário que tem como objetivo ilustrar como os usuários interagem com o aplicativo e que informações eles compartilham e recebem. Este cenário

Figura 18: Linhas e pontos favoritos



Fonte: Elaborado pelo autor

detalha a interação de três usuários fictícios: João, Maria e Ana.

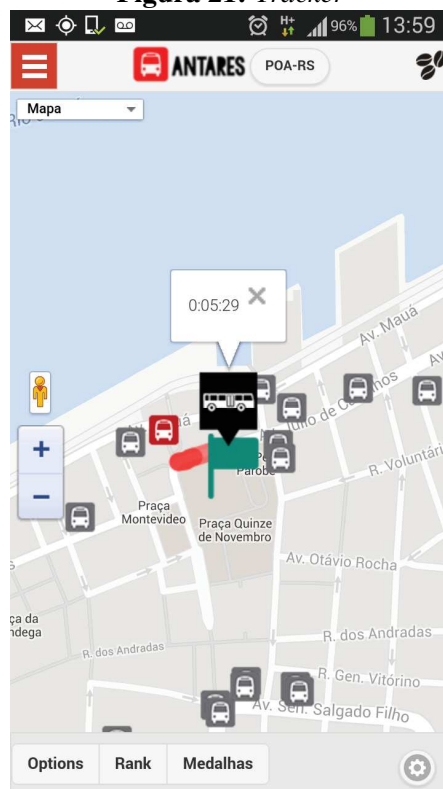
João inicia a interação pesquisando por uma rota no Antares e escolhe utilizar a linha 343 Campus/Ipiranga (Figura 19). João então se desloca para a sua parada de origem (parada A na Figura 19). Ao chegar no local, ele acessa novamente o aplicativo e seleciona a parada que se encontra, exibindo assim, todas as linhas de ônibus que passam pela parada selecionada (Figura 20). Ao chegar o ônibus na parada, João seleciona a linha 343 e utiliza a funcionalidade *tracker* do aplicativo, iniciando assim, o compartilhamento de informações do GPS para rastrear a rota do ônibus (Figura 21). Ao chegar no destino, o usuário para de rastrear o ônibus e termina sua interação com o aplicativo.

Maria pesquisa por uma rota no Antares e opta por utilizar a linha 353 Ipiranga / PUC (Figura 19). O aplicativo então calcula seu tempo de espera e o tempo de viagem. Devido às linhas 343 e 353 serem semelhantes e possuírem trechos em comum, alguns trechos rastreados por João podem também ser utilizados para os cálculos do tempo de espera e viagem da rota 353 para Maria. Assim, a previsão do tempo de espera de Maria é calculada a partir das informações compartilhadas por João. Ao chegar o ônibus, Maria, já com a parada selecionada (parada B na Figura 19), seleciona a linha 353, efetua um *check* e termina sua interação com o aplicativo.

Neste meio tempo, Ana, em outra parada de ônibus (parada C na Figura 19), pesquisa por uma rota e uma das opções retornadas é a linha 353. O tempo de viagem e espera retornados para Ana são baseados nas informações contribuídas por João (tempo de viagem) e pela informação de Maria (localização atual do ônibus).

Neste cenário, João utiliza o aplicativo antes de Maria e Ana, mas mesmo assim suas in-

Figura 21: Tracker



Fonte: Elaborado pelo autor

formações foram úteis para as duas usuárias. Maria, por sua vez, colaborou com informações para Ana, que também estava interessada na mesma linha de ônibus. Já Ana pode aproveitar as informações tanto de João quanto de Maria e poderia, dependendo de suas ações, compartilhar com informações para usuários subsequentes.

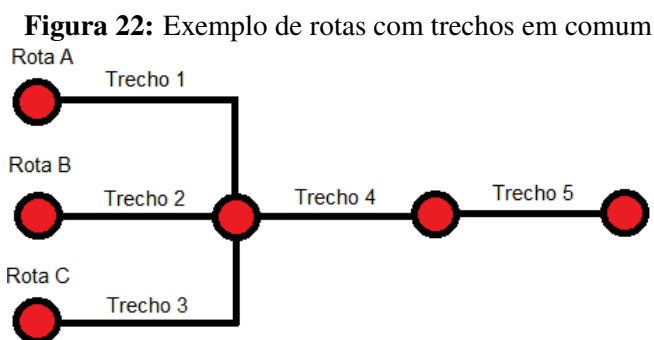
4.5 Modelagem da Base de Dados

Nesta seção é explicado como foi modelada a base de dados para o desenvolvimento das funcionalidades de *crowdsourcing* e gamificação.

Na base de dados utilizada, a qual modela o transporte público, estão contidas as informações das rotas dos ônibus. Cada rota de ônibus é formada por uma sequência de paradas que percorrem todo o trajeto do ônibus e também os pontos (latitude e longitude) que mostram o caminho entre uma parada e outra. Neste trabalho, a sequência de pontos que mostra um caminho (pontos sobre vias) entre duas paradas é chamada de **trecho**. Diferentes linhas de ônibus podem compartilhar os mesmos trechos.

A Figura 22 mostra três rotas de três diferentes linhas de ônibus: **A**, **B** e **C**. Cada rota é formada por vários trechos de viagem. Os pontos em vermelho são as paradas de ônibus e o trecho representa o caminho de uma parada até outra. A rota **A** é composta pelos trechos 1, 4 e 5. A rota **B** é composta pelos trechos 2, 4 e 5. E a rota **C** é composta pelos trechos 3, 4 e

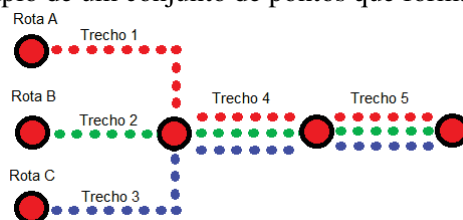
5. Neste exemplo, os trechos 4 e 5 são comuns entre as 3 rotas. Ao obter o tempo de viagem do trecho 4, por exemplo, é possível utilizar esse mesmo tempo para as rotas **A**, **B** e **C**. Dessa forma, é importante que a base de dados de um SIU identifique os trechos compartilhados entre diferentes rotas.



Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, a versão anterior da base de dados do Antares possuía as rotas dos ônibus cadastradas individualmente (cada linha de ônibus possuía uma rota diferente, mesmo que compartilhasse as mesmas paradas) e essas rotas eram representadas por um conjunto sequencial de pontos (latitude e longitude). A Figura 23 exibe um exemplo de pontos que formam uma rota de ônibus. Para formar a rota propriamente dita, são traçadas retas entre esses pontos. Na versão anterior do Antares, mesmo que houvesse duas ou mais linhas de ônibus que passassem pelos mesmos trechos, essas linhas teriam um conjunto diferente de pontos armazenados na base de dados. Isso dificultava o compartilhamento de informações entre diferentes linhas para os algoritmos de previsão de tempo de espera e duração da viagem, pois não era possível saber quais trechos são comuns entre as paradas de cada linha de ônibus.

Figura 23: Exemplo de um conjunto de pontos que forma uma rota de ônibus



Fonte: Elaborado pelo autor

Para resolver esta limitação, foi preciso remodelar, na base de dados, a tabela que armazena as informações sobre as rotas das linhas de ônibus. Essa remodelagem compreendeu: (i) separar as rotas das linhas em pequenos trechos (que vão de uma parada a outra), (ii) encontrar os trechos que são iguais, e (iii) criar uma tabela para armazenar os trechos, inserindo apenas trechos diferentes. Assim, a nova tabela de rotas é formada por trechos, facilitando assim, identificar trechos comuns entre as rotas para as previsões de tempos de chegada e espera.

A Figura 24 mostra a base de dados extendida do Antares para armazenar as informações enviadas pelos usuários. A tabela *contribuição* é utilizada para armazenar as contribuições feitas pelos usuários (por exemplo, um local diferente para uma parada, localização de um ônibus, pontos rastreados pelo *tracker*, entre outros). Cada informação que o usuário envia para o sistema é armazenada como uma contribuição. Essa tabela contém informações sobre qual usuário fez a contribuição e quando foi feita. Possui também uma referência para tabela *validação*. Essa tabela, por sua vez, contém informações sobre os votos de aceitação ou rejeição da informação. Essa tabela não está sendo utilizada atualmente, pois não se teve tempo suficiente para criar o sistema de votações. Porém, como será utilizada futuramente, já está inclusa na estrutura da base de dados. As tabelas *linhas_favoritas* e *pontos_favoritos* são responsáveis por armazenar, respectivamente, as informações das linhas e pontos favoritos dos usuários. Essa lista de favoritos é utilizada para que os usuários tenham acesso mais rápido às informações que ele requisita frequentemente, como, por exemplo, consulta de linhas e rotas de ônibus.

A tabela *parada_horarios* é a tabela utilizada para armazenar as informações do *check* (ver Seção 4.3.1.1) que contém informações da linha e parada de ônibus, a posição do usuário e o horário que o *check* foi efetuado. A tabela *rastreia_trechos* é utilizada para armazenar as informações da funcionalidade *tracker* (ver Seção 4.3.1.2) responsável por rastrear o trajeto do ônibus. Essas informações são o trecho que está sendo rastreado, a linha de ônibus, o tempo de viagem e a velocidade média. Essas informações são utilizadas para a previsão dos tempos de viagem e espera (ver Seção 4.6). A tabela *pontos_rastreados* contém as informações das posições GPS enviadas pelo usuário em todo o percurso do ônibus rastreado. Todas essas tabelas são referentes a gamificação e *crowdsourcing* desenvolvidos.

