

Revista da Graduação

Vol. 5

No. 1

2012

13

Seção: Faculdade de Engenharia

SERVIÇO DE AUXÍLIO A TURISTAS NO USO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Dionatan Marlon Korb; Pedro Alós Bianchi

Este trabalho está publicado na Revista da Graduação.

ISSN 1983-1374

<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/11412>

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIA

DIONATAN MARLON KORB
PEDRO ALÓS BIANCHI

SERVIÇO DE AUXÍLIO A TURISTAS NO USO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Porto Alegre

2011

DIONATAN MARLON KORB
PEDRO ALÓS BIANCHI

SERVIÇO DE AUXÍLIO A TURISTAS NO USO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Computação pela Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof^a Karine de Pinho Peralta

Porto Alegre

2011

DIONATAN MARLON KORB

PEDRO ALÓS BIANCHI

SERVIÇO DE AUXÍLIO A TURISTAS NO USO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Computação pela Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Profa. MSc. Karine de Pinho Peralta

Prof. Edgar Bortolini

Prof. Dr. César Augusto Missio Marcon

Porto Alegre

2011

RESUMO

Atualmente, existem inúmeros serviços que permitem a um usuário consultar as rotas das linhas de ônibus de uma cidade como Porto Alegre. Entretanto, o uso destes serviços por usuários de fora da cidade é complicado, pois apenas saber por onde uma linha passa não é suficiente para um deslocamento tranquilo. Ainda assim o usuário precisaria perguntar onde descer e onde se encontra a parada mais próxima para pegar um determinado ônibus, por exemplo. Com o objetivo de melhorar a experiência do usuário durante o uso destes serviços, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação *web* cujo objetivo é guiar turistas que venham a utilizar o transporte público durante uma visita à cidade. Para tanto, inicialmente são sugeridos pontos turísticos a serem visitados, tais como parques, museus e estádios. Uma vez que um ou mais destinos sejam selecionados, a aplicação traça rotas até estes locais, levando em conta dados sobre linhas e paradas de ônibus da cidade existentes em sua base de dados. Ela também indica o local onde um ônibus deve ser pego e onde descer, incluindo possíveis conexões entre diferentes linhas. Por fim, a partir do uso de sistemas de localização de dispositivos móveis, ela ainda exibe a localização corrente do usuário, de forma que ele possa saber onde se encontra, quanto tempo ainda falta pra alcançar seu destino e que outros pontos temos ao seu redor.

Palavras-chave: Transporte Público. Geolocalização. GPS. Aplicações *web*. SQLite. *framework* .NET. Google Maps API.

ABSTRACT

Currently, there are numerous services that allow a user to search for bus lines routes in a city like Porto Alegre. However, the use of these services by non-local users is complicated, because only knowing where a line passes is not enough for an easy ride. For example, you would still have to ask where to get off and where is the closest bus is. In order to improve the user experience when using these services, this paper proposes the development of a web application, with the purpose of guiding tourists who will use public transportation during a visit to the city.

For that to happen, initially some interesting points are suggested, such as parks, museums and stadiums. Once one or more destinations are selected, the application traces routes to these sites, taking into account the data about the city's bus lines and stops, previously stored in a database. It also indicates where a bus can be picked up and where to get off, including possible connections between different lines. Finally, using the location features of mobile devices, it also displays the user's current location, so that he knows where he is, how much time remains to reach his destination and other places he can find close to him.

Keywords: Public Transportation. Geolocation. GPS. Web Applications. SQLite. .NET framework. Google Maps API.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Velocidade dos Serviços Móveis X Tecnologias.	17
Figura 2 – Localização através da Biangulação.	21
Figura 3 – Localização através da Triangulação.	22
Figura 4 – Localização através de ToA.	23
Figura 5 – Localização através de AoA.	24
Figura 6 – Busca por Rotas no Google Maps.	26
Figura 7 – Metrô de Porto Alegre no Google Maps.	27
Figura 8 – Serviço PoaBus.	31
Figura 9 – Rastreamento de ônibus em Nova York.	32
Figura 10 – QR Codes na Noruega.	33
Figura 11 – Previsão de horários de ônibus em Mauá/SP.	34
Figura 12 – Arquitetura do Sistema.	38
Figura 13 – Trecho da Linha T9.	40
Figura 14 – Busca de Lugares de Tipo Específico.	41
Figura 15 – Busca de Lugares Próximos ao Usuário.	42
Figura 16 – Seleção de Destino.	43
Figura 17 – Traçado de Rota ao Destino Escolhido.	44
Figura 18 – Opções para cadastro de linha.	45
Figura 19 – Cadastro da Linha Petrópolis/PUC.	45
Figura 20 – Cadastro de Paradas da Linha Petrópolis/PUC.	46
Figura 21 – Opções para cadastro de ponto turístico.	47
Figura 22 – Registro do Estádio Olímpico Monumental.	47
Figura 23 – Diagrama Entidade Relacionamento.	51
Figura 24 – Representação da distância limite.	53
Figura 25 – Triangulação da distância máxima.	53
Figura 26 – Linhas que passam por um ponto.	55
Figura 27 – Linhas possíveis para se chegar a um destino.	56
Figura 28 – Armazenamento de paradas de origem e destino.	56
Figura 29 – Conexão entre linhas encontrada.	57
Figura 30 – Fluxograma do Algoritmo de Busca e Combinação de Rotas.	58
Figura 31 – Solicitação de compartilhamento da posição.	59
Figura 32 – Monitoramento da posição do usuário.	60

Figura 33 – Caso 1: Linhas encontradas.	63
Figura 34 – Caso 1: Ponto e parada de origem.	64
Figura 35 – Caso 1: Intersecção entre as linhas.	65
Figura 36 – Caso 1: Ponto e parada de destino.	66
Figura 37 – Caso 2: Linhas encontradas.	67
Figura 38 – Caso 2: Ponto e parada de origem.	68
Figura 39 – Caso 2: Intersecção entre as linhas.	69
Figura 40 – Caso 2: Ponto e parada de destino.	70
Figura 41 – Caso 3: Linhas encontradas.	71
Figura 42 – Caso 3: Ponto e parada de origem.	72
Figura 43 – Caso 3: Intersecção entre as linhas.	73
Figura 44 – Caso 3: Ponto e parada de destino.	74

LISTA DE SIGLAS

8PSK – 8 bits Phase-Shift Keying
A-GPS – Assisted Global Positioning System
AJAX – Asynchronous JavaScript and XML
AMPS – Advanced Mobile Phone System
AoA – Angle of Arrival
API – Application Programming Interface
CDMA – Code Division Multiple Access
CLR – Common Language Runtime
D-AMPS – Digital Advanced Mobile Phone System
DoD – Department of Defense
DoT – Department of Transportation
DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum
EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution
EGPRS – Enhanced GPRS (EDGE)
ERB – Estação Rádio Base
FDMA – Frequency Division Multiple Access
FM – Frequência Modulada
FPLMTS – Future Public Land Mobile Telecommunication System
FSK – Modulação por Chaveamento de frequência
GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS – General Packet Radio Service
GPS – Global Positioning System
GSM – Global System for Mobile Communications
HTTP – Hypertext Transfer Protocol
ISM – Industrial, Scientific and Medical band
JSON – JavaScript Object Notation
LBS - Location-Based Services
MSC – Mobile Switching Center
MTA – Metropolitan Transportation Authority
NASA – National Aeronautics and Space Administration
PPS – Precise Positioning Service
QPSK – Quadrature Phase-Shift Keying

QR Codes – Quick Response Codes

RFID – Radio Frequency Identification

RSSI – Received Signal Strength Indicator

SMS – Short Messaging Service

SPS – Standard Positioning Service

TDMA – Time Division Multiple Access

TDoA – Time Difference of Arrival

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

XML – Extensible Markup Language

W3C – World Wide Web Consortium

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 COMUNICAÇÃO DE DADOS	13
2.1 TELEFONIA CELULAR	13
2.1.1 Padrões Para Telefonia Celular	14
2.1.1.1 Primeira Geração	14
2.1.1.2 Segunda Geração	14
2.1.1.3 Terceira Geração	16
3 TECNOLOGIAS DE LOCALIZAÇÃO	18
3.1 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)	18
3.2 RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID)	19
3.3 MÉTODOS APLICADOS EM LOCALIZAÇÃO	20
3.3.1 Triangulação e Biangulação	21
3.3.2 Medidas de Tempo	22
3.3.2.1 Tempo de Chegada (ToA)	22
3.3.2.2 Diferença de tempo de Chegada (TDoA)	23
3.3.2.3 Ângulo de Chegada (AoA)	23
3.3.2.4 Potência do Sinal	24
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
4 SERVIÇOS DE LOCALIZAÇÃO	26
4.1 GOOGLE MAPS	26
4.1.1 Google Maps API	29
4.1.1.1 Geolocalização	29
4.1.1.2 Geocodificação	30
4.1.1.3 Rotas	30
4.2 POABUS	30
4.3 OUTROS SERVIÇOS	32
5 IMPLEMENTAÇÃO	36
5.1 INTRODUÇÃO	36
5.2 MOTIVAÇÃO	36

5.3 FUNCIONAMENTO	37
5.4 ARQUITETURA.....	38
5.4.1 Interface.....	39
5.4.2 Camada Web.....	48
5.4.3 Camada de Dados	49
5.4.4 Camada de Aplicação	51
5.5 ALGORITMO DE BUSCA E COMBINAÇÃO DE ROTAS	52
5.5.1 GetStopsNear	52
5.5.2 GetLinesNear	54
5.5.3 SearchLineMatches	55
5.5.4 SearchLineConnection	56
5.6 LOCALIZAÇÃO DO USUÁRIO.....	58
5.7 COMPARAÇÃO COM DEMAIS SERVIÇOS	61
6 ESTUDOS DE CASO	62
6.1 CASO 1 – BARRA SHOPPING/IGUATEMI	62
6.2 CASO 2 – AEROPORTO/BEIRA-RIO.....	66
6.3 CASO 3 – RODOVIÁRIA/ARENA DO GRÊMIO	70
7 TRABALHOS FUTUROS	75
8 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

O advento da tecnologia móvel pode, acima de tudo, ser considerado uma revolução na forma com que as pessoas veem e interagem com o mundo a sua volta. Ela foi capaz de fazer com que o dia a dia das pessoas fosse impactado de maneira a alterar sua rotina, inclusive, influenciando em muitas de suas decisões. É raro encontrar uma pessoa que não possua celular, permitindo que estas estejam disponíveis e acessíveis 24 horas por dia. Além do uso padrão da telefonia celular, o acesso à internet a partir destes dispositivos também vem crescendo, permitindo que aplicações online com o objetivo de localizar pessoas sejam amplamente difundidas.

Esta mobilidade foi vista inicialmente apenas como uma facilidade trazida pelo desenvolvimento da indústria de telecomunicações. Entretanto hoje se tornou mais do que isso, tendo se transformado em uma necessidade. Este fato se explica justamente pela facilidade e o costume de acessar informação a qualquer hora e lugar, tornando a tecnologia extremamente atrativa ao usuário. Agora este pode pagar uma conta enquanto toma um café em uma cafeteria, disponibilizar sua localização através de alguma rede social e ainda, através da mesma, encontrar outras pessoas, conhecidas ou não, próximas a ele.

O cruzamento entre tecnologias móveis, tecnologias de posicionamento e rastreamento trouxe ao mundo dos usuários comuns uma área conhecida como geotecnologia, ou seja, o processamento de informações com base em referências geográficas. É esta que impulsiona um mercado em constante expansão: o dos serviços baseados em localização – *Location Based Services* (LBS). O mais conhecido recurso desta área é o GPS, entretanto existem outras tecnologias que podem ser utilizadas com a mesma finalidade.

Sozinha, a informação de localização não provê um serviço muito útil, talvez de certa forma nem possa ser considerado um. Entretanto, se essa informação for combinada com algum tipo de conteúdo, existe a possibilidade da criação de serviços úteis para o usuário.