Na tabela *Linhas*, ficam armazenados os dados sobre as linhas de ônibus, como nome, número e comprimento. Na tabela *Paradas*, são armazenadas as informações das paradas de ônibus como sua localização. Na tabela *Servicos*, são armazenados os dados sobre as tabelas de horários dos ônibus. Na tabela *Trechos*, ficam as informações de cada trecho, como as paradas de origem e destino. Na tabela *Pontos_Trechos*, são armazenados os pontos do trajeto dos trechos contendo a posição de cada ponto e a ordem. Na tabela *Linhas_Trechos*, ficam as informações de quais trechos pertencem a quais linhas e as suas respectivas ordens. Por fim, temos a tabela *Usuário* que contém as informações sobre os usuários do sistema.

4.6 Estimativa dos tempos de espera e duração da viagem

Uma das informações mais importantes de um SIU é, através de uma origem e destino, providenciar uma rota de ônibus. Além disso, quando houver mais de uma opção de rota, a tomada de decisão do usuário vai depender do tempo de viagem e espera de ônibus para cada opção de rota.

A funcionalidade de rotas, utilizada no Antares, até agora continha apenas uma previsão de tempo simples, calculada pelo *OpenTripPlanner* (OTP, ver seção 2.3), baseada em uma

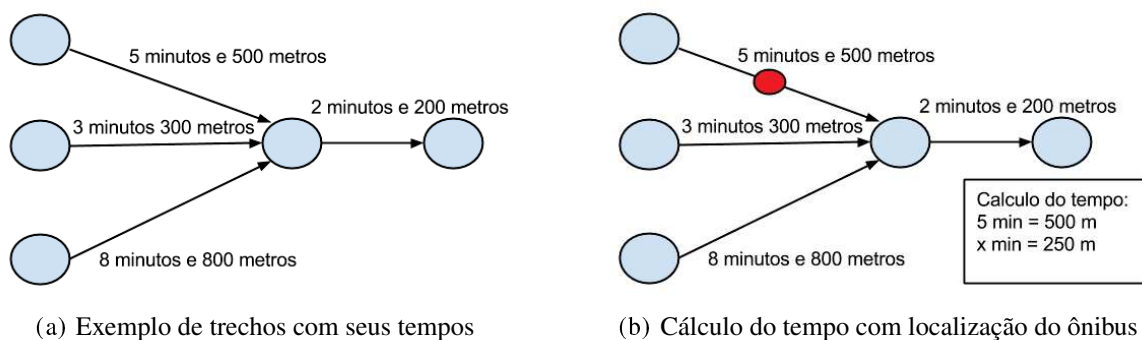
velocidade média fornecida por órgãos gestores (como EPTC) e nas tabelas de horários dos ônibus, o que não garantia uma boa precisão. Além do tempo de viagem, outra informação que é muito importante para qualquer SIU é o tempo de espera. Essa informação ainda não era disponibilizada pelo Antares. Então, para isso, foi desenvolvida uma funcionalidade para calcular o tempo previsto de espera e duração da viagem.

Essa funcionalidade calcula o tempo de espera e a duração da viagem de uma rota, através das informações de localização dos ônibus compartilhadas pelos usuários com o uso das funcionalidades de *tracker* (Seção 4.3.1.2) e do *check* (Seção 4.3.1.1). Essas funcionalidades utilizam o GPS, pois considera-se que os ônibus não possuem GPS. Em caso de ônibus que possuem GPS, é possível que os usuários possam ajudar a corrigir informações do único aparelho do ônibus.

Para que o usuário tenha acesso às informações de tempo de espera e viagem, ele deve efetuar uma busca de uma rota de ônibus. Para tanto, ele deve selecionar uma origem e um destino e o OTP (ver Seção 2.3) busca as melhores rotas. Ao buscar uma rota de ônibus, o sistema retorna, na maioria dos casos, cinco possíveis respostas. O servidor então fica responsável por calcular os tempos de cada opção. O tempo de espera pode ser calculado de várias formas, pois depende de quais informações estão disponíveis no momento em que a consulta foi realizada.

Cada trecho de linha de ônibus possui um tempo de percurso associado a ele. Esse tempo é obtido através das funcionalidades de *tracker* e *check*. Cada vez que o usuário rastreia um ônibus, o sistema guarda o tempo do trecho quando o ônibus chegar na parada destino desse trecho. Assim, quando o sistema precisar calcular o tempo de viagem, ele precisa apenas somar os tempos de cada trecho que compõe a rota do usuário que está entre a sua parada de origem e sua parada de destino. A base de dados guarda todos os tempos e o sistema para o cálculo da duração da viagem obterá o tempo mais recente. A Figura 25(a) ilustra trechos simples entre paradas de ônibus, os quais já foram rastreados e, assim, possuem os tempos de viagem e a distância de cada trecho.

Figura 25: Exemplo de trechos



Fonte: Elaborado pelo autor

Por outro lado, o tempo de espera corresponde a soma dos tempos de cada trecho entre a parada que o usuário se encontra e a localização do ônibus. Como o ônibus pode estar no

meio de um trecho, algum cálculo adicional deve ser realizado para considerar apenas a parte do trecho a ser ainda percorrida pelo ônibus. A Figura 25(b) ilustra alguns trechos com seus tempos e a posição do ônibus (bola vermelha). Para o trecho que o ônibus se encontra, o tempo de viagem é calculado baseado no tempo de viagem registrado no trecho (5 minutos) e na distância total do trecho (500 metros). Supondo que o ônibus esteja na metade do trecho, ou seja, faltam 250 metros, é preciso calcular o tempo de viagem nesse trecho para 250 metros. Através de uma regra de três se obtém que é preciso 2,5 minutos para percorrer os 250 metros restantes.

Um outro caso é quando não há ninguém rastreando a linha de interesse, mas há *checks*. Neste caso, os *checks* são utilizados para saber a posição atual, ou ao menos próxima, em que o ônibus se encontra e, desta forma, obter-se uma melhor precisão.

Caso não se tenha disponível dados nem do *tracker* e nem dos *checks*, não é possível saber a localização atual do ônibus e, por isso, o servidor obtém os tempos de viagem de cada trecho desde o início da linha até a parada de embarque do usuário para calcular o tempo de espera. Essa previsão também utiliza os tempos de viagem dos trechos rastreados, porém a precisão é melhor quando se tem a posição atual do ônibus (*tracker* ou *checks*). Já o tempo de viagem é calculado da mesma forma que o tempo de espera: é necessário saber a parada de origem e destino e somar os tempos de viagem de cada trecho que forma o trajeto.

Figura 26: Rotas sugeridas



Fonte: Elaborado pelo autor

Na interface, o usuário visualiza os tempos estimados de viagem e espera, como mostrado na Figura 26. O tempo de viagem é simbolizado por um relógio, enquanto que o tempo de espera é identificado por uma ampulheta. O ícone da ampulheta pode ser de duas cores: cinza

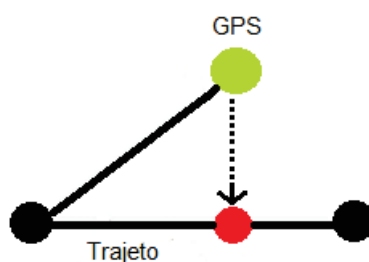
ou dourado. Quando o tempo de espera não é muito preciso, ou seja, quando a previsão é baseada apenas em dados históricos ou tempo médio passado pelas empresas permissionárias, é utilizado o ícone da ampulheta cinza; quando há informações temporais (provenientes das funcionalidades de *check* e *tracker*) para as previsões, é mostrada a ampulheta dourada. Outra funcionalidade desenvolvida na interface foi decrescer o tempo de espera a cada segundo. Quando o tempo de espera chega em zero, o tempo de viagem também começa a decrescer. Esses tempos decrescem para o usuário poder acompanhar quanto tempo de espera ainda falta para o ônibus e também para o tempo de viagem.

4.6.1 Algoritmo de rastreamento

Um dos objetivos buscados com o sistema de *crowdsourcing* e gamificação proposto é prever os tempos de espera e chegada, através das posições (latitude e longitude) obtidas com o GPS dos dispositivos móveis e do sistema de *checks* e *tracker* (ver Seção 4.3). Essas posições, obtidas pelo componente GPS dos dispositivos, podem conter erros. Para corrigir os erros gerados pelo GPS foi desenvolvido um algoritmo rastreador. O rastreador realiza um cálculo, chamado de projeção vetorial empregada em (OLIVEIRA et al., 2013), que permite projetar um ponto (no caso, localização do ônibus obtida pelo GPS do smartphone do usuário) a uma reta (a avenida mais próxima).

Como os usuários indicam a linha a ser monitorada no momento que começa o rastreamento, é possível obter as posições de latitude e longitude, disponibilizadas pelo GPS do *smartphone* do usuário, através do aplicativo cliente do Antares, e re-posicioná-las dentro da rota esperada da linha. Com isso, é possível melhorar a precisão das posições obtidas pelo GPS e também melhorar as previsões de tempos de espera e chegada. A Figura 27 mostra os pontos de um trajeto (bolas pretas) e o ponto obtido pelo GPS (bola verde). Nesta situação, percebe-se que a posição obtida não se encontra sobre a rota esperada e, por isso, é necessário corrigi-la (bola vermelha). A projeção vetorial permite encontrar a projeção de um ponto sobre um vetor; este vetor é formado por uma reta entre os pontos do trajeto (bolas pretas). O resultado obtido da projeção vetorial é o ponto dentro da rota esperada (mostrada na Figura 27 pela bola vermelha).

Figura 27: Exemplo de uma projeção vetorial



Fonte: Elaborado pelo autor

O Algoritmo 1 mostra a execução simplificada do rastreamento das posições GPS. A itera-

ção é feita na lista de pontos que formam o trajeto do ônibus; após, são montados dois vetores. Um vetor é formado pelas primeiras duas posições do trajeto e o outro vetor é formado pela primeira posição do trajeto e pela posição do GPS. Esses vetores são utilizados para o cálculo da projeção vetorial que retorna um ponto (bola vermelha da Figura 27). Após, é verificado se o ponto é válido (verificando se esse ponto está sobre a linha que liga as bolas pretas da Figura 27). Em caso positivo, o ponto é retornado; caso contrário, são montados vetores para os próximos pontos da rota até encontrar a projeção correta para a posição GPS fornecida.

Algoritmo 1: Pseudo-código do algoritmo de rastreamento

```

1 while ( naoEncontraPontoValido ) {
2     montaProximoVetorComPosicaoDaRota ( );
3     montaProximoVetorComGPS ( );
4     calculaProjecaoVetorial ( );
5     if ( projecaoValida ( ) ) {
6         retorna pontoArrumado ;
7     }
8 }

```

4.6.2 Cálculo do tempo do trecho

No Algoritmo 2, é exibido o pseudo-código do algoritmo responsável por atualizar os tempos de viagem. O algoritmo calcula e guarda no banco de dados o tempo de cada trecho no mesmo momento que o usuário o rastreia (*tracker*).

Primeiramente, o algoritmo encontra o trecho que está sendo rastreado. Esse trecho é encontrado através de uma consulta na base de dados utilizando a parada e linha de ônibus selecionadas pelo usuário. Após, verifica se essa posição está próxima da parada de destino deste trecho; em caso positivo, o servidor considera que o usuário acabou de rastrear um trecho. Quando um trecho é concluído, o servidor adiciona a pontuação para o usuário e calcula o tempo de viagem subtraindo os tempos de início e fim do trecho e, assim, insere o tempo de viagem do trecho no banco de dados. Os tempos de viagem de cada trecho são salvos separadamente, então, quando dois ou mais usuários rastreiam os mesmos trechos, são armazenados os dois tempos separadamente sem interferir os dados de um usuário com outro. Esse tempo de viagem fica armazenado na base de dados e pode ser utilizado futuramente para estimar tempos de viagem de outras linhas que possuem esse mesmo trecho.

Algoritmo 2: Pseudo-código do algoritmo do tempo do trecho

```

1 encontraTrechoRastreado ( ) {
2     if ( fimDeTrecho ( ) ) {
3         adicionarPontuacaoAoUsuario ( );
4         adicionarTempoDeViagemDoTrecho ( );

```



```

5 |         }
6 |     }

```

4.6.3 Cálculo da duração de viagem

No Algoritmo 3, é exibido o pseudo-código do algoritmo responsável por calcular a duração de viagem, que será retornada para o usuário.

Algoritmo 3: Pseudo-código do algoritmo do tempo de viagem

```

1  calculaTempoDeViagem () {
2      while (paradaCorrente != paradaDestino) {
3          trecho = getProximoTrecho ();
4          tempoTotal = tempoTotal + trecho.getTempo ();
5          paradaCorrente = proximaParada ();
6      }
7      retorna tempoTotal;
8  }
9  encontraTrechoRastreado () {
10     if (fimDeTrecho ()) {
11         adicionarPontuacaoAoUsuario ();
12         adicionarTempoDeViagemDoTrecho ();
13         calculaTempoDeViagem ();
14         retorna tempoDeViagem;
15     }
16     else {
17         encontraPosicaoDoPontoNoTrecho ();
18         calculaTempoDeViagem ();
19         retorna tempoDeViagem;
20     }
21 }

```

A função **calculaTempoDeViagem()** itera sobre o número de trechos da rota. Ela inicia a iteração pelo primeiro trecho e termina no trecho que contém a parada de destino. A Figura 28 mostra um exemplo de uma linha com as paradas de origem, intermediárias e de destino e os trechos entre as paradas. Neste caso, a iteração começaria no trecho um e terminaria no trecho onze. Ao se somar todos os tempos de viagem dos trechos, é formado o tempo total de viagem.

Essa função é utilizada em duas ocasiões, quando o usuário busca por uma rota e quando o usuário utiliza o *tracker*. Quando o usuário busca por uma rota, o sistema verifica as paradas de origem e destino (de cada rota) e então utiliza a função **calculaTempoDeViagem()** para

4.6.4 Cálculo do tempo de espera

O Algoritmo 4 mostra o algoritmo responsável por efetuar o cálculo do tempo de espera para o usuário.

O tempo de espera pode ser calculado de diferentes formas. Quando há usuários rastreando uma linha de ônibus, o algoritmo valida cada um desses rastreamentos excluindo os que estão em trechos na frente da origem do usuário, ou seja, elimina as informações de ônibus que já passaram pela parada onde o usuário se encontra. Após filtrar as informações que podem ser utilizadas para prever o tempo, o algoritmo atualiza a origem do ônibus pela informação GPS na base de dados e então calcula o tempo de viagem do ônibus dessa posição até a origem do usuário. Quando a posição do ônibus se encontra dentro de algum trecho é utilizado o cálculo de regra de três, levando em conta a distância total do trecho e o tempo de viagem armazenado na base de dados, sendo então encontrado o tempo de viagem para a distância entre a posição do ônibus e o fim do trecho. Somando este tempo com os tempos de viagem dos outros trechos até o usuário, forma-se o tempo de espera do ônibus.

Caso não haja nenhum usuário rastreando a linha desejada, o algoritmo procura por *checks*. Da mesma forma, o algoritmo elimina os *checks* que foram efetuados em paradas que estão na frente da parada de origem do usuário que, obviamente, não podem ser utilizados para a previsão do tempo de espera. Havendo *checks* úteis, o algoritmo escolhe o *check* mais recente e atualiza a origem do ônibus para a parada onde o *check* foi efetuado. Assim, o algoritmo calcula o tempo de viagem entre a localização do ônibus até a parada de origem do usuário, formando assim, o tempo de espera.

Algoritmo 4: Pseudo código do algoritmo do tempo de espera

```

1  calculaTempoDeEspera () {
2      if ( existeUsuarioRastreando () ) {
3          validaRastreamento ();
4          atualizaOrigemPelaPosicaoDoOnibus ();
5          tempoEspera = calculaTempoDeViagem ();
6      }
7      else if ( existeCheckUtil () ) {
8          atualizaOrigemPelaParadaDoCheck ();
9          tempoEspera = calculaTempoDeViagem ();
10     }
11 }

```

4.6.5 Considerações Finais sobre o Trabalho Desenvolvido

Neste capítulo foi descrito o trabalho desenvolvido. Mais especificamente, foram descritos como a implementação do sistema foi realizada e quais funcionalidades foram desenvolvidas. Para um entendimento melhor das funcionalidades, também foi descrito um cenário o qual apresentava a interação de três usuários fictícios que utilizavam as funcionalidades desenvolvidas e compartilhavam informações entre eles e o sistema. Também foi comentado quais as modificações na base de dados foram necessárias para armazenar as informações coletadas com as funcionalidades desenvolvidas (*check e tracker*). Finalmente, foi descrito como foram implementados os algoritmos responsáveis pelos cálculos de tempo que são exibidos para os usuários quando utilizam o sistema.

5 ESTUDO DE CASO: INTEGRAÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO COM O SIU ANTARES

Neste capítulo será descrito como o trabalho desenvolvido foi integrado ao SIU Antares a fim de teste do sistema e das funcionalidades desenvolvidas. Essas funcionalidades foram desenvolvidas tanto na interface, responsável pela interação dos usuários, quanto no servidor, responsável pelas consultas e atualizações de dados.

Assim como o trabalho desenvolvido foi integrado ao Antares, ele pode ser integrado à qualquer outro SIU que possua uma arquitetura cliente servidor, com capacidade de fornecer rotas e com uma base de dados com as informações das linhas, paradas, trechos e os pontos (latitude e longitude) que formam os trajetos entre os trechos. O Antares foi escolhido pois está estruturado numa arquitetura cliente servidor e também porque foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do PIPCA e orientado pela professora Patrícia.

Esse capítulo encontra-se organizado como segue. Na seção 5.1, é mostrada a nova arquitetura do Antares, já integrada com o modelo de *crowdsourcing* e gamificação proposto. Na seção 5.2 é descrito como foram importados os dados sobre o transporte público para a cidade de Canoas-RS.

5.1 Arquitetura do Antares

Como explicado anteriormente, o SIU Antares foi utilizado como estudo de caso para o trabalho desenvolvido. Dessa forma, nessa seção é descrita sua arquitetura de software e também como o modelo de gamificação desenvolvido foi integrado a este. Como o Antares segue uma arquitetura geral de SIU, essa descrição de integração serve igualmente para ilustrar como o modelo de gamificação proposto pode ser combinado a outros SIUs.