Uma das maiores aplicações de LBS diz respeito a serviços de rastreamento, principalmente rastreamento de veículos. Geralmente este tipo de serviço é utilizado por companhias com o propósito de adquirir informações dos veículos pertencentes a ela e/ou dos operadores. Seguindo o mesmo conceito,

algumas cidades já empregam a tecnologia de rastreamento para a localização de veículos da frota de transporte público, disponibilizando as informações coletadas para o usuário. Assim, ele pode ter conhecimento da posição de um ônibus, facilitando o uso do transporte por parte do usuário que pode fazer melhor uso do seu tempo.

Entretanto, a maioria dos serviços existentes na área dos transportes públicos exige que o usuário tenha algum conhecimento prévio do local onde se encontra, ainda necessitando pedir informações a outras pessoas. No caso de alguém que conhece a cidade a qual o serviço se refere, a utilização do mesmo provê grande facilidade a esta pessoa, pois provavelmente ela sabe onde pegar o ônibus e onde descer. Porém, no caso de um turista, que não está familiarizado com o ambiente, a informação do horário do próximo ônibus não representa praticamente nada.

É claro que o parágrafo anterior simplifica, e muito, as características dos serviços existentes, mas mesmo assim o uso de ônibus em uma cidade que não se conhece pode ser complicado caso não se tenha as mesmas informações de quem usa o transporte regularmente. Assim, este trabalho apresenta um serviço baseado em localização que utiliza a localização do usuário com a finalidade de ajudá-lo a melhor utilizar os meios de transporte públicos, tentando evitar que muitas vezes a informação de terceiros seja necessária para que o usuário se localize. Como cenário, o tipo de transporte suportado serão ônibus.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: no Capítulo 2 são apresentadas as tecnologias de comunicação móvel, com foco nas utilizadas pelos aparelhos telefônicos. O Capítulo 3 apresenta algumas tecnologias utilizadas na localização de um objeto ou usuário, apresentando meios para isto. O Capítulo 4 explica alguns dos serviços envolvendo localização já existentes, apontando características de cada um deles, como vantagens e desvantagens. O Capítulo 5 descreve como o trabalho foi implementado, enquanto o Capítulo 6 descreve 3 estudos de caso que explicam como o serviço pode ser utilizado. Por fim, o Capítulo 7 apresenta os trabalhos futuros e o Capítulo 8 apresenta as conclusões obtidas.

2 COMUNICAÇÃO DE DADOS

A comunicação de dados é um dos mais importantes aspectos do mundo tecnológico atual. Ao longo do tempo, o avanço tecnológico da área nos propiciou uma mudança desde a forma como falamos com nossos amigos, até o modo como fazemos negócios: oferecendo canais de comunicação de fácil acesso, que facilitam nosso dia-a-dia e tornam muito mais fácil a forma com que interagimos.

O uso e o aprimoramento das redes de computadores são assuntos fundamentais quando falamos de comunicação de dados. No entanto, este conceito está tão introduzido em nossas vidas que nem pensamos em todo o processo que acontece para que um dado seja transmitido de um lado e recebido do outro lado do mundo.

Da mesma forma, a praticidade das redes de comunicação sem fio está fazendo com que esta seja uma das tecnologias que mais crescem atualmente. E isto se dá pelo fato de que a mobilidade dos usuários tem sem mostrado um fator de extrema importância. Em um mundo cada vez mais conectado, o acesso à Internet em qualquer lugar tem ocupado uma posição de destaque em investimentos nesta área – que vai desde uma pequena rede sem-fio local, até um grande sistema de comunicação por satélites.

Neste contexto, as tecnologias de telefonia móvel, tão populares nos últimos anos, fazem uso de uma complexa infraestrutura de satélites para proporcionar ao usuário uma eficiente e transparente forma de transferência de dados entre dois ou mais pontos, independente de sua localização geográfica [1].

1.1 TELEFONIA CELULAR

Projetada para estabelecer a comunicação entre duas unidades móveis, a telefonia celular é controlada por um provedor de serviços que tem a capacidade de localizar, rastrear uma unidade, alocar um canal para chamada e fazer a transferência de uma base para outra de forma dinâmica, conforme o deslocamento do cliente.

Para isto, as companhias telefônicas dividem as áreas geográficas cobertas em áreas menores, denominadas células. Cada uma destas células contém uma antena, constituindo uma Estação Rádio Base (ERB). Estas

estações são controladas por uma estação central, chamada de *Mobile Switching Center* (MSC), responsável pela comunicação das ERBs com a central telefônica. As células não possuem tamanho fixo, e sua cobertura varia, normalmente, de 1 a 20 km, sendo as áreas menores destinadas à locais com maior densidade populacional, caracterizando um maior tráfego de dados [1].

1.1.1 Padrões Para Telefonia Celular

Ao longo do tempo, a evolução dos sistemas de telefonia celular nos trouxe inúmeras vantagens. As seções a seguir apresentam as tecnologias que foram utilizadas no Brasil desde o início da era telefônica até os dias de hoje.

1.1.1.1 Primeira Geração

A principal tecnologia da primeira geração da telefonia celular foi o *Advanced Mobile Phone System* (AMPS), traduzido para Sistema Avançado de Telefonia Móvel.

Este sistema opera na faixa ISM de 800 Mhz, e usa dois canais analógicos: um para comunicação no sentido direto – da estação rádio base para o dispositivo móvel – e outra para o sentido inverso, do dispositivo móvel para estação. As faixas de frequência para transmissão no sentido direto e inverso são, respectivamente, 869 à 894 MHz e 824 à 840 MHz.

Os canais de voz são modulados usando-se FM e os canais de controle utilizam FSK para criar sinais analógicos de 30 kHz. O FDMA é utilizado, então, para dividir cada faixa de frequências de 25 MHz em canais de 30 kHz [1].

Apesar de os dispositivos móveis analógicos não serem mais comercializados no Brasil, as operadoras são obrigadas a deixar ligadas as ERB's e centrais com esta tecnologia, pois o número de dispositivos que ainda a utilizam é significativo. Outro fator importante é que nem todos os lugares dispõem de tecnologia digital, principalmente longe dos grandes centros, exigindo o suporte a tecnologias mais antigas.

1.1.1.2 Segunda Geração

Com o objetivo de oferecer uma maior qualidade na comunicação, foi criada a segunda geração do serviço de telefonia celular, voltada para tecnologias

digitais. Simultaneamente foram criados três sistemas principais: o IS-136 (D-AMPS), o GSM e o IS-95.

O IS-136 (D-AMPS) foi uma evolução do sistema analógico AMPS, sendo projetado para usar tecnologias digitais. Foi também desenvolvido para ser compatível com o sistema anterior, de forma que em uma mesma célula, um telefone poderia usar o sistema analógico enquanto outro usaria o digital.

Neste sistema, três canais de voz digitalizados são combinados usando TDMA, formando 48,6 kbps de dados digitais. Estes dados modulam uma portadora usando QPSK, resultando em um sinal analógico de 30 kHz, que por sua vez compartilham uma faixa de frequências de 25 MHz (FDMA). O D-AMPS tem fator de reutilização de frequências igual a 7, o que significa que uma simples célula pode ter até 6 células vizinhas com frequências diferentes.

A tecnologia GSM, por sua vez, foi desenvolvida nos países europeus com a finalidade de padronizar a forma de comunicação móvel utilizada entre todos os países da Europa. Antes do surgimento deste padrão, eram utilizadas diversas tecnologias que eram incompatíveis entre si, o que tornava difícil a utilização de um aparelho celular em vários países.

Esta tecnologia utiliza duas faixas de frequência para comunicação duplex, de duas vias. Cada faixa tem 25 MHz, e é deslocada no sentido dos 900 MHz. Cada banda se divide em 124 canais de 200 kHz separados por bandas de guarda. Cada canal de voz é digitalizado e comprimido em um sinal de 13 kbps. Oito canais compartilham um frame TDMA, e 26 destes frames compartilham um frame múltiplo. Este canal digital, com um total de 270,8 kbps, modula uma portadora usando GMSK, e o resultado disto é um sinal analógico de 200 kHz, que será transmitido em um dos 124 canais da faixa de frequência.

Enquanto o GSM foi amplamente utilizado na Europa, o padrão predominante na América do Norte foi o IS-95, que é baseado no CDMA e DSSS. Ele também utiliza duas faixas de frequência para comunicação duplex, que são divididas em 20 canais de 1,228 MHz separados por bandas de guarda. Este padrão também pode ser utilizado em paralelo com o AMPS, sendo que cada canal IS-95 corresponde a 41 canais AMPS.

O IS-95 utiliza duas técnicas de transmissão diferentes para o sentido direto e o sentido inverso. No sentido direto, a comunicação entre a ERB e as estações móveis é sincronizada, ou seja, a base envia dados sincronizados para todas as estações móveis. Porém, a sincronização não é usada no sentido inverso, pois uma

entidade necessária para fazer isso não é viável. Então, em vez do CDMA, os canais inversos usam DSSS, que é o espalhamento espectral das sequências diretas: após a modulação de símbolos, o sinal é desmembrado em 4, e cada sinal é modulado usando-se QPSK, ligeiramente diferente do utilizado no sentido direto. Então, todos os canais no sentido inverso transmitem seus sinais analógicos pelo ar.

Porém, como o acesso à internet nos dispositivos móveis começou a se tornar importante, novas tecnologias foram desenvolvidas para aprimorar os padrões existentes. Criou-se, então, o conceito de uma nova geração, mesmo que não reconhecida oficialmente: a 2,5G. É nesta geração que encontramos as tecnologias utilizadas para comunicação de dados GPRS e EDGE [2].

Enquanto o sistema de transmissão de dados original do GSM era setado no início da sessão e durava até o usuário parar de utilizar o serviço, o GPRS utiliza comutação por pacotes. Isto quer dizer que o canal é utilizado apenas quando existem dados a serem transmitidos, garantindo uma melhor utilização dos recursos da interface aérea compartilhada com o GSM.

Com o GPRS consegue-se atingir velocidades de transmissão superiores ao GSM, pelo fato deste conseguir alocar a banda flexivelmente, podendo alcançar velocidades de até 170 kbps. Como ele comunica-se por pacote, pode-se basear a cobrança do usuário na quantidade de dados transmitidos, e não no tempo de conexão. Pelo mesmo motivo, o usuário não precisa se desconectar para evitar custos, uma vez que aplicativos com acesso à internet no celular podem fazer requisições, assim como receber dados, somente quando necessário.

O EDGE, também chamado de EGPRS, é uma evolução em termos de velocidade de transmissão. Para isso, um novo sistema de modulação foi usado, o 8PSK, conseguindo transmitir três bits em um único passo. Deste modo, faz com que a velocidade seja até três vezes maior comparado com GSM e GPRS, que usavam GMSK [3].

1.1.1.3 Terceira Geração

Da mesma forma que a Europa desenvolveu o GSM buscando unificar o padrão utilizado em todos os países do continente, grupos de pesquisa desenvolveram padrões de terceira geração com o objetivo de tornar este um sistema global.

Algumas das características dos sistemas de terceira geração são:

- O sistema é digital, utilizando a faixa de frequência de 1,8 a 2,2 GHz;
- roaming internacional e possibilidade de *handoff* entre sistemas;
- níveis altos de segurança e privacidade;
- arquiteturas de redes abertas e flexíveis.