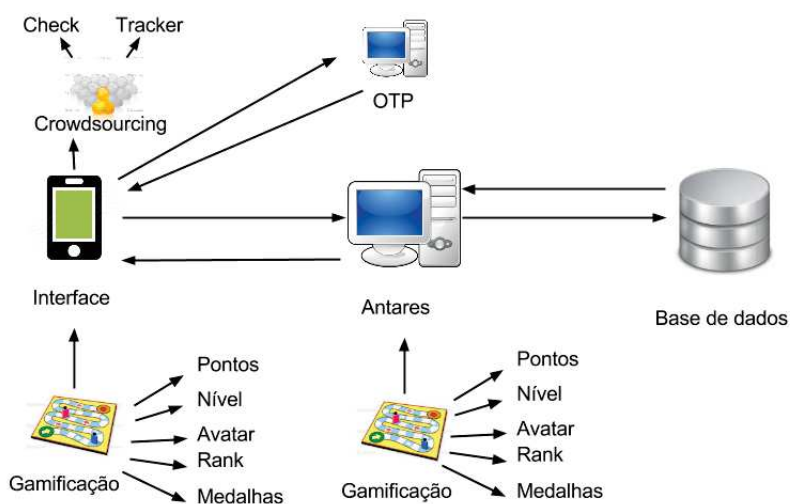
A arquitetura de software do SIU Antares, com a adição da gamificação, pode ser visualizada na Figura 29. Essa figura mostra a estrutura geral do Antares que está dividida em cliente, servidor e base de dados. Na parte do servidor há dois *web services*: (i) o OTP, responsável pelas consultas de rotas, e o (ii) *web service* do Antares, responsável por retornar as informações contidas na base de dados. Na parte da base de dados estão armazenadas as informações de transporte público da cidade de Porto Alegre e Canoas. Na parte do cliente, há apenas a interface web, que é responsável por requisitar as informações aos servidores (*web service* do Antares ou o *web service* do OTP). A interface também é responsável por interpretar as respostas do *web service* do Antares e do *web service* do OTP e exibir as informações em um mapa.

A gamificação foi desenvolvida no cliente e é responsável por exibir os elementos de jogos incluídos no trabalho. Esses elementos incluem as medalhas, pontos, avatar, entre outras informações, e também é responsável pela interação do usuário com o sistema para o compartilhamento de dados (*crowdsourcing*) como, por exemplo, o GPS. O cliente também é res-

ponsável por enviar as informações para o servidor que, por sua vez, armazena-as na base de dados. A gamificação inserida no cliente é apenas para exibir as informações para o usuário. Já o *crowdsourcing* possui as duas funcionalidades (*check* e *tracker*) responsáveis por prover as informações, como posição do ônibus e tempos de viagem. Ao utilizar essas funcionalidades, o cliente envia informações para o servidor. Ao receber essas informações, o servidor fica responsável por calcular a pontuação que o usuário recebe e então o servidor atualiza essa informação na base de dados. Ao atualizar a pontuação do usuário, são atualizados ao mesmo tempo o nível, avatar e *rank* do usuário. As medalhas não são calculadas pela pontuação e sim pelo número de vezes que a funcionalidade *check* for utilizada e pela distância rastreada no caso do *tracker*.

O módulo de gamificação trabalha diretamente com a base de dados, inserindo novos dados, consultando dados, etc e, por essa razão, foi desenvolvida no *web service* do Antares que tem acesso direto à base de dados. A base de dados do Antares foi utilizada, porém os novos dados compartilhados pelos usuários não serão imediatamente atualizados na base de dados. Em um primeiro momento, os novos dados serão armazenados em uma base de dados auxiliar (ver Seção 4.5). Esses novos dados serão inseridos na base de dados apenas após serem validados por outros usuários. A validação já está estruturada na base dados, porém ainda não está sendo utilizada pela aplicação.

Figura 29: Estrutura do Antares com a gamificação



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Importação dos dados de Canoas

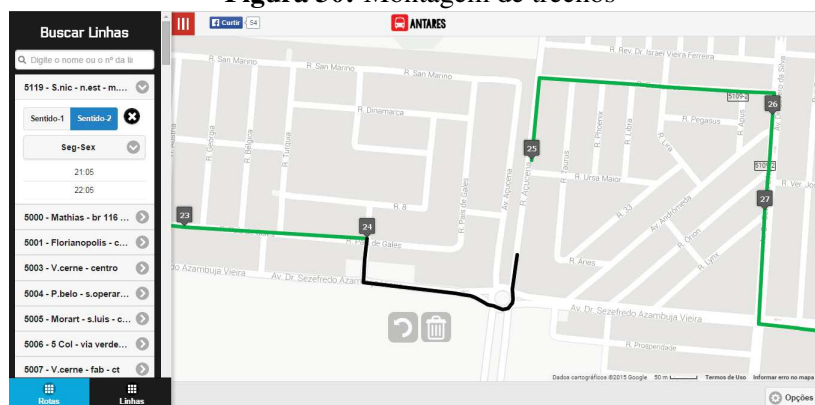
Até o momento, apenas os dados da cidade de Porto Alegre estavam contidos na base de dados do Antares. A principal dificuldade de adicionar suporte para outras cidades é obter os dados referente às linhas e rotas dos ônibus. Para isso, se entrou em contato com as prefeituras de algumas cidades, tendo sido obtido retorno da Secretaria Municipal de Transportes e

Mobilidade da Prefeitura Municipal de Canoas.

Os dados da cidade de Canoas continham informações sobre as linhas de ônibus e suas paradas e as ordens que são percorridas pelo trajeto, porém não continham as informações das rotas dos ônibus, ou seja, os pontos (latitude e longitude) entre cada parada de ônibus. Sem essas informações, várias funcionalidades não iriam operar, incluindo a consulta de rotas. Por esse motivo, quando os dados foram obtidos, não puderam ser utilizados. Porém, com o desenvolvimento do TCC de Thiago P. Konrad (ainda em andamento), também orientado pela professora Patrícia Jaques, foi possível adicionar os trechos entre as paradas de ônibus. O objetivo desse TCC é desenvolver funcionalidades com *crowdsourcing* para que os usuários possam corrigir possíveis erros nos dados, por exemplo, os trechos (trajeto de uma linha entre duas paradas próximas). Com a utilização dessa ferramenta, foi possível inserir os trechos. Possivelmente, alguns trechos podem estar incorretos, ou seja, o trajeto armazenado na base de dados não é o mesmo percorrido pelo ônibus, porém esse erro pode ser desprezível e não ter influência forte nas previsões de tempo.

A Figura 30 demonstra como um trecho é adicionado. As linhas verdes representam trechos já montados ou trechos que foram inseridos em outras linhas e que podem ser aproveitados. É importante ter em conta que várias linhas podem passar por um mesmo trecho entre duas paradas subsequentes, assim, se um trecho já foi inserido para uma linha, ele pode ser recuperado para as outras. Os números representam a ordem de cada parada na linha de ônibus. A linha preta representa o trecho sendo montado, o qual se torna verde ao chegar na parada de destino. Os trechos são montados através de vários cliques dos usuários no mapa. Outra informação importante que ainda faltava eram as tabelas de horários dos ônibus. No entanto, infelizmente, a secretaria de transporte de Canoas não tinha como disponibilizar esses dados no momento e, por essa razão, os dados foram obtidos manualmente do site da prefeitura de Canoas. Ao completar a base de dados com as informações obrigatórias, foi desenvolvido um novo *script* para gerar o arquivo GTFS da cidade de Canoas.

Figura 30: Montagem de trechos

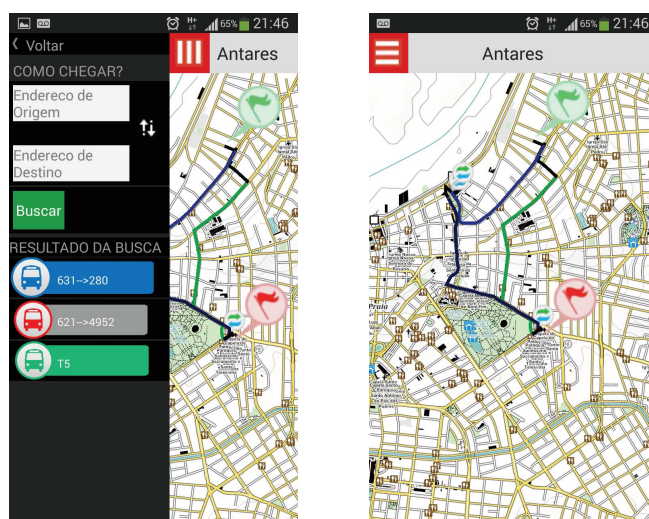


Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Protótipo cliente para Android

Foi também desenvolvida uma versão protótipo do Antares para Android. As vantagens de uma aplicação para *smartphones* é a utilização do GPS, essencial para as previsões de tempo e também para permitir aos usuários consultar informações sobre o transporte público, como opções de rotas de ônibus e tabela de horários, em qualquer lugar. Para essa versão móvel, foram implementadas algumas funcionalidades básicas, como a busca de rotas entre uma origem e um destino e a consulta de itinerários. Um exemplo de busca por rota pode ser visto nas Figuras 31(a) e 31(b). A Figura 31(a) mostra o resultado de uma busca de rota, assim como um menu com as opções de rotas retornadas. Já a Figura 31(b) mostra apenas o resultado da busca com duas opções de rotas selecionadas do menu e exibidas no mapa. Essa versão desenvolvida para Android possui uma limitação. Foi utilizado um mapa *off-line*, no caso o OpenStreetMaps (OPENSTREETMAPS, 2014), pois assim não ficaria dependente de redes wi-fi ou 3G. Porém, desta forma, o aplicativo não pode utilizar um serviço oferecido pela Google e disponibilizado na versão web do Antares, que é o *autocomplete* de endereços. O usuário fica impossibilitado de buscar uma origem ou um destino por um endereço, sendo possível apenas selecionar a origem e o destino ao clicar no mapa. Esse problema pode ser resolvido ao utilizar o Google Maps, assim como a versão web do Antares, porém, desta forma, não terá a opção *off-line*. Por essa razão, o mapa *off-line*, usado até o momento, será trocado pelo mapa do Google Maps, pois oferece serviços, como o *autocomplete* de endereços, muito importantes para o Antares.

Figura 31: Imagens do aplicativo do Antares para Android



(a) Resultado da busca mostrando o menu

(b) Resultado da busca sem o menu

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4 Testes das funcionalidades

Os testes mais complexos de serem realizados foram os que envolviam o uso de GPS, ou seja, o *check* e o *tracker*. Para realizar os testes, foi preciso utilizar um *smartphone* com GPS. Além disso, foi preciso um ambiente mais realístico e próximo de uma rota de ônibus para testar a precisão do GPS e da internet 3G. Para testar tanto o rastreador como o *check*, tanto no cliente quanto no servidor, foi montada a linha circular da Unisinos. Essa linha é composta por cinco paradas de ônibus, sendo uma na estação de trem e as outras quatro paradas no campus da universidade. As posições de cada parada de ônibus foram obtidas por GPS e ao mesmo tempo serviu para testar a funcionalidade do *check*. A Figura 32 mostra um teste na linha circular que exhibe as paradas de ônibus, o marcador da posição do ônibus e a linha vermelha que mostra o trajeto percorrido. Estes testes serviram para verificar a precisão das posições GPS obtidas e dos possíveis erros da rede 3G. Não foi armazenado o número de erros ocasionados pela rede 3G, porém, em todos os testes realizados, a rede 3G não falhou a ponto de perder muitos pontos e gerando assim, trechos em linha reta. Apesar de existirem erros no envio de algumas posições, ou seja, que não chegam ao servidor, ainda há posições suficientes para exibir a rota com precisão.

Figura 32: Circular - Unisinos



Fonte: Elaborado pelo autor

5.5 Considerações Finais sobre o Estudo de Caso

Neste capítulo foi descrita a arquitetura do SIU Antares, suas características e como foram integradas as funcionalidades de *crowdsourcing* e gamificação. Também foi descrito como novas informações foram adicionadas na base de dados do Antares (Canoas - RS) e como foram realizados os testes das funcionalidades que envolviam o uso de GPS, o qual era essencial para o funcionamento das funcionalidades *check* e *tracker*.

6 AVALIAÇÃO

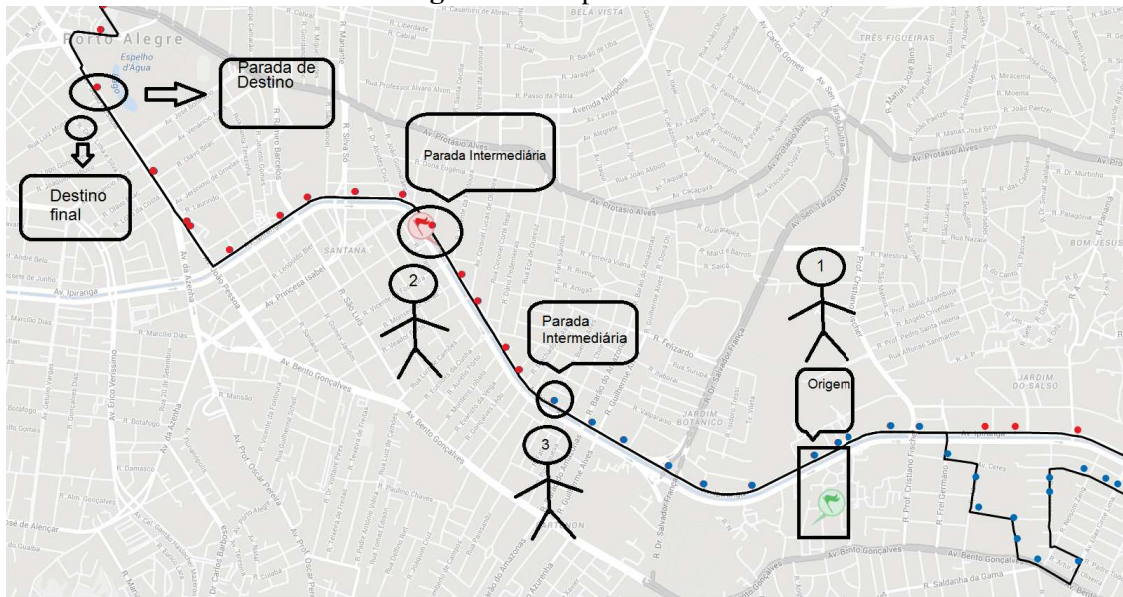
Este capítulo apresenta como o trabalho desenvolvido foi avaliado. O principal objetivo da avaliação foi verificar se era possível obter informações dos usuários, através do *crowdsourcing*, para atualizar a base de dados do transporte público e se com o uso de gamificação era possível motivar os usuários a participarem mais do sistema. Em um cenário ideal, para avaliar se a gamificação motivou mais a participação dos usuários, são realizadas avaliações experimentais em que dois grupos de usuários utilizam versões diferentes do sistema: o grupo de controle usa a versão sem gamificação e o grupo experimental emprega a versão gamificada. Porém, um limitante desse tipo de avaliação é que deve se garantir que um grupo de usuários interaja com uma versão reduzida do sistema. Uma forma possível de limitar isso seria determinar que os usuários de uma cidade (por exemplo, Canoas) usariam a versão reduzida e usuários de outra cidade (por exemplo, Porto Alegre) empregariam a versão completa. No entanto, embora o grupo já tivesse os dados de Porto Alegre, os dados iniciais de uma outra cidade não foram obtidos. Dessa forma, não foi possível realizar esse tipo de avaliação.

Um exemplo de avaliação de gamificação pode ser vista em (THOM; MILLEN; DIMICCO, 2012), onde são feitos testes de seu sistema por um período com a gamificação e, depois de um tempo, a gamificação foi removida. Desta forma, foi percebido uma grande redução na participação por parte dos usuários. Outra abordagem, vista em (LI; GROSSMAN; FITZMAURICE, 2012), foi aplicar testes no sistema com e sem gamificação, o qual concluiu que a versão gamificada era mais divertida de utilizar. Conforme explicado anteriormente, devido à falta de tempo, nenhuma avaliação semelhante a essas pode ser realizada e, por essa razão, foram utilizados questionários e *think aloud* (Apêndice C elaborado por alunos de psicologia Bruno Luis Schaab e Michael Q. Duarte).

A primeira avaliação realizada foi qualitativa, seguindo o método *Think Aloud*. O *Think Aloud* é um método em que um participante verbaliza seus pensamentos em relação a alguma atividade, no caso, enquanto utilizando a interface gamificada do Antares em seu próprio *smartphone*; estes pensamentos são gravados (áudio, texto, etc) por um psicólogo. (VAN SOMEREN et al., 1994). No experimento, dois usuários foram posicionados em paradas de ônibus (na cidade de Porto Alegre), previamente selecionadas, e foram acompanhados cada um por um graduando de psicologia que ficou responsável por anotar as verbalizações dos usuários enquanto utilizavam o aplicativo. Para avaliar o trabalho, foi gerado um roteiro com as ações que cada usuário deveria fazer. A Figura 33 exibe o mapa da cidade de Porto Alegre, onde foram realizados os experimentos, com indicações sobre as paradas de origem e destino. A Figura 34 informa os endereços de origem e destino de cada usuário e as ações que eles deveriam realizar.

O experimento se mostrou impróprio para os usuários por envolver alguns aspectos de custo financeiro (o custo da passagem de ônibus e mais custos do deslocamento até as paradas agendadas no roteiro), tempo e também limitações de tecnologia (aplicativo só funcionava para Android). Assim, apenas três usuários se voluntariaram para o experimento.