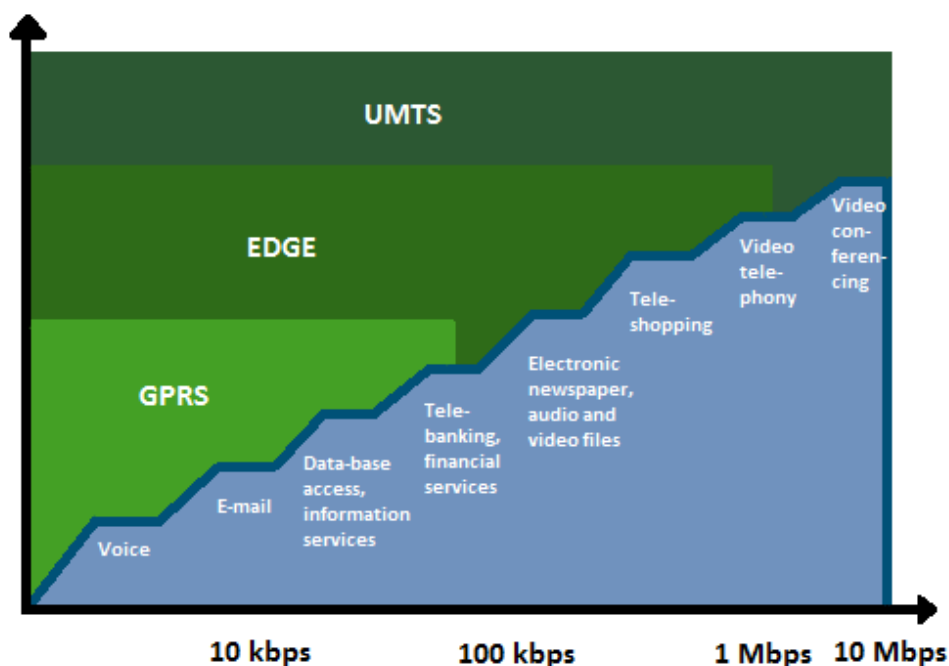
Os principais sistemas desta geração são o *Future Public Land Mobile Telecommunications* (FPLMTS) e o *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS).

O FPLMTS tem como intuito formar a base para a terceira geração de comunicações sem fio, com o propósito de acabar com a incompatibilidade entre os diversos sistemas móveis. Além disso, visa consolidar a comunicação entre os mais diversos dispositivos em escala global, não somente telefones celulares, mas também em outros dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* [2].

O UMTS é um padrão paralelo, em conformidade com o FPLMTS, e não foi construído do zero, reutilizando vários princípios dos padrões GSM e GPRS. O UMTS foi disponibilizado em etapas, chamadas de *releases*, onde em cada etapa novas funcionalidades foram sendo adicionadas [2].

Na Figura 1 pode ser vista uma pequena comparação da velocidade do sistema UMTS comparado com seus antecessores, o GPRS e o GSM, assim como suas principais aplicações.

Figura 1 – Velocidade dos Serviços Móveis X Tecnologias [2].



2 TECNOLOGIAS DE LOCALIZAÇÃO

Devido ao grande avanço da tecnologia no âmbito das telecomunicações é possível que hoje uma pessoa, um objeto, e até mesmo um animal possam ser localizados onde quer que estejam. Com o desenvolvimento dos serviços de navegação, rastreamento e posicionamento, uma nova área, conhecida agora como geotecnologia, tem se consolidado e oferecido cada vez mais opções de serviços ao usuário, facilitando o acesso a informações que o localizem em qualquer ponto do planeta Terra.

No dia a dia, as pessoas utilizam aplicativos de navegação a todo o momento, seja indo ao trabalho, à escola, ao cinema, etc. Todas essas atividades requerem noções de posicionamento, como pontos de referência, senso de localização ou mesmo a observação do ambiente onde nos encontramos. Entretanto, quando uma maior precisão é necessária para que nos localizemos, se faz necessária a assistência de outros tipos de tecnologia.

Quando falamos em localização, o *Global Positioning Service* (GPS) é a tecnologia mais lembrada. Entretanto, dependendo do tipo de serviços, nem sempre o GPS é a escolha mais correta. A seguir, são apresentadas algumas tecnologias utilizadas para a localização, incluindo o GPS.

2.1 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)

O GPS é uma tecnologia de localização que foi desenvolvida e implantada a partir de estudos de diversas organizações governamentais dos Estados Unidos desde a década de 1960, tais como a Agência Espacial Norte-americana (NASA), o Departamento de defesa (DoD) e o Departamento de Transportes (DoT). O interesse era no desenvolvimento de uma tecnologia que pudesse prover a localização em três dimensões através da utilização de satélites. O sistema visto como “ótimo” era o que podia ter cobertura global, operação contínua e independente de variações climáticas, habilidade de servir plataformas dinâmicas e grande precisão [4].

Hoje em dia, o GPS, atende totalmente aos critérios estabelecidos a partir de 1960. O sistema provê uma posição precisa, contínua, global e tri-dimensional, além de informar a velocidade do usuário para o equipamento receptor. Além

disso, pode ser utilizado em conjunto com outras tecnologias para prover o posicionamento do mesmo.

O serviço consiste em 24 satélites que orbitam a Terra ordenados de modo a formar 6 planos de órbita, com 4 satélites por plano transmitindo sinais em alta resolução [4], permitindo que uma determinada posição seja calculada. Dependendo do número de satélites que o receptor GPS conseguir detectar, a posição pode ser calculada em até 3 dimensões. Quando existe a disponibilidade de 6 ou mais satélites, a posição de altura pode ser calculada. Entretanto, quando apenas 4 ou 5 sinais são recebidos, só é possível determinar a localização em 2 dimensões, ou seja, latitude e longitude [5].

O GPS pode ser utilizado em qualquer lugar do planeta onde seja possível adquirir os sinais dos satélites. Entretanto, dependendo do receptor escolhido, podem ocorrer algumas limitações quanto ao uso em lugares fechados. Em termos de velocidade, a aquisição da posição inicial pode demorar alguns minutos; após isso, a monitoração da posição se dá em tempo real [5].

O GPS provê serviços separados para uso militar e uso civil. Esses serviços são chamados *Standard Positioning Service* (SPS) e *Precise Positioning Service* (PPS). O SPS é destinado ao uso da comunidade em geral, enquanto que o PPS é destinado somente a uso militar autorizado. O PPS é especificado para prover uma precisão de no mínimo 22m no plano horizontal e 27.7m no plano vertical, enquanto que o SPS foi especificado para precisões de no mínimo 13m no plano horizontal e 22m no plano vertical [4]. Tem sido uma boa opção para LBS, pois apresenta um custo relativamente baixo, a medida que os dispositivos tem se tornado mais baratos e a utilização das funções básicas não requer nenhum tipo de assinatura, exceto quando algum tipo de serviço extra é necessário, como o *Assisted GPS* (A-GPS).

Os métodos comumente utilizados pelo GPS para a determinação de posição são a triangulação, o Ângulo de Chegada (AoA) e a Diferença de Tempo de Chegada (TDoA) que serão explicados na sessão 3.3.

2.2 RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID)

O *Radio Frequency Identification* (RFID) é um método de identificação através de sinais de rádio freqüência. Teve sua origem como solução para

problemas de rastreamento e principalmente controle de acesso na década de 1980. Utilizam-se de etiquetas RFID (*tags*), que nada mais são do que *transponders* que respondem a requisições de uma base transmissora. As *tags* RFID podem ser de dois tipos: passivas ou ativas.

As *tags* passivas possuem, normalmente, um menor alcance e tem seu uso associado a controle de acesso, livros em sistemas de bibliotecas, rastreamento de animais, entre outros. O funcionamento se dá através da transmissão de ondas de rádio em uma certa frequência pelo leitor de *tags*, excitando o *transponder* que reage através da indução de uma pequena corrente na antena, enviando informações que serão tratadas de uma maneira ou de outra dependendo da aplicação utilizada. A desvantagem do uso de *tags* passivas é que elas devem estar posicionadas de maneira a ficarem perto de uma base transmissora, que irá excitá-las.

Já as *tags* ativas possuem uma bateria associada que é utilizada como fonte de energia para o *chip*. Algumas *tags* possuem baterias substituíveis para que possam ser utilizadas por anos, já outras são unidades seladas. A vantagem do uso das *tags* ativas é o alcance, que muitas vezes pode ser de centenas de metros, não necessitando de uma grande proximidade com o leitor.

Ainda existem alguns tipos de *tags* híbridas, que possuem uma bateria interna utilizada somente na leitura e escrita no *chip* do circuito, deixando o envio das informações a cargo da corrente induzida pelo leitor [6].

Entre as principais aplicações do RFID se encontram o controle de acesso, controle de tráfego de veículos e monitoração hospitalar de pacientes. Sempre que cogitado para solução de algum problema, um bom estudo da aplicação deve ser feito, já que muitas vezes o uso do RFID pode não trazer vantagens. Comparado a outras soluções, ele ainda apresenta um custo elevado, que se deve ao fato de que toda a estrutura necessária não se limita só à utilização do *chip*. Por trás da estrutura encontram-se antenas, leitoras, ferramentas para a filtragem da informação e, inclusive, um sistema para a comunicação com um servidor de dados [7].

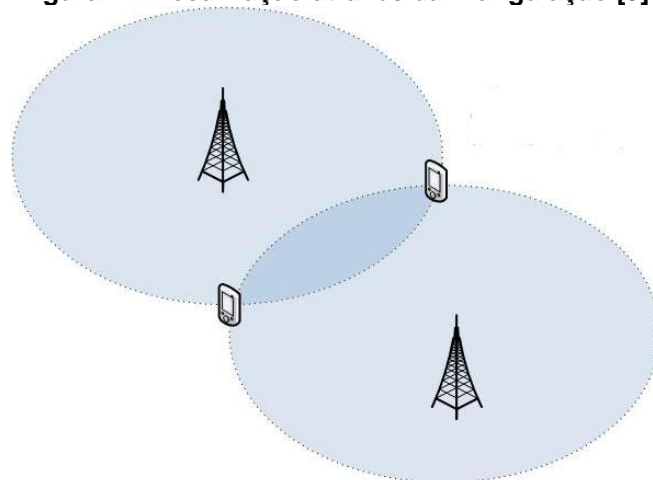
2.3 MÉTODOS APLICADOS EM LOCALIZAÇÃO

Existem diversas formas que podem ser utilizadas para a identificação da posição de um dispositivo. As soluções para esta identificação são baseadas na forma de transmissão de dados do tipo de equipamento que se deseja rastrear. Grande parte de equipamentos móveis, como o celular, acabam fazendo uso do GPS embora possam se utilizar algumas vezes do cálculo da localização baseado em medidas de tempo além do uso de técnicas de triangulação e biangulação [5].

2.3.1 Triangulação e Biangulação

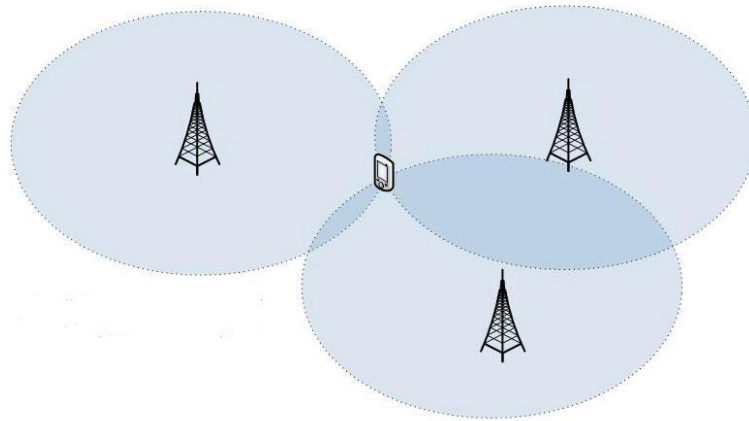
O cálculo de localização utilizando biangulação requer que se conheça a posição de duas estações base ou *access points* e o parâmetro medido para o dispositivo móvel em cada estação. Esses valores permitem que se calcule os círculos para a localização aproximada. Os dois pontos de intersecção fornecem a localização aproximada do dispositivo, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Localização através da Biangulação [5].



A triangulação utiliza a mesma técnica que a biangulação, entretanto ela é mais precisa, pois utiliza-se de 3 estações base e do ponto de intersecção entre as mesmas. O único porém da triangulação é o não fornecimento de uma estimativa da altura do dispositivo. Na Figura 3 vemos a utilização dos pontos de intersecção para a triangulação.

Figura 3 – Localização através da Triangulação [5].