Figura 33: Mapa do roteiro

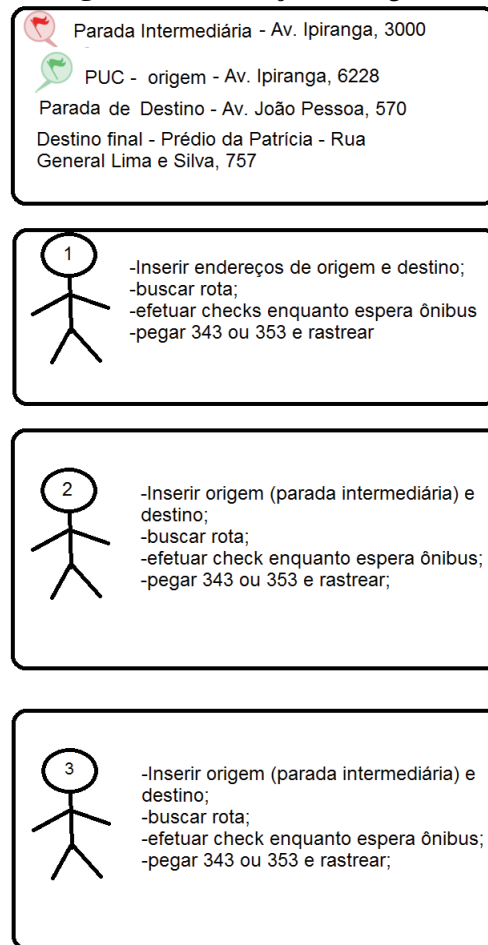


Fonte: Elaborado pelo autor

O experimento foi realizado dia 21 de fevereiro e os três voluntários foram posicionados nas paradas definidas no roteiro. No total participaram cinco pessoas, sendo três voluntários para o experimento e dois alunos de psicologia que acompanharam dois desses voluntários a fim de realizar o *think aloud*. Os três voluntários deveriam efetuar *checks* enquanto aguardavam o ônibus e usar o *tracker* quando seu ônibus chegasse. Porém, devido a problemas da rede 3G dois usuários não conseguiram carregar as informações necessárias para efetuar o *tracker* a tempo e assim apenas um usuário obteve sucesso em rastrear a rota do ônibus.

Durante o experimento, os graduandos em psicologia fizeram anotações sobre as opiniões e pensamentos dos usuários em relação às interações com o aplicativo. Após, as informações foram analisadas através do método de Análise de Conteúdo pelos graduandos em Psicologia. Os resultados mostraram que a interface do Antares ainda precisa ser melhorada em relação a alguns aspectos de usabilidade. Algumas funcionalidades não estavam intuitivas o suficiente para o usuário e os nomes das funcionalidades também poderiam ser melhorados para facilitar o seu entendimento pelo usuário. Também foi constatado que um dos usuários demonstrou grande motivação na gamificação ao expor sua opinião de que gostaria de subir no *rank* do aplicativo.

Devido ao baixo número de voluntários no experimento qualitativo anterior, decidiu-se realizar um segundo experimento quantitativo. Foi criado um vídeo da utilização do aplicativo para, a partir desse vídeo, verificar a opinião dos usuários que não puderam participar do experimento. O vídeo foi gerado a partir de várias imagens que foram obtidas durante o uso da aplicação (o vídeo não foi gravado por limitações de *hardware* de *smartphones* com o sistema operacional Android). Para avaliar a opinião dos usuários, foram utilizados dois questionários. O pré-questionário foi aplicado antes do experimento (ou antes de ver o vídeo) e o pós-questionário foi aplicado depois do experimento (ou depois de ver o vídeo). Esses questio-

Figura 34: Endereços de origem e destino do roteiro

Fonte: Elaborado pelo autor

nários eram compostos por questões fechadas. Questões fechadas possuem opções de resposta, as quais os usuários devem escolher uma. Para as questões fechadas, foi utilizada a escala likert. (LIKERT, 1932). A escala likert é composta por questões com afirmações favoráveis e desfavoráveis sobre um assunto pesquisado e é entregue para um grupo de pessoas. Eles devem responder a cada questão, escolhendo uma afirmação, o quanto eles concordam ou discordam da questão. Tipicamente, o usuário tem cinco opções de respostas: concordo fortemente, concordo, indeciso, discordo e discordo fortemente. A cada uma dessas respostas é atribuído um valor, onde as respostas mais favoráveis têm maior valor que as desfavoráveis. Ao combinar as respostas dos usuários, eles são separados por suas pontuações, onde usuários mais favoráveis terão mais pontos. (GLIEM; GLIEM, 2003).

O pré-questionário foi aplicado para verificar a opinião dos usuários sobre o quão dispostos estariam em compartilhar com informações para o transporte público, antes deles verificarem o sistema e a gamificação. Em (VIEIRA et al., 2012) também foi utilizado um pré-questionário com o objetivo de verificar o quão dispostos os usuários estariam em compartilhar caronas e através dele foi concluído que o sistema necessitava de gamificação. O pós-questionário foi

aplicado após os usuários assistirem o vídeo sobre o sistema gamificado. Além das questões fechadas, o pós-questionário continha igualmente algumas questões abertas onde o usuário poderia opinar livremente.

Os resultados dos questionários podem ser visualizados nas Tabelas 3 e 4. No total, 23 pessoas responderam aos questionários. O objetivo do pré-questionário era verificar a disponibilidade dos usuários em compartilhar com informações sobre transporte público. As questões de 1 a 3 do pré-questionário (Apêndice B) eram referentes ao compartilhamento de informações. Na Tabela 3, pode-se notar que os usuários têm opiniões favoráveis quanto a compartilhar com informações, pois a média obtida para as três questões foi maior que quatro (foi usada escala *likert* que vai de 1 a 5). Isso implica que os usuários possuem uma motivação intrínseca de ajudar a melhorar o transporte público. A quarta questão era referente à frequência em que o usuário utiliza o transporte público. Ao analisar a média das respostas para essa questão, percebeu-se que grande parte dos usuários não utiliza muito o transporte público, mas mesmo assim tem interesse em auxiliar o transporte público com informações.

Tabela 3: Resultados do pré-questionário do vídeo

	Média	Desvio padrão
1)	4,417	0,717
2)	4,167	0,868
3)	4,500	0,590
4)	2,958	1,042

Após responder esse questionário, os usuários viram o vídeo de demonstração da aplicação e então responderam ao pós-questionário. O pós-questionário (Tabela 4) continha oito questões fechadas e duas questões abertas. As questões de um a dois foram referentes à utilização das funcionalidades *check* e *tracker*. Os usuários tiveram opiniões favoráveis quanto ao uso das funcionalidades (média maior que quatro). Esse resultado reflete a motivação intrínseca analisada no pré-questionário, porém, as médias dessas questões, no pós-questionário, foram um pouco maiores que as médias do pré-questionário, o que pode significar que após ver as funcionalidades e o sistema eles ficaram mais motivados a compartilharem com informações.

As questões de 3 a 6 foram referentes às motivações dos usuários ao utilizar as funcionalidades de *check* e *tracker* em relação aos pontos e as medalhas. As respostas dos usuários foram favoráveis (médias próximas de 4) em relação ao uso das funcionalidades para adquirir pontos e medalhas, porém as médias foram menores que das duas questões anteriores. Isso significa que os usuários demonstraram mais a motivação intrínseca de ajudar com as informações de previsões de tempo.

As duas últimas perguntas foram questões abertas. A questão 7 foi utilizada para verificar se com o uso do Antares os usuários estariam mais dispostos a utilizar o transporte público. Ao comparar a média desta questão com a média da questão 4 do pré-questionário, pode-se notar uma opinião um pouco mais favorável em relação ao uso do transporte público, isso implica que

o uso do aplicativo pode atrair mais usuários para o uso de transporte público. Na questão 8 foi perguntado se os usuários acharam fácil utilizar a interface do sistema. A maioria dos usuários achou fácil utilizar o sistema.

A questão 9 foi utilizada para saber se o usuário achou o sistema divertido. Devido ao fato dos usuários não terem usado o aplicativo, mas apenas observado o vídeo, não se teve muitas opiniões sobre a diversão. Um exemplo de opinião foi *“Achei divertido poder compartilhar com o sistema através dos checks e dos rastreamentos, receber pontos e medalhas por essas ações e ainda poder acompanhar como estou posicionado no ranking.”*. Este usuário além de ver o vídeo também participou do experimento e assim pode verificar as funcionalidades do aplicativo. Porém, também houve opiniões como *“Parece que seria divertido.”*. Essa opinião foi de um usuário que apenas viu o vídeo e não utilizou de fato a aplicação e, por essa razão, não soube como responder se a aplicação era divertida ou não. Muitos outros usuários não souberam dizer se o aplicativo foi divertido apenas com base no vídeo. Outra opinião interessante foi *“Não diria divertido, mas você pode ajudar os outros, e os outros podem ver sua pontuação e dizer: é um cara bacana, este é gente fina, ajuda os outros....”*. Apesar do usuário não ter achado divertido, ele comenta que a pontuação serviria para mostrar a outros usuários alguém que compartilha com o sistema, o que diz respeito a um reconhecimento social através da pontuação.

Por fim, os usuários responderam a questão dez, que perguntava a opinião sobre as funcionalidades de *check* e *tracker*. No geral, os usuários falaram suas opiniões sobre a utilidade das funcionalidades, comentando que as informações compartilhadas podem ser muito úteis para usuários de transporte público. Poucos usuários comentaram sobre a gamificação dessas funcionalidades, o que implica que as informações de tempo e posição dos ônibus foram mais atrativas que a gamificação, porém os usuários apenas viram o vídeo e assim, podem não ter sido influenciados pela gamificação. Um usuário comentou *“Achei interessante poder colaborar com o sistema através do check e do tracker, embora acredite que nem sempre possa estar disposto a colaborar. Mas sabendo que a colaboratividade dos usuários é o principal fator que possibilita um serviço mais preciso e a medida que eu me beneficiar desta qualidade de serviço do sistema, eu possa me sentir cada vez mais motivado a ajudar. Além disso, o mecanismo de pontuação e medalhas a partir do uso destas opções também me motivaria a utilizá-los, pois gosto deste tipo de funcionalidade em sistemas mobile.”*. Esse usuário demonstrou grande interesse na gamificação e também no fato de poder compartilhar informações com o sistema e beneficiar a si e outros usuários. Outra opinião interessante foi um usuário que comentou *“Como funcionam as questões de privacidade do aplicativo. Isto não é claro.”*. Realmente, a aplicação não clarifica essa questão, o que pode deixar os usuários inseguros e, conseqüentemente, não utilizar o sistema.

Ao analisar todas essas informações do questionário, é possível verificar se os objetivos do trabalho foram atingidos. Os dois primeiros objetivos deste trabalho eram manter a base de dados dos SIUs atualizada e corrigir e validar informações sem a necessidade de órgãos gestores. Pelos resultados dos questionários, os usuários têm uma grande motivação intrínseca

em compartilhar com informações para o transporte público. Essa informação não garante, mas indica que os usuários têm interesse em ajudar o sistema com informações. Então pode ser possível com o uso de *crowdsourcing* permitir aos usuários enviar informações de suporte para um SIU.

Outro objetivo do trabalho era verificar se a gamificação podia motivar os usuários a utilizarem mais o sistema. Pelos resultados dos questionários, pode-se perceber que os usuários demonstraram um certo interesse em utilizar as funcionalidades para adquirir pontos e medalhas, porém a motivação foi menor que a motivação intrínseca de compartilhar com o transporte público. Alguns usuários comentaram ter grande interesse na gamificação, mas seria necessário testes com e sem a gamificação para conseguir verificar de forma mais confiável esta motivação.

Por fim, o último objetivo do trabalho era melhorar as informações de um SIU e atrair mais usuários a utilizar o transporte público. Pelos resultados dos questionários, foi possível verificar que muitos usuários estão dispostos a compartilharem com informações e, desta forma, é possível através de *crowdsourcing* melhorar as informações do transporte público. Quanto a atrair mais usuários, os resultados indicaram que após o vídeo os usuários apresentaram uma maior motivação de utilizar o transporte público. Assim, percebe-se que o uso de *crowdsourcing* pode ser utilizado como forma de obter informações para um SIU e a gamificação não afetou negativamente os usuários e, para alguns usuários, conforme visto nos questionários, ela é muito atrativa, portanto pode-se usá-la como suporte para um sistema *crowdsourcing*.

Tabela 4: Resultados pós-questionário do vídeo

	Média	Desvio padrão
1)	4,500	0,717
2)	4,333	0,702
3)	4,042	1,042
4)	4,000	1,103
5)	3,917	1,100
6)	3,875	1,076
7)	3,583	1,139
8)	4,375	0,824

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma proposta que combina *crowdsourcing* e gamificação para SIUs. Os SIU são sistemas que visam prover informações de transporte público aos usuários, melhorando a qualidade do serviço prestado. Uma das tarefas mais difíceis de um SIU é manter os dados atualizados, pois alterações no transporte público ocorrem periodicamente. Uma possível solução para este problema é a utilização da inteligência coletiva dos usuários (*crowdsourcing*) para que eles mesmos auxiliem na atualização dos dados do transporte público. A desvantagem desta solução é garantir que se tenha uma quantidade suficiente de usuários utilizando o sistema.

Por essa razão, é proposto também o uso de gamificação. A gamificação é o uso de elementos de jogos em contextos não jogos, a fim de deixar uma certa atividade mais atrativa. O objetivo da gamificação, proposta neste trabalho, é justamente motivar os usuários a participarem do SIU. Ao atrair mais usuários para o sistema, será possível obter mais informações por parte dos usuários, para manter o SIU mais atualizado, o qual poderá prover informações mais confiáveis.

As principais funcionalidades desenvolvidas foram o *check* e o *tracker*. Com o *check*, os usuários podem informar a hora e localização (GPS) de um ônibus e através do *tracker* é possível obter os tempos de viagem entre os trechos de uma linha de ônibus. Ao utilizar essas funcionalidades, os usuários recebem pontos, que lhe permitem avançar de nível, o que, consequentemente, evolui seu avatar. A pontuação também serve para ranquear a posição do usuário na tabela de *ranking*, ou seja, quanto mais pontos o usuário tem, maior o seu *rank* e, consequentemente, mais informações ele compartilha com o sistema. Além da pontuação, os usuários também podem adquirir medalhas ao utilizar uma certa quantidade de vezes as funcionalidades. Todas essas funcionalidades têm o objetivo de motivar a participação dos usuários.

Para o funcionamento do *check* e do *tracker* foi necessário a criação de dois algoritmos. Um algoritmo foi responsável por corrigir as posições de geolocalização fornecidas pelos usuários. Assim, o sistema consegue estimar a posição do usuário em um trecho de uma linha de ônibus mesmo com o erro gerado pelo GPS. Esse algoritmo foi essencial para o funcionamento do *tracker* que rastreia o trajeto percorrido pelos usuários. O outro algoritmo é responsável por efetuar os cálculos dos tempos de viagem e espera. Ele consulta, na base de dados, os tempos de viagem de cada trecho (dependendo das informações fornecidas pelos usuários) para calcular os tempos de viagem e espera para os usuários. Além desses algoritmos, também foi necessária a criação da interface para a interação dos usuários. A interface foi desenvolvida para facilitar a interação dos usuários, permitindo a eles utilizarem as funcionalidades mais rapidamente. No entanto, como visto na Seção 6, a interface ainda não estava intuitiva o suficiente na fase de avaliação e os usuários reportaram uma certa dificuldade em entender como utilizar as funcionalidades.

O trabalho desenvolvido foi integrado e testado em um SIU chamado Antares, que foi utilizado como estudo de caso. O Antares foi desenvolvido por um projeto do PIPCA, coordenado

pela profa. Patricia Jaques. Ele, atualmente, possui na sua base de dados informações sobre o transporte público da cidade de Porto Alegre e Canoas.

Para verificar se o trabalho atingiu os seus objetivos, foi realizada uma avaliação qualitativa com 3 usuários. Esse três usuários foram observados *in loco* durante a utilização do sistema em paradas na Cidade de Porto Alegre. A avaliação qualitativa ocorreu na cidade de Porto Alegre e os usuários foram posicionados em algumas paradas para efetuar algumas ações no aplicativo. Durante o experimento, dois usuários foram acompanhados por graduandos de psicologia para realizar o experimento *think aloud*. Durante toda a interação dos usuários com o aplicativo, os graduandos anotaram as falas dos usuários para cada ação realizada e suas ideias sobre o uso do aplicativo.

Foi igualmente realizada uma outra avaliação experimental quantitativa em que 23 usuários assistiram um vídeo sobre o sistema e responderam um questionário com questões fechadas. No experimento quantitativo, os usuários responderam dois questionários, antes e após assistir um vídeo de demonstração do sistema. Ao analisar as respostas dos usuários, percebeu-se que eles possuem uma motivação intrínseca em compartilhar com informações para o transporte público, o que torna possível o uso de *crowdsourcing* para atualização de dados. Além disso, alguns usuários demonstraram interesse na gamificação, principalmente na tabela *derank*.

O trabalho desenvolvido possui algumas limitações. Conforme já comentado, as informações estáveis não foram concluídas. Outra funcionalidade que não pode ser concluída foi a utilização dos *checks* para montar um histórico dos tempos em uma parada de ônibus. As informações dos *checks* ficam armazenadas na base e não houve tempo hábil para construir os históricos dos tempos. Outra limitação foi a falta de conhecimento para linguagens WEB utilizadas no cliente. Por essa razão, as funcionalidades no cliente exigiram mais tempo que as funcionalidades no servidor, mesmo que as funcionalidades fossem mais complexas no servidor. Assim, o sistema de medalhas desenvolvido ficou mais simples do que se pretendia e contém poucas medalhas, que foram focadas para motivar a utilização das principais funcionalidades desenvolvidas.

Como trabalhos futuros, pretende-se utilizar a estrutura de validação para que os usuários votem nas informações que devem ser atualizadas (dados estáveis) na base de dados. Com essa funcionalidade será possível utilizar de informações que podem ser obtidas pelas funcionalidades de *check* e *tracker* para corrigir informações de paradas, linhas e até trechos, assim como os usuários também poderão compartilhar diretamente com essas informações.