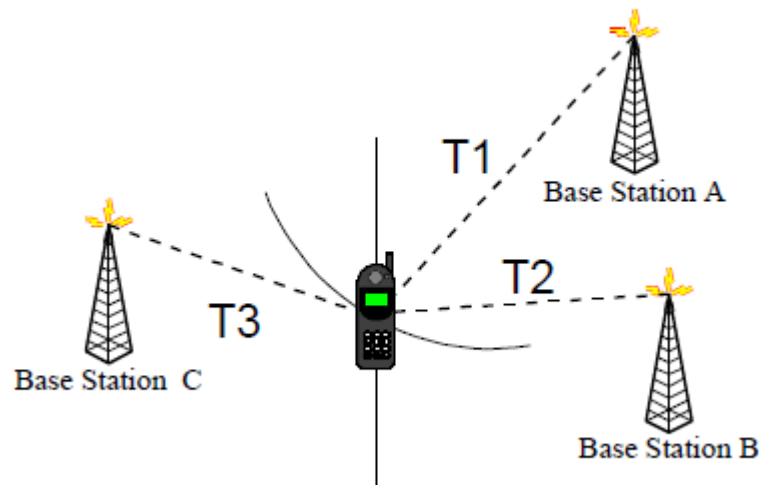
Na triangulação e biangulação, geralmente se utiliza o parâmetro conhecido como *Received Signal Strength Indication* (RSSI) para determinar a localização do dispositivo. Entretanto, existem outras formas de efetuar esta estimativa. Algumas tecnologias são capazes, inclusive, de utilizar a propagação ou atenuação do sinal modelado ou calculado de forma a melhorar a estimativa inicial fornecida pelo RSSI.

2.3.2 Medidas de Tempo

2.3.2.1 Tempo de Chegada (ToA)

Da mesma maneira que na triangulação e na biangulação, o método ToA se utiliza da localização conhecida das estações base. Entretanto, neste caso é necessário o conhecimento de 3 estações no mínimo [8]. A posição é determinada com base no tempo de chegada dos dados do dispositivo móvel em cada estação base. As distâncias derivam do atraso de tempo entre as estações base e o dispositivo, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Localização através de ToA [6].



2.3.2.2 Diferença de tempo de Chegada (TDoA)

Nesta técnica o dispositivo móvel calcula a diferença de tempo para cada estação base e transfere a informação na rede. Pares de estações base comparam a diferença entre as suas medidas do tempo de chegada do sinal do mesmo dispositivo, a fim de estimar sua localização. Geralmente é preferida a utilização do TDoA em relação ao ToA, dada a menor troca de dados pelo ar que este método necessita. Na tecnologia conhecida como GSM, existem métodos para utilizar dados coletados pelo dispositivo móvel e pelas estações base para estimar a localização do mesmo. Se uma precisão maior for desejada, a estação base pode sinalizar para o dispositivo que ele desfaça o registro da rede e envie uma nova mensagem para se registrar, enviando para a estação base um novo conjunto de dados para que se faça uma nova estimativa da localização [8].

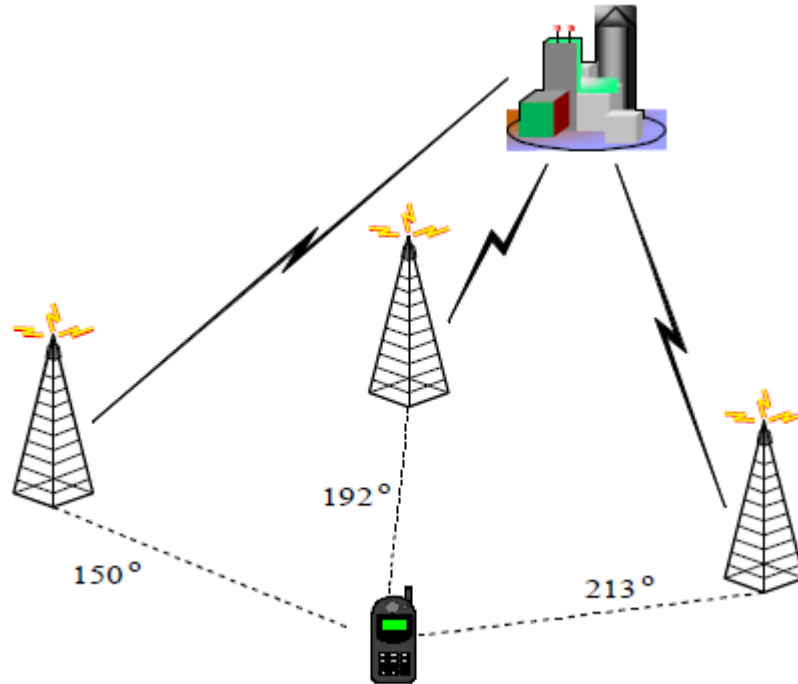
Normalmente o ToA e o TDoA necessitam de pelo menos três estações base para uma precisão satisfatória.

2.3.2.3 Ângulo de Chegada (AoA)

Quando combinado com tecnologias relacionadas à força do sinal ou medidas de tempo, o ângulo da chegada do sinal na estação base pode ser utilizado para cálculo de uma medida mais precisa da localização. Antenas com

controle de fase permitem que uma estação base possa determinar o ângulo com que o sinal de um dispositivo móvel chega, permitindo uma medida mais precisa do que a obtida com a triangulação [8]. Na Figura 5 vemos a ilustração do AoA.

Figura 5 – Localização através de AoA [6].



2.3.2.4 Potência do Sinal

Este método utiliza a potência do sinal recebido pela estação base para a determinação de localização. Entretanto, a posição correta só pode ser determinada quando a estimativa da distância é feita por três estações base; caso contrário, apenas a distância do dispositivo para a estação pode ser estimada [7].

Como pode ser deduzido, é um método extremamente ineficiente, e com a evolução das tecnologias de telecomunicação, fica inviável a utilização deste como um artifício para a localização de dispositivos. Hoje, os celulares, quando próximos às estações base, diminuem a potência utilizada, e quando mais afastados, aumentam a potência, tornando inválida qualquer estimativa de cálculo usando a técnica da intensidade de sinal.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a consolidação da área da geotecnologia, diversas abordagens podem ser tomadas quando se diz respeito ao cálculo de posição e rastreamento de um dispositivo. Como falado nos itens anteriores, a maneira com que se dará a aquisição de dados referentes à coordenadas depende diretamente do enfoque da aplicação que está sendo desenvolvida.

Com base nessa afirmação pode ser observado que para aplicações pontuais, isto é, em locais bem determinados e não muito extensos, o RFID constitui uma potencial tecnologia a ser utilizada na localização de dispositivos. Entretanto, quando a cobertura de uma grande extensão territorial se faz necessária, o RFID acaba encontrando limitações tanto de alcance para a leitura de uma tag por uma antena, quanto no custo que toda esta infraestrutura representa na implementação do projeto.

Assim sendo, o GPS tem a vantagem de demandar pouco custo em relação ao RFID, pois cada vez mais dispositivos, como módulos GPS, tem tido o custo reduzido. Além disso, não necessita a assinatura de pacotes de serviços em separado para a utilização da tecnologia. Como visto nos itens anteriores, o GPS é um serviço ótimo para geolocalização, pois possui, entre outras características, o serviço contínuo e a operação global.

3 SERVIÇOS DE LOCALIZAÇÃO

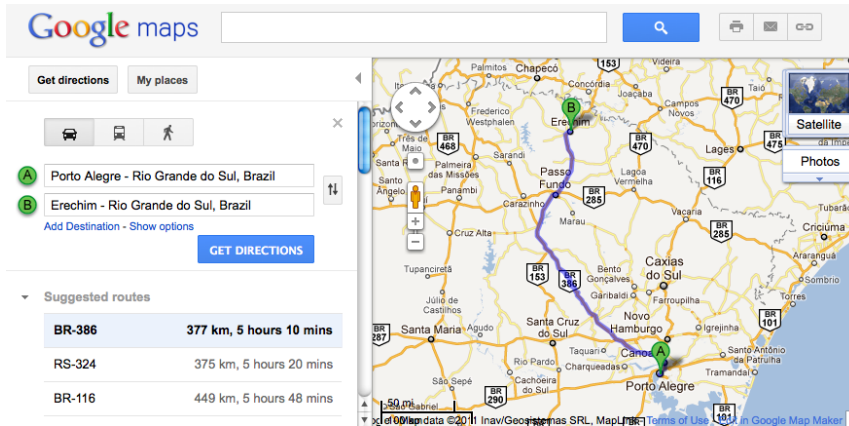
Como dito nos capítulos anteriores, atualmente é possível ter acesso a vários serviços que utilizam informações de localização. Mesmo com tal quantidade de serviços, em grande parte das vezes nos deparamos com aplicações que não provêem um serviço de qualidade ou que não agregam valor para o usuário. Neste capítulo serão apresentados alguns serviços de localização conhecidos, com ênfase no tipo de informações fornecidas relacionadas ao uso do transporte público em cidades.

3.1 GOOGLE MAPS

O Google Maps é um serviço de mapas disponível via *web* provido pela Google e de uso livre para fins não comerciais. Apesar do nome não indicar, o Google Maps é composto por vários serviços que trabalham com localização. Entre estes serviços estão o próprio Google Maps, que permite a visualização de mapas e imagens de satélite de quase todo o mundo, o Google Weather que mostra informações climáticas dos lugares selecionados e um planejador de rotas, que permite cálculo de rotas para viagens de carro, a pé e em alguns lugares viagens utilizando o transporte público [23].

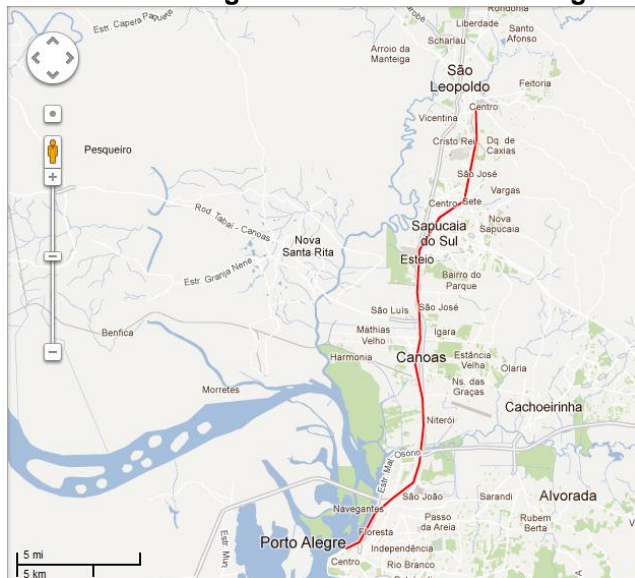
O Google Maps, como a maioria dos serviços disponibilizados pela companhia, utiliza extensivamente a linguagem javascript. Conforme o usuário navega por um mapa, os pontos adjacentes são baixados de um servidor e exibidos na tela. Além disso, à medida que o usuário faz buscas, os resultados são mostrados em um painel do lado esquerdo da tela, e os locais mostrados no mapa através de marcadores.

Figura 6 – Busca por Rotas no Google Maps.



O serviço integrado ao Google Maps que mais interessa neste trabalho é o Google Transit. Através do Google Transit é possível obter rotas do transporte público de alguma cidade, localizar paradas em alguma região específica e ainda visualizar informações sobre determinada estação e horários disponíveis. O porém deste serviço está no fato de que muitas cidades ao redor do mundo não possuem o suporte ao serviço, ou possuem ele de forma limitada. Porto Alegre, por exemplo, é uma delas. Na Figura 7 podemos observar que a única informação disponível sobre transporte público de Porto Alegre refere-se à única linha de metrô da região metropolitana.

Figura 7 – Metrô de Porto Alegre no Google Maps.



Com as limitações observadas, percebe-se que ainda são escassos os serviços que auxiliem o usuário a melhor utilizar o recurso de transporte público em algumas cidades, principalmente no Brasil, embora algumas possuam um melhor mapeamento de paradas e linhas de ônibus. Entretanto, o Google

disponibiliza para desenvolvedores a Google Maps API. Através da utilização desta API, é possível incluir os mapas do Google Maps em outros sites e manipulá-los da forma como se desejar, incluindo pontos, rotas e todo e qualquer tipo de informação. Pensando nisso, na falta de investimento e iniciativa do serviço público, serviços como o PoaBus, que será tratado posteriormente, tem surgido para auxiliar os usuários.

3.1.1 Google Maps API

O Google fornece diversas API's, tornando possível que desenvolvedores adicionem à seus sites as funcionalidades do Google Maps. As API's são gratuitas e disponíveis para o uso de qualquer pessoa, desde que de conformidade com os termos de serviço. Além da disponibilidade desta API gratuita, também existe a chamada Google Maps API Premiere, esta paga, que fornece algumas facilidades a mais em relação à API gratuita [9].

Uma das API's disponibilizadas pelo Google que é mais utilizada é a Google Maps JavaScript API. Ela fornece uma grande quantidade de utilitários para manipular os mapas, e permite a adição de conteúdo aos mesmos através de uma gama de outros serviços. As possibilidades são imensas, desde a adição de um simples marcador, até o traçado de várias rotas com vários pontos no mapa [10].

3.1.1.1 Geolocalização

Conforme mencionado, a geolocalização diz respeito à localização de um usuário ou de algum dispositivo de computação utilizando-se de algum tipo de mecanismo de coleta de dados. A maioria dos serviços de localização utiliza endereços de roteamento ou de algum dispositivo de GPS interno ao equipamento que se quer localizar. A Google Maps API não suporta nenhum método para geolocalização [11].

Entretanto, hoje os navegadores mais atuais já suportam o padrão de localização W3C, que deve ser usado por qualquer equipamento que deseja fornecer informações de localização geográfica. A API de geolocalização definida pelo W3C provê uma interface de alto nível associada somente com o dispositivo que contém a implementação. Ela desconhece qualquer fonte que envie informação sobre a localização. Através da API é possível solicitar a localização de um dispositivo que acaba de acessar a página *web*, bem como repetidas atualização desta posição [11].

3.1.1.2 Geocodificação

A geocodificação é o processo de conversão de endereços em formato legível, como “Porto Alegre, RS, Brasil”, por exemplo, em formato de coordenadas de latitude e longitude [11].

O Google fornece neste sentido a Google Geocoding API, que permite o acesso de um geocodificador através de uma solicitação HTTP. Esta API permite a tradução do endereço em coordenadas geográficas, bem como a solicitação do processo inverso [11].

O acesso está restrito a 2500 solicitações de geocodificação por dia e a utilização desta API só pode ser utilizada em conjunto com um mapa do Google [11].

3.1.1.3 Rotas

Através da Google Directions API, o Google disponibiliza um serviço que calcula rotas entre locais através de uma solicitação HTTP. As rotas podem especificar diversos campos, como origem, destino e pontos de referência [11].

Da mesma maneira que a geocodificação, o serviço está restrito a apenas 2500 consultas por dia. Por ser um cálculo custoso é importante que endereços conhecidos sejam calculados com antecedência e armazenados em alguma estrutura de dados [11].

3.2 POABUS

Conforme comentado anteriormente, o Google Transit fornece algumas informações sobre transporte público das cidades, informando opções de transporte público para o usuário, como linhas e paradas. Porém, no Brasil, este serviço ainda é limitado; apenas grandes cidades como Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo possuem informações mais abrangentes, com rotas das concessionárias de ônibus [12].

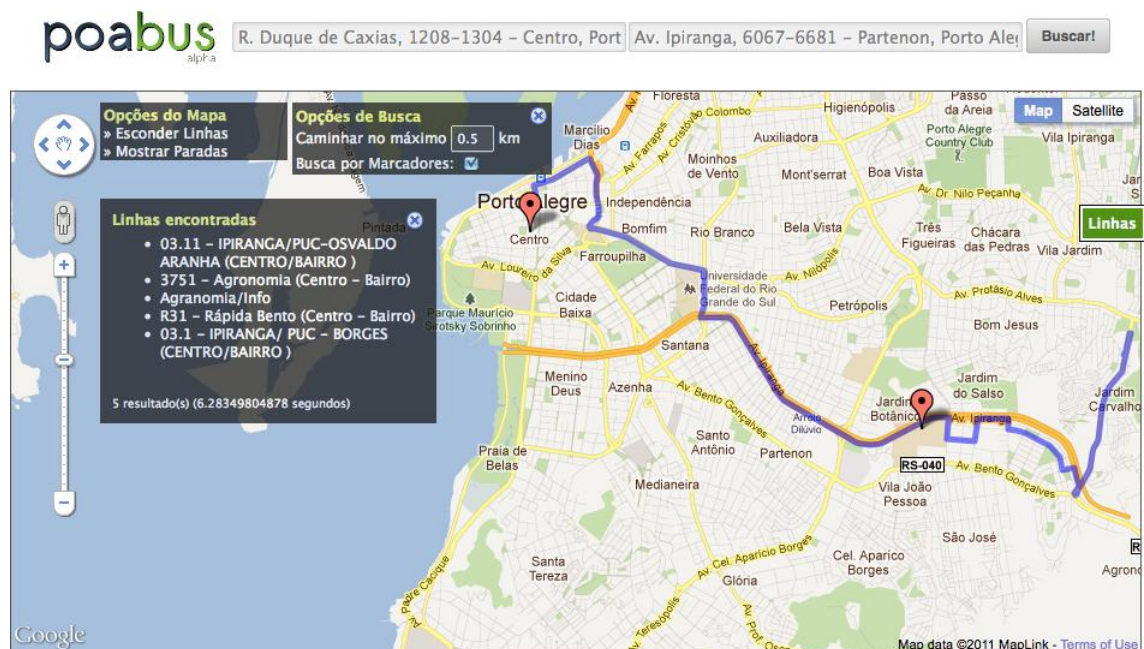
Com a falta de um serviço que auxiliasse moradores de Porto Alegre a utilizar o transporte público, um estudante de uma universidade local baseou-se

em um outro serviço, o cruzalinas [13], para criar uma ferramenta que utiliza informações de rotas e paradas para informar a linha de ônibus que passa próximo a dois pontos escolhidos pelo usuário. As informações sobre rotas de ônibus e paradas podem ser cadastradas pelos usuários, tornando-se assim um trabalho comunitário que facilita a aquisição de todas estas informações.

Estes dois serviços baseiam-se na API do Google Maps, que juntamente com informações cadastradas sobre rotas, cruza informações e fornece ao usuário diversas opções de rotas em um modo gráfico, fácil de entender [13].

Basicamente, o serviço funciona da seguinte forma: o usuário entra no site do PoaBus [14], visto na Figura 8, e seleciona dois pontos no mapa: a origem e o destino. Existe também uma opção em que o usuário informa a distância máxima que está disposto a caminhar, podendo com isto aumentar ou reduzir a quantidade de opções disponíveis próximas ao ponto escolhido. Além de selecionar os pontos no mapa, o usuário também pode fornecer os endereços de origem e destino desejados, que o aplicativo faz uso da API do Google Maps para encontrar as coordenadas geográficas.

Figura 8 – Serviço PoaBus [14].



Este serviço é, sem dúvida, muito útil para o usuário que não tem total conhecimento sobre as centenas de linhas de ônibus que existem em Porto Alegre [15], porém conta com algumas limitações. A mais importante é que não

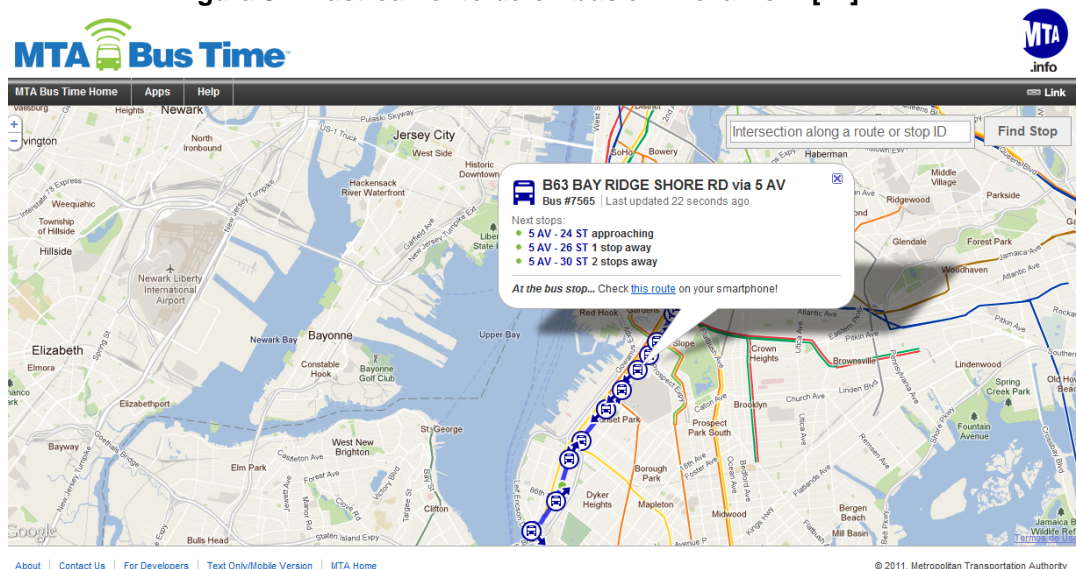
existe uma opção para cálculo de rotas em que envolva uma troca de linhas. Sendo assim, só será retornado uma opção de linha caso exista uma linha única que atenda os dois pontos. Outra limitação envolve o acesso móvel: o site não possui nenhuma forma de acesso otimizado para celulares, o que dificulta a consulta por usuários que estão longe de um computador.

3.3 OUTROS SERVIÇOS

Anteriormente, foi mencionado que em alguns lugares do mundo existem serviços, disponibilizados pelas próprias empresas de transporte público, capazes de fornecer informações para o usuário que utiliza este transporte. Estes serviços, na sua maioria, têm como atrativo informar os horários de ônibus em tempo real, ou seja, a pessoa tendo esta informação pode evitar esperar por muito tempo em uma parada ou saber se seu ônibus ainda vai demorar a chegar.

Em Nova York, algumas linhas possuem suas informações divulgadas online, em tempo real pela MTA, a partir de GPS instalados nos ônibus. É possível acessar as informações pelo site da empresa a partir de um mapa do Google, como mostra a Figura 9, ou através de mensagens SMS, onde se envia uma mensagem com o número da parada em que o usuário se encontra e o sistema responde com a última informação disponível no sistema [16].

Figura 9 – Rastreamento de ônibus em Nova York [17].



Na Noruega, a empresa Kolumbus disponibiliza informações sobre os ônibus através da utilização de *QR Codes*, o Código de Resposta Rápida, uma espécie de código de barras que pode ser lido através da câmera do celular e reconhecido utilizando aplicativos específicos. Cada parada possui um código que, quando digitalizado e lido por um aplicativo para iPhone ou Android, entrega ao usuário informações sobre os horários do ônibus e ainda permite que sejam deixadas mensagens nas paradas [18]. Através de um mapa online, visto na Figura 10, é possível localizar as *QR Codes*, ver os horários de ônibus e, ainda acessar as histórias deixadas por outros passageiros.

Figura 10 – *QR Codes* na Noruega [19].

The image shows the Kolumbus travel planning interface. At the top, it says "Reiseplanlegger for Kolumbus" and "Rutedataene er søkbare frem til 16.12.2011". Below this is a search section titled "Søk etter reisealternativer". It has input fields for "Fra:" (origin) with the placeholder "holdeplass / adresse / sted", "Til:" (destination) with "Medhaugveien (Karmøy) [holdeplass]", "Dato:" (date) set to "10.09.2011", and "kl.:" (time) set to "23:56". There are radio buttons for "Avgang tidligst" (selected) and "Ankomst senest". Buttons for "Avansert søk >>", "Nullstill", and "Søk" are present. Below the search form is a map of Norway with a pop-up window for "Aksdal Hlp. 6 (Tysvær)". The pop-up window displays: "Kortnavn AKSDA", "Nummer 11465648", "Type Overgang tilrettelagt", and links for "Vis avganger", "Velg som fra sted", and "Velg som til sted". The map shows various bus routes and stops.

No Brasil, algumas cidades fornecem informação em tempo real da localização do ônibus. Entretanto são sistemas um pouco mais simples, como em Uberlândia em Minas Gerais [20], Vitória no Espírito Santo [21] e Mauá em São























Paulo [22]. No caso de Mauá, através do site da prefeitura podem ser acessadas as linhas de ônibus. Bem como visualizar a previsão dos horários, como mostra a Figura 11 [22].

Ainda em Mauá, os ônibus contam com equipamentos de GPS para a localização, e a cidade também estuda a implantação de painéis eletrônicos nas paradas de ônibus com a informação dos horários para facilitar a divulgação das informações. O sistema também é de grande ajuda para as empresas, pois tem importância na fiscalização das linhas [22].

Tendo em vista todos estes serviços apresentados, é possível ver que eles fornecem informações valiosas para os usuários, já que previsões de horário de chegada dos ônibus são mostradas. Entretanto, mesmo com essas facilidades, como alguém sem conhecimento sobre a cidade faria para utilizar o transporte público do local? Como saber onde descer, precisamente? E se precisar ir a mais de um lugar? A mera informação de um horário, nestes casos, não ajudaria em nada, já que a pessoa possuiria informações insuficientes ou nulas sobre locais de paradas de ônibus, linhas presentes e locais próximos.

Já serviços como o PoaBus, visto anteriormente, disponibilizam as informações sobre os trajetos das linhas da cidade, neste caso de Porto Alegre. Aplicações deste tipo acabam ajudando quando se necessita descobrir que linhas passam por determinadas ruas ou avenidas. Entretanto, para o usuário que desconhece a cidade, este tipo de informação também pode causar confusão, no sentido de não guiá-lo e exigir que informações de terceiros ainda sejam necessárias. Assim, a implementação de um serviço que guie o usuário, fornecendo maiores informações sobre a redondeza onde ele se encontra, associado à linhas do transporte público, aparentemente agregaria maior valor para o usuário final.

Figura 11 – Previsão de horários de ônibus em Mauá/SP [23].

044 Camila	
Lan House. X Terminal - Centro.	Terminal - Centro. X Lan House.
19:29  Lan House. (2007)	19:37  Secretaria de Segurança Alimenta
19:31  Educandário.	19:29  ENTRE PONTOS (2010)
19:32  Fama.	20:01  UESMA.
19:33  Campo	20:00  Passarela.
19:34  Condomínio dos Metalúrgicos.	19:58  Concessionária Unidas.
19:34  Rua Luis Benasso, 628.	19:56  MC Donalds.
19:35  Rua luis Benasso, 94.	19:55  FAMA.
19:29  Rua Luis Benasso, 282. (2001)	19:54  Campo.
19:29  Colégio Vinicius de Moraes	19:53  Rua Qeuiróz Pedroso, 932.
19:29  Rua Décio de Assis Pedroso, 284.	19:52  Rua luis Benasso, 518.
19:29  Rua João Varin, 10.	19:51  Rua Santa Bárbara do Oeste, 230.

4 IMPLEMENTAÇÃO

4.1 INTRODUÇÃO

Uma vez que importantes eventos internacionais acontecerão em Porto Alegre nos próximos anos, como a Copa do Mundo de futebol, em 2014, observou-se que é inevitável uma melhoria no sistema de informações a turistas no que diz respeito ao seu transporte.

Com a atual falta de um serviço que, de fato, ajude um turista que não tem nenhum conhecimento geográfico de uma cidade a se locomover, implementou-se um serviço que, além de oferecer sugestões sobre importantes pontos a serem visitados – tais como museus, restaurantes e parques – também mostra ao usuário como chegar aos destinos desejados utilizando o transporte público.

Explorando esta necessidade, o sistema aqui descrito propõe melhorias na experiência do usuário ao visitar locais desconhecidos, fazendo com que ele não se sinta perdido. Para tanto, é utilizada a representação gráfica da sua localização em um mapa, além da sugestão de pontos que poderiam ser de interesse do turista, como restaurantes, museus, estádios e parques. Estas recomendações são essenciais, pois nem todo turista tem o hábito de fazer pesquisas sobre o local que irá visitar, perdendo de conhecer pontos turísticos que lhe proporcionariam uma melhor imagem da cidade. Além desta sugestões, será disponibilizado um serviço que auxilie-o a encontrar as melhores alternativas de transporte público para sua locomoção na cidade, entre os pontos escolhidos.

A localização do usuário é feita através dos recursos providos por *smartphones* que, ao consultar via internet o serviço aqui apresentado, recebe sugestões de locais importantes próximos ao usuário. Caso o usuário prefira deslocar-se até algum destes pontos, basta selecioná-lo que o sistema mostra a rota até o mesmo utilizando as linhas de ônibus locais.

4.2 MOTIVAÇÃO

Um dos grandes eventos internacionais que Porto Alegre está esperando para os próximos anos é a Copa do Mundo de futebol. Sempre que o assunto vem a tona, rapidamente pensamos sobre o nível médio de conhecimento de

línguas estrangeiras pela população local, e na forma com que os turistas serão ajudados nas diversas atividades disponibilizadas, tanto culturais como comerciais.

A imagem que um turista faz de uma cidade visitada é diretamente afetada pela forma com que ele foi tratado e pela facilidade de uso da infraestrutura da cidade. Se ele pode aproveitar a visita sem contratempos, otimizando o tempo gasto em tarefas que ele não considera essenciais, como deslocamento, a imagem será positiva. Caso contrário, a burocracia destes serviços pode prejudicar a mesma.

Com tempo limitado, ele quer tirar o maior proveito dos dias que passará aqui, evitando gastar dinheiro desnecessariamente. Por isso, consideramos de suma importância o foco aplicado ao transporte público, que por atender a praticamente toda a área urbana porto-alegrense, permite ao turista o deslocamento eficiente e barato entre os principais pontos da cidade.

Porém, percebemos uma grande deficiência na forma como as informações sobre o transporte público são disponibilizadas ao usuário. E isso é um problema que não se aplica somente à Porto Alegre, mas à grande maioria das cidades do Brasil. Os serviços disponibilizados exigem que o usuário tenha algum conhecimento geográfico sobre a cidade, assim como requerem que ele tenha pesquisado previamente sobre destinos populares, como restaurantes, museus e pontos históricos.

Neste contexto, criamos um conceito de aplicativo que integra a sugestão de pontos turísticos, com informações sobre como chegar a estes pontos usando o transporte público. Este aplicativo poderia ser divulgado pela empresa responsável pelo transporte público na cidade – no caso de Porto Alegre, a EPTC – e poderia ser acessado de qualquer lugar, através do navegador do celular do usuário e de forma gratuita.

4.3 FUNCIONAMENTO

Ao acessar o sistema, são oferecidas sugestões de pontos de interesse ao usuário, divididos por categoria. Ao selecionar algum destes pontos, este é transferido para uma lista de locais a visitar, que armazena todos os pontos escolhidos pelo usuário.

Utilizando os recursos do *smartphone*, o sistema calcula a rota e as linhas de ônibus a serem utilizadas para chegar ao local, a partir da localização atual do usuário. Ao mesmo tempo, são inseridos marcadores no mapa para indicar onde ele está no momento, as paradas de ônibus próximas à origem e ao destino selecionados, e eventuais conexões com diferentes linhas de ônibus.

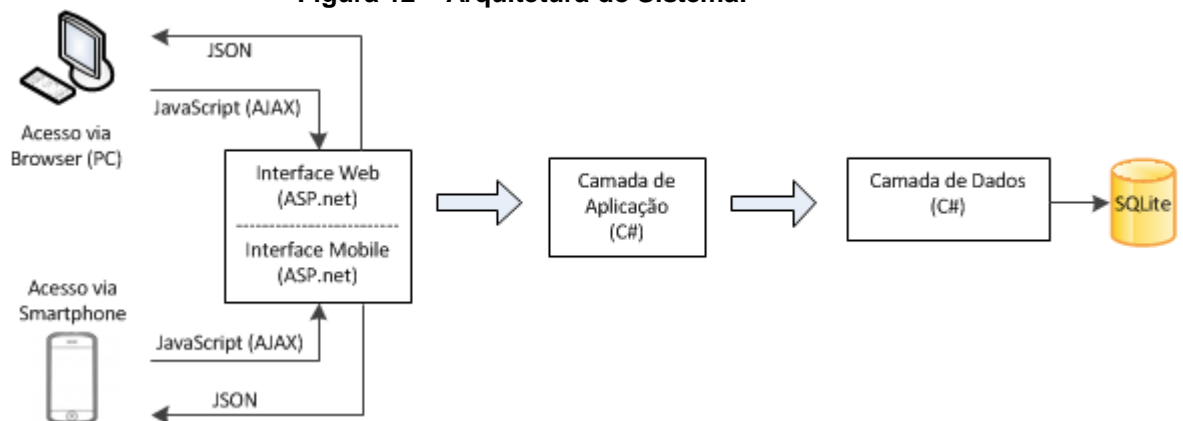
Uma vez que os marcadores são inseridos no mapa, o usuário tem uma fácil visualização da distância entre a sua posição atual, em relação à parada mais próxima do destino, posição esta que será constantemente atualizada a medida que o deslocamento acontece. Desta forma, ele saberá exatamente onde deve descer, sem depender de ajuda externa.

4.4 ARQUITETURA

A aplicação foi feita sobre a plataforma .NET da Microsoft [25]. Para o seu desenvolvimento, optou-se pelo uso da arquitetura em camadas, representada na Figura 12, a fim de facilitar possíveis manutenções e também por prover a divisão de funcionalidades em módulos independentes, permitindo que diferentes partes da aplicação fossem implementadas em paralelo.

Foi implementada uma camada *web* responsável pela interface com o usuário e que se utiliza dos serviços oferecidos pela segunda camada, a camada de aplicação, que é responsável por toda a lógica principal do serviço. Por último, existe a camada de dados que recebe as requisições da camada de aplicação e efetua operações sobre o banco de dados [26].

Figura 12 – Arquitetura do Sistema.

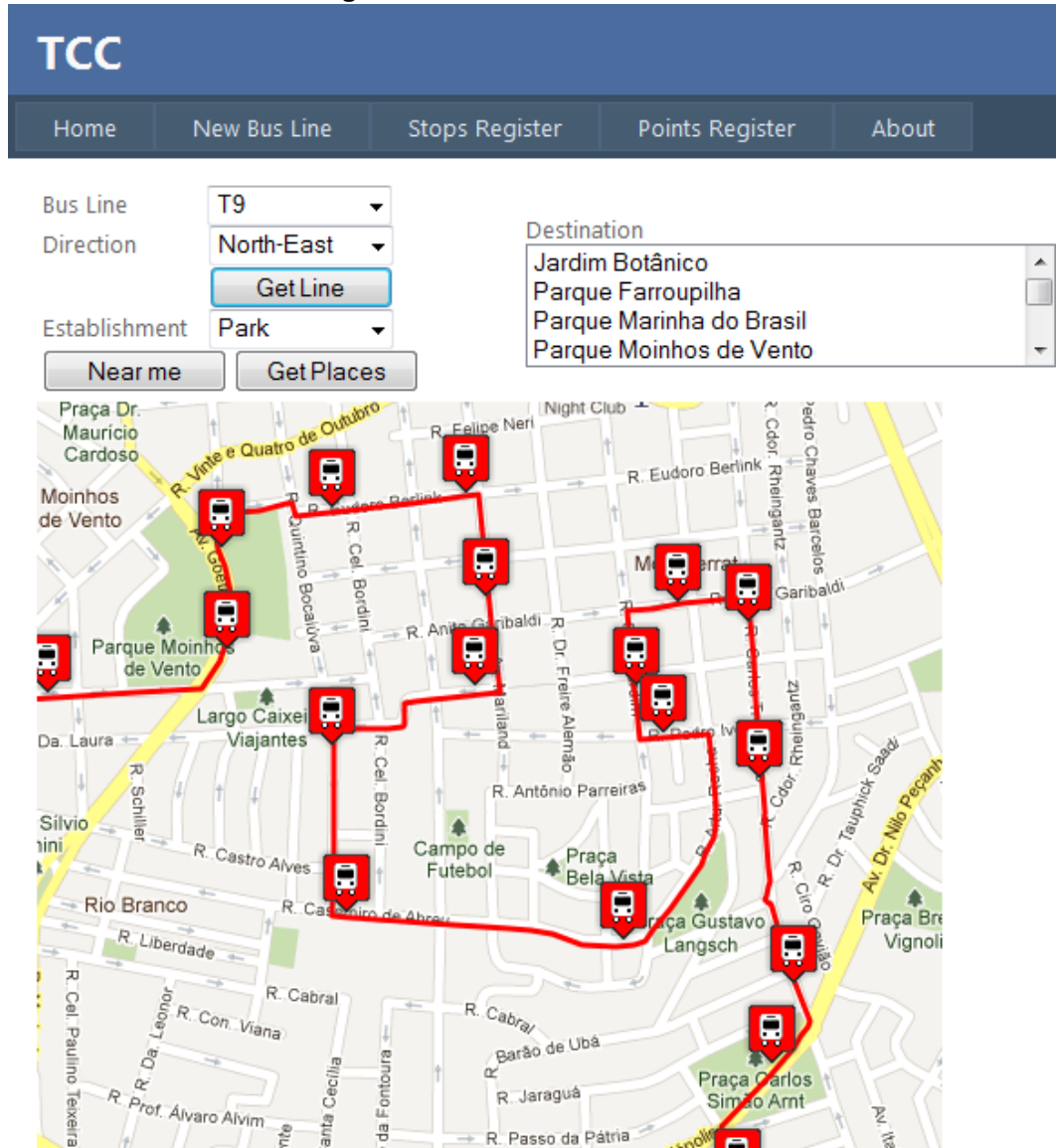


4.4.1 Interface

Como dito anteriormente, ao acessar a aplicação via internet são apresentadas algumas opções de destino que o ajudam em seu deslocamento dependendo de sua necessidade. O sistema conta com buscas individuais por trajeto de linhas incluindo suas paradas, buscas por estabelecimentos ou pontos turísticos, buscas por locais de possível interesse nas proximidades de sua localização e a possibilidade de escolha de vários locais a visitar, que ficam armazenados.

A busca por linhas e seus trajetos pode ser feita pelo usuário através de duas *drop down lists*. A primeira delas mostra ao usuário as várias linhas existentes na cidade de Porto Alegre. Uma vez feita a escolha da linha, a segunda *drop down list* é preenchida com as informações de direção disponíveis para aquela linha (Norte-Sul, Centro-Bairro, etc.). A partir da seleção de uma opção, o usuário pode clicar no botão *Get Line*, que plota no mapa o trajeto da linha de ônibus selecionada, bem como as suas paradas, através de marcadores. Um exemplo de visualização de uma linha de ônibus é visto na Figura 13.

Figura 13 – Trecho da Linha T9.



A busca por estabelecimentos ou pontos turísticos também é feita através de uma *drop down list*, que conta com tipos ítems, como parques ou restaurantes. Ao selecionar uma das opções, o usuário tem à sua disposição o botão *Get Places*, que ao ser clicado plota no mapa todos os locais da categoria de estabelecimentos escolhida pelo usuário, como é mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Busca de Lugares de Tipo Específico.

The screenshot displays the TCC website interface. At the top, there is a navigation menu with links: Home, New Bus Line, Stops Register, Points Register, and About. Below the menu, there are search filters:

- Bus Line:** T1 (dropdown menu)
- Direction:** South-North (dropdown menu)
- Establishment:** Stadium (dropdown menu)
- Buttons:** "Get Line" (next to Bus Line), "Near me" (next to Establishment), and "Get Places" (next to Direction).
- Destination:** A list box containing "Delicia Natural", "Estádio Beira-Rio", "Estádio Olímpico", and "Estádio Passo D'Areia".

Below the filters is a map of Porto Alegre, Brazil. The map shows a bus route highlighted in orange. A red location pin is placed on the map, and a callout box identifies the location as "Estádio Olímpico". Other landmarks and streets are labeled on the map, including "Parque Maurício Sirotsky Sobrinho", "Universidade Federal do Rio Grande do Sul", and "Av. Ipiranga".

Além deste tipo de busca, existe o botão *Near Me* que permite ao usuário buscar pontos próximos a ele. Esta busca é feita com base na localização atual do usuário, capturada no momento do acesso ao site. Ao ser clicado este botão plota todos os locais, independente de categoria, próximos deste usuário. A Figura 15 ilustra uma busca através do botão *Near Me*.

Figura 15 – Busca de Lugares Próximos ao Usuário.

The screenshot displays a web application interface for finding nearby places. At the top, there is a navigation menu with the following items: Home, New Bus Line, Stops Register, Points Register, and About. Below the menu, there are search filters: Bus Line (T1), Direction (South-North), and Establishment (Park). There are also buttons for 'Near me' and 'Get Places'. A 'Destination' list box is visible, containing the following items: Jardim Botânico, Parque Farroupilha, Parque Marinha do Brasil, and Parque Moinhos de Vento. The main area of the interface is a map showing a street grid. A yellow route is highlighted on the map, starting from the bottom left and moving towards the top right. Landmarks and streets labeled on the map include Estação Ferroviária, Cine Teatro Ipiranga, Colégio de Primeiro E Segundo Grau Ns. do Bom Conselho, Praça Júlio de Castilhos, Praça Berta Starosta, Praça Int. Montau, Praça Silvio Ughini, Rio Branco, and Parque Moinhos de Vento. A blue location pin is placed on the map near Praça Int. Montau.

Por fim, além de exibir os pontos no mapa, também é possível traçar uma rota até os mesmos. Inicialmente todos os locais são exibidos em uma lista, usando um componente chamado *list box*. Ao dar um clique em um item, este é movido para uma segunda lista, exibida quando o primeiro item é selecionado, utilizada para agrupar locais a serem visitados. Esta lista também reage ao evento de clique, que faz com que se remova um item que não se deseja mais visitar. Após a seleção dos locais, através do botão *Go To Next*, o usuário tem a rota traçada desde a origem até o primeiro destino selecionado, indicando os

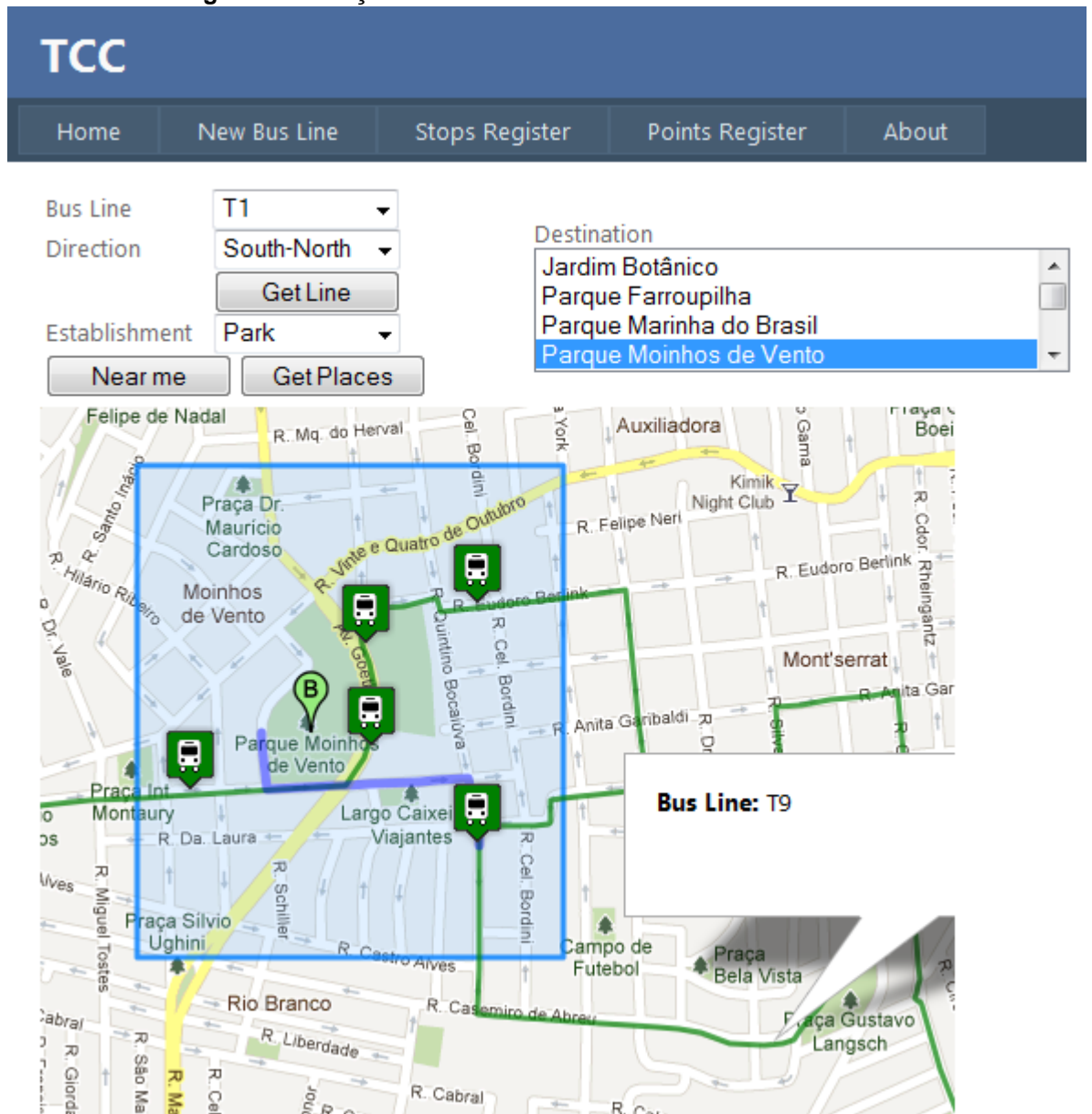
pontos de conexão entre linhas, caso existam, e as paradas de cada linha. Quando clicado, o botão sempre utiliza o elemento de índice zero da lista, e remove o mesmo após a rota ter sido traçada. Desta forma, as rotas são traçadas com base na ordem em que os pontos foram escolhidos pelo usuário, e a medida que ele visita os mesmos. Ambas listas podem ser visualizadas na Figura 16. Em seguida, na Figura 17 é representado o traçado de uma rota a um dos destinos selecionados.

Figura 16 – Seleção de Destino.

The screenshot displays a web application interface for selecting a destination. At the top, there is a navigation bar with the logo 'TCC' and menu items: 'Home', 'New Bus Line', 'Stops Register', 'Points Register', and 'About'. Below the navigation bar, the interface is divided into several sections:

- Form Fields:**
 - Bus Line:** A dropdown menu set to 'T1'.
 - Direction:** A dropdown menu set to 'South-North'.
 - Establishment:** A dropdown menu set to 'Park'.
 - Destination:** A list box containing 'Parque Farroupilha', 'Parque Marinha do Brasil', 'Parque Moinhos de Vento' (highlighted in blue), and 'Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS'.
 - Selected:** A text field containing 'Parque Moinhos de Vento'.
- Buttons:**
 - 'Get Line' (next to the Bus Line dropdown).
 - 'Near me' and 'Get Places' (below the Establishment dropdown).
 - 'Go To Next' (below the Selected field).
- Map:** A map showing a route starting from a green pin labeled 'A' on Av. Wanga. The route is highlighted in orange and passes through Av. Ipiranga and Av. Bento Gonçalves. Landmarks like 'Jardim Botânico', 'Hosp. Universitário da PUC', and 'Pontifícia Universidade Católica - PUC' are visible.

Figura 17 – Traçado de Rota ao Destino Escolhido.



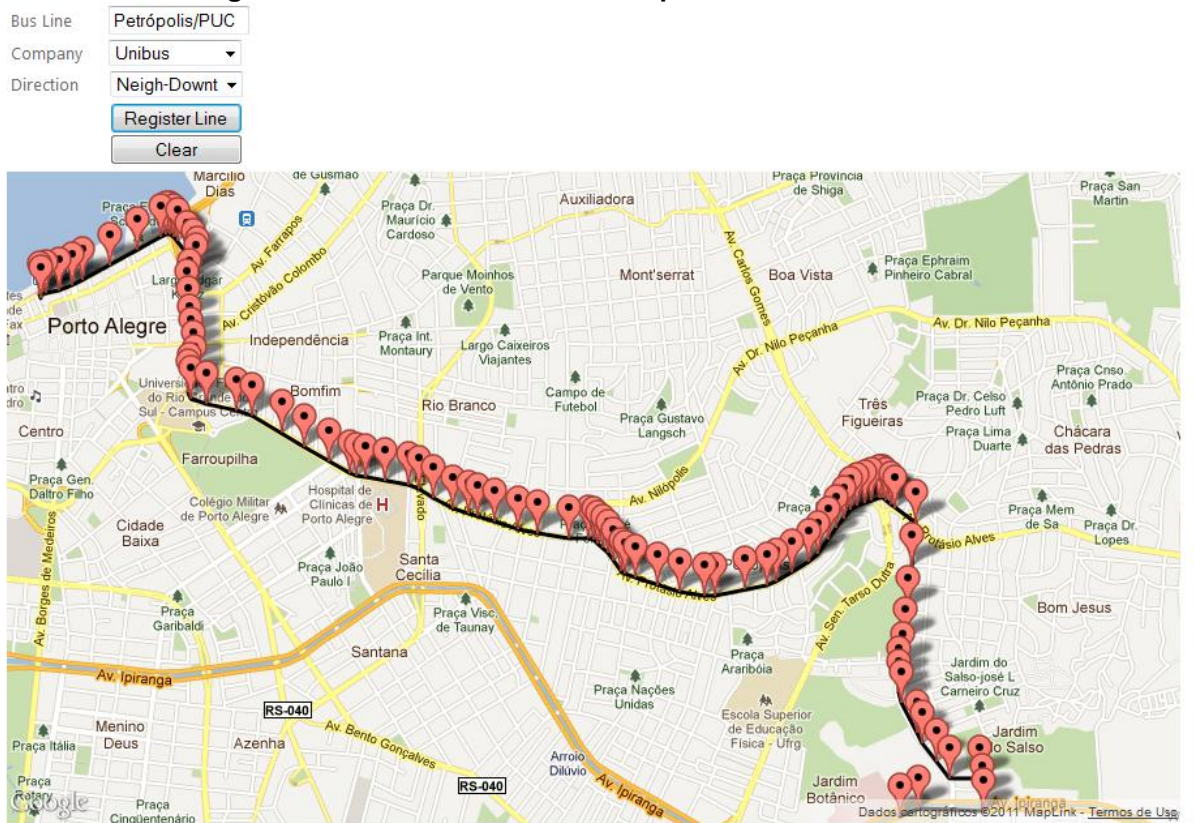
Além disso, optou-se por deixar o serviço de cadastros de linhas, paradas de ônibus e de pontos turísticos abertos ao usuário. O registro de linhas de ônibus pode ser acessado através de uma aba chamada *New Bus Line*, presente na aplicação. Ao acessar esta página, o usuário pode inserir o nome da linha, a empresa responsável e a direção da mesma, como indica a Figura 18.

Figura 18 – Opções para cadastro de linha.

Bus Line	<input type="text" value="Petrópolis/PUC"/>
Company	<input type="text" value="Carris"/> ▼
Direction	<input type="text" value="Neigh-Downt"/> ▼
	<input type="button" value="Register Line"/>
	<input type="button" value="Clear"/>

Junto com a informação destes dados é preciso cadastrar o trajeto da linha, o que é feito inserindo pontos no mapa, através de cliques, de maneira a indicar os locais por onde a linha passa. Através do botão *Register Line* a operação é finalizada. Ainda é possível apagar os pontos colocados no mapa, clicando no botão *Clear*. O cadastro do trajeto da linha é ilustrado pela Figura 19.

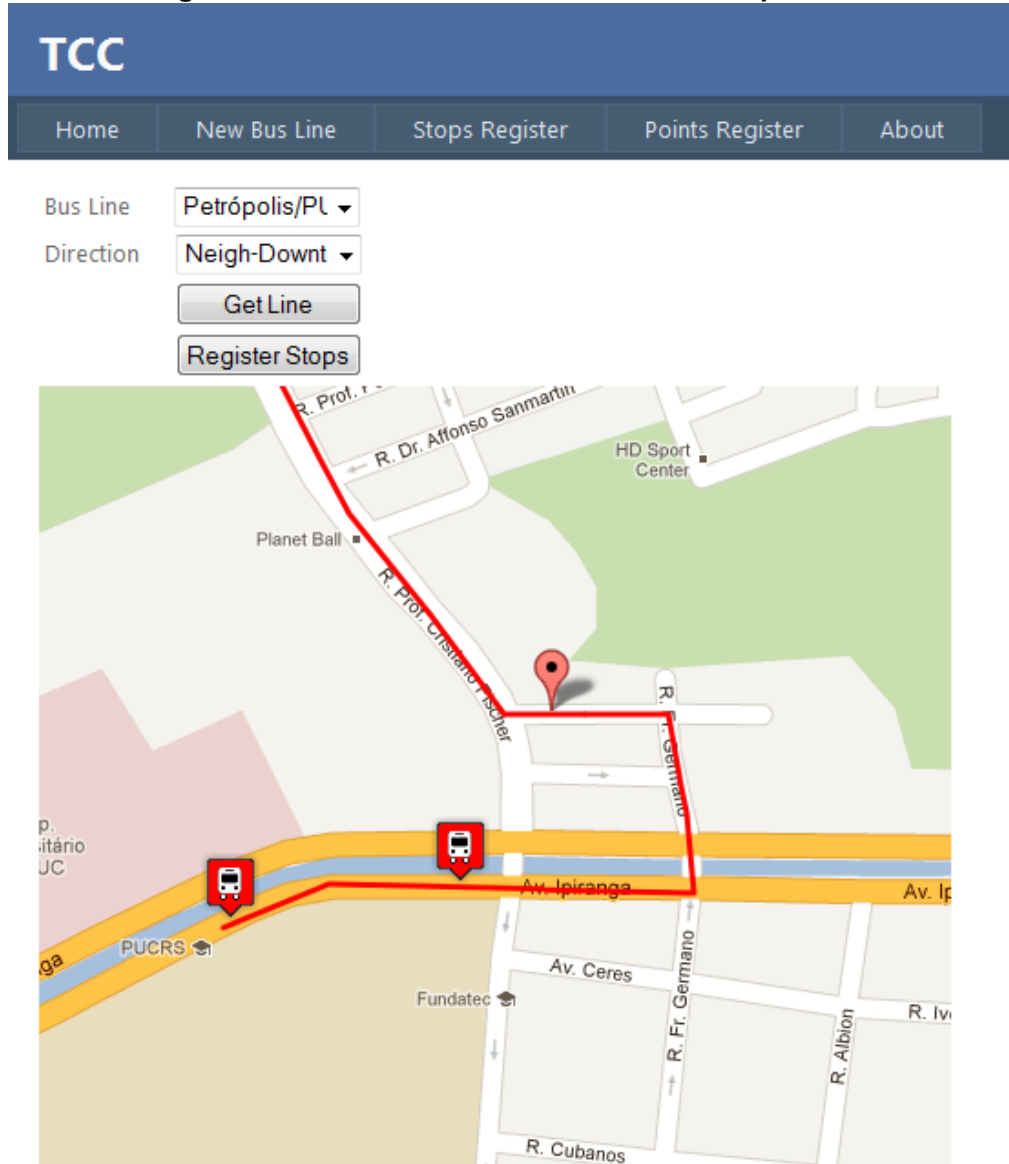
Figura 19 – Cadastro da Linha Petrópolis/PUC.



O registro de paradas é feito através de uma aba chamada *Stops Register*, que pode ser vista na Figura 20. É necessário que o usuário faça a busca pela linha para a qual deseja cadastrar paradas através das *drop down lists* que indicam a linha de ônibus e a sua direção. Após selecionadas estas opções, a

linha pode ser desenhada no mapa clicando no botão *Get Line*. A partir deste momento, ao clicar em um ponto do mapa um marcador genérico será inserido indicando que ali existe uma parada de ônibus e as paradas já cadastradas são mostradas com um marcador específico. Tendo terminado esta identificação, o usuário pode clicar no botão *Register Stops* para finalizar a operação.

Figura 20 – Cadastro de Paradas da Linha Petrópolis/PUC



Por último, o cadastro de pontos turísticos e estabelecimentos pode ser feito através da guia *Points Register*. O usuário deve entrar com o nome do local e selecionar uma categoria, como mostra a Figura 21.

Figura 21 – Opções para cadastro de ponto turístico.

Touristic Point

Establishment

O ponto a ser cadastrado pode ser selecionado no mapa através de um clique, fazendo com que um marcador seja colocado no local ou arrastando um marcador já existente para a posição desejada. Por fim, o usuário deve clicar no botão *Register Point*. A Figura 22 ilustra um exemplo de cadastro de pontos.

Figura 22 – Registro do Estádio Olímpico Monumental.

TCC

Home New Bus Line Stops Register Points Register About

Touristic Point

Establishment

4.4.2 Camada Web

O objetivo da camada *web* é possibilitar a interação do usuário com a aplicação. Além da implementação da interface, exemplificada no item anterior, é ela que faz a comunicação com a camada de aplicação requisitando dados do servidor e tratando as suas respostas.

Esta troca de informações entre cliente e servidor é feita, na maioria das vezes, utilizando AJAX. AJAX é um conjunto de tecnologias que incorpora troca e manipulação de dados usando XML, retorno de dados assincronamente usando XMLHttpRequest, etc. Quando é feita alguma requisição pelo usuário é executada uma chamada JavaScript para uma ferramenta AJAX. Se for necessário consultar o servidor, a ferramenta o faz de forma assíncrona, através de requisições, geralmente usando XML, de forma a não parar a interação do usuário com a aplicação. Para a utilização deste recurso, foi usada a jQuery, uma API para JavaScript desenvolvida para facilitar a interação de *scripts client side* com o servidor [27].

Na utilização de AJAX para requisições a partir do cliente, a camada *web* envia uma consulta assíncrona para a camada de aplicação. Esta, por sua vez, pode consultar a camada de dados devolvendo as informações desejadas pelo usuário. Estas respostas podem ser entregues em diversos formatos, entretanto no serviço aqui descrito optou-se por utilizar respostas em formato JSON [27].

O formato JSON é basicamente um conjunto de chaves e valores que podem ser interpretadas em qualquer linguagem que seja utilizada. Uma estrutura JSON pode ser identificada de duas maneiras. Como uma coleção de pares nome/valor ou como uma lista ordenada de valores. Através do uso da biblioteca jQuery, a resposta do servidor é avaliada em formato JSON e retornada em forma de um JavaScriptObject. Qualquer estrutura mal formada é rejeitada, gerando uma exceção, garantindo assim integridade da aplicação [27].

No serviço desenvolvido, esta forma de aquisição de informações é utilizada quando o usuário consulta linhas de ônibus e seus trajetos, lugares próximos a ele, estabelecimentos e pontos turísticos e também no cálculo das rotas de uma origem até um destino.

4.4.3 Camada de Dados

A aplicação desenvolvida utiliza informações referentes a itinerários de linhas de ônibus, paradas de ônibus e pontos turísticos da cidade de Porto Alegre, como museus e parques. Para o armazenamento destas, foi necessária a utilização de um banco de dados. No caso, a escolha foi o SQLite.

O SQLite é uma biblioteca em linguagem C que implementa um banco de dados. Ele não é apenas uma biblioteca utilizada para a comunicação com um servidor. O banco de dados utilizando o SQLite é um grande arquivo armazenado em um disco, que pode inclusive ser utilizado em outra máquina operando em uma arquitetura completamente diferente [28].

Uma das grandes vantagens encontradas durante o seu uso foi o fato de não ter sido necessário nenhum tipo de instalação, e não ser necessária a utilização de nenhum servidor que precisasse ser iniciado, gerenciado ou configurado. Nenhum tipo de arquivo de configuração é utilizado pelo SQLite e nada precisa ser feito para deixar o sistema ciente da execução do mesmo [28]. Esta interface amigável de uso acabou sendo determinante para a sua escolha, já que muitas vezes o processo de instalação e configuração de um banco de dados pode ser trabalhoso.

Como a aplicação foi desenvolvida utilizando a linguagem C#, juntamente