Como trabalhos futuros também pretende-se realizar uma avaliação experimental comparando o uso de duas versões diferentes do aplicativo (com e sem a gamificação) por dois grupos de usuários. Uma avaliação experimental permitirá verificar se o emprego da gamificação motiva significativamente a participação e uso do sistema pelos usuários. Para isso, é preciso obter dados de transporte público de uma outra cidade, uma vez que a forma mais efetiva de realizar essa experimentação seria disponibilizando as duas diferentes versões do sistema a usuários de cidades diferentes. Como comentado no Capítulo 6, não foi possível realizar essa avaliação por

limitações de tempo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. S. L. **Proposta de uma nova interface para o sistema de transporte inteligente Antares: um estudo de usabilidade**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo, RS, 2013.
- BASTOS, R. **Determinação de caminhos mínimos em aplicações de transporte público: um estudo de caso para a cidade porto alegre**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo - RS, 2012.
- BASTOS, R.; JAQUES, P. A. ANTARES: um sistema web de consulta de rotas de ônibus como serviço público. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passo Fundo, RS, v. 2, n. 1, p. 41–56, 2010.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE: ENVISIONING FUTURE MEDIA ENVIRONMENTS, 15., 2011, Tampere, Finland. **Proceedings...** ACM, 2011. p. 9–15.
- FIGUEIREDO, L.; JESUS, I.; MACHADO, J.; FERREIRA, J.; CARVALHO, J. M. de. Towards the development of intelligent transportation systems. In: INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 2001, Oakland, CA. **Anais...** IEEE, 2001. v. 88, p. 1206–1211.
- FIGUEIREDO, L. M. B. **Sistemas inteligentes de transporte**. 2005. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade do Porto, 2005.
- FOLDIT. Research-Tecnology Management, 19 September 2012. Available: <http://www.thefreelibrary.com/September+19--Researchers+today+announced+that+players+of+the+video...-a0277519126>[Last accessed: 26 September 2013].
- FORBES, P. J.; WELLS, S.; MASTHOFF, J.; NGUYEN, H. SUPERHUB: integrating behaviour change theories into a sustainable urban-mobility platform. In: USING TECHNOLOGY TO FACILITATE BEHAVIOUR CHANGE AND SUPPORT HEALTHY, SUSTAINABLE LIVING, 2012, Birmingham. **Anais...** BCS HCI, 2012.
- FREITAS, F.; MORAES, R.; JAQUES, P. Um sistema web de consulta de trajetos de transporte público. **Ibero-Americana WWW/Internet (CIAWI), RJ. IADIS**, Rio de Janeiro, Brasil, 2011.
- GLIEM, J. A.; GLIEM, R. R. Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. In: MIDWEST RESEARCH-TO-PRACTICE CONFERENCE IN ADULT, CONTINUING, AND COMMUNITY EDUCATION, 2003, Columbus, Ohio. **Anais...** Ohio State University, 2003.
- GOOGLEDEVELOPERS. **General Transit Feed Specification**. Disponível em: <https://developers.google.com/transit/gtfs/>. Acesso em: 8 de maio de 2014.

HOAR, R. A personalized web based public transit information system with user feedback. In: INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS (ITSC), 2010 13TH INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE ON, 2010, Funchal. **Anais...** IEEE, 2010. p. 1807–1812.

HOSSAIN, M. Users' motivation to participate in online crowdsourcing platforms. **2012 International Conference on Innovation Management and Technology Research**, Malacca, Malaysia, p. 310–315, May 2012.

HOWE, J. The rise of crowdsourcing. **Wired magazine**, California, United States, v. 14, n. 6, p. 1–4, 2006.

JYLHÄ, A.; NURMI, P.; SIRÉN, M.; HEMMINKI, S.; JACUCCI, G. Matkahupi: a persuasive mobile application for sustainable mobility. In: ACM CONFERENCE ON PERSVASIVE AND UBIQUITOUS COMPUTING ADJUNCT PUBLICATION, 2013., 2013. **Proceedings...** ACM, 2013. p. 227–230.

KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2012.

LI, W.; GROSSMAN, T.; FITZMAURICE, G. Gamicad: a gamified tutorial system for first time autocad users. In: ACM SYMPOSIUM ON USER INTERFACE SOFTWARE AND TECHNOLOGY, 25., 2012. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2012. p. 103–112.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, New York, 1932.

LIMA, V.; MAGALHÃES, F.; TITO, A.; SANTOS, R.; RISTAR, A.; SANTOS, L.; VIEIRA, V.; SALGADO, A. C. UbibusRoute: um sistema de identificação e sugestão de rotas de ônibus baseado em informações de redes sociais. **Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)**, São Paulo, p. 516–527, 2012.

LINDQVIST, J.; CRANSHAW, J.; WIESE, J.; HONG, J.; ZIMMERMAN, J. I'm the mayor of my house: examining why people use foursquare—a social-driven location sharing application. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2011, Vancouver, BC, Canada. **Proceedings...** ACM, 2011. p. 2409–2418.

LIU, Y.; LEHDONVIRTA, V.; ALEXANDROVA, T.; NAKAJIMA, T. Drawing on mobile crowds via social media. **Multimedia Systems**, Berlin, v. 18, n. 1, p. 53–67, June 2011.

LUCIO, D. R. **Um aplicativo para dispositivos móveis voltado para usuários de transporte público**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2011.

MISRA, A.; GOOZE, A.; WATKINS, K.; ASAD, M.; LE DANTEC, C. A. Crowdsourcing and Its Application to Transportation Data Collection and Management. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 93RD ANNUAL MEETING, 2014, Washington, DC. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. n. 14-3358.

NAKAJIMA, T.; LEHDONVIRTA, V. Designing motivation using persuasive ambient mirrors. **Personal and Ubiquitous Computing**, London, UK, v. 17, n. 1, p. 107–126, Oct. 2011.

OLIVEIRA, R. R.; NOGUEZ, F. C.; COSTA, C. A.; BARBOSA, J. L.; PRADO, M. P. SWTRACK: an intelligent model for cargo tracking based on off-the-shelf mobile devices. **Expert Systems with Applications**, Amsterdam, Netherland, v. 40, n. 6, p. 2023–2031, 2013.

OPENSTREETMAPS. **openstreetmap**. Disponível em: www.openstreetmap.org. Acesso em: 31 de maio de 2014.

OPENTRIPPLANNER. **Home OpenTripPlanner**. Disponível em: <http://www.opentripplanner.org/>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2015.

PAUTASSO, C. RESTful Web service composition with BPEL for REST. **Data & Knowledge Engineering**, Amsterdam, Netherland, v. 68, n. 9, p. 851–866, 2009.

POATRANSPORTE. **O guia do transporte em Porto Alegre**. Disponível em: <http://www.poatransporte.com.br/>. Acesso em: 8 de maio de 2014.

RAMIS, J. E.; SANTOS, E. A. Uso de automóveis eo caos urbano—considerações sobre o planejamento de transportes das grandes cidades. **Journal of Transport Literature**, Manaus, Amazonas, v. 6, n. 4, p. 164–177, 2012.

Sá, M.; SHAMMA, D. a.; CHURCHILL, E. F. Live mobile collaboration for video production: design, guidelines, and requirements. **Personal and Ubiquitous Computing**, London, UK, July 2013.

SCHEIN, A. L. **Sistema de informação ao usuário como estratégia de fidelização e atração**. 2003. Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2003.

SILVA, D. M. d. **Sistemas inteligentes no transporte público coletivo por ônibus**. 2000. Mestrado em Engenharia de Produção (PPGEP) — UFRGS, 2000.

SOMMER, T.; KONRAD, T.; JAQUES, P. A. Adaptando o Algoritmo A* para o uso em Sistemas Inteligentes de Transporte: sistema antares. In: ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPUTACIONAL (ENIAC 2013), 2013, Fortaleza, CE. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2013.

SPTRANS. **São Paulo Transportes - Prefeitura de São Paulo**. Disponível em: http://www.sptrans.com.br/a_sptrans/. Acesso em: 31 de maio de 2014.

SUSSMAN, J. **Introduction to transportation systems**. Norwood, MA: Artech House, 2000.

THOM, J.; MILLEN, D.; DIMICCO, J. Removing gamification from an enterprise SNS. In: ACM 2012 CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 2012. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2012. p. 1067–1070.

VAN SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. et al. **The think aloud method: a practical guide to modelling cognitive processes**. [S.l.]: Academic Press London, 1994. v. 2.

VIEIRA, V.; FIALHO, A.; MARTINEZ, V.; BRITO, J.; BRITO, L.; DURAN, A. An Exploratory Study on the Use of Collaborative Riding Based on Gamification as a Support to Public Transportation. **2012 Brazilian Symposium on Collaborative Systems**, São Paulo, p. 84–93, Oct. 2012.

WELLS, S.; KOTKANEN, H.; SCHLAFLI, M.; GABRIELLI, S.; MASTHOFF, J.; JYLHÄ, A.; FORBES, P. Towards an Applied Gamification Model for Tracking, Managing, & Encouraging Sustainable Travel Behaviours. In: USCiamo: URBAN SUSTAINABLE, COLLABORATIVE, AND ADAPTIVE MOBILITY, 2014, Nice, France. **Proceedings...** 11th International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP2014), 2014.

APÊNDICE A ARTIGOS PUBLICADOS

- SOMMER, T. ; KONRAD, T. ; JAQUES, P A . Adaptando o algoritmo A* para o uso em Sistemas Inteligentes de Transporte: Sistema Antares. In: Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional (ENIAC 2013), 2013, Fortaleza. Anais do ... Porto Alegre: SBC, 2013. Qualis B4.

O artigo propõe uma adaptação no algoritmo A* para o uso em uma rede de transporte público. A finalidade do algoritmo é encontrar o caminho mais curto entre uma origem e um destino. Esse caminho é uma informação muito importante para usuários de transporte público principalmente para usuários que não conhecem os itinerários dos ônibus. No artigo é visto que o algoritmo A* puro não pode ser utilizado para uma rede de transporte público e por isso são propostas alterações.

- JAQUES, P ; BASTOS, R. ; PASIN, M. ; CHIWIACOWSKY, L. D. ; SOMMER, T. ; KONRAD, T. . Um Estudo de Caso com o Uso do A* para o Problema do Caminho Mais Curto em Transporte Público. In: Brazilian Conference on Intelligent System - Encontro Nacional de Inteligência Artificial, 2012, Curitiba. Anais do ..., 2012. Qualis B4.

O artigo propõe o uso do Algoritmo A* para encontrar o caminho mínimo em uma rede de transporte público. O algoritmo foi utilizado em uma rede de transporte público real com os dados da cidade de Porto Alegre. Com esses dados, o algoritmo foi testado e comparado com outros algoritmos como Dijkstra e busca em largura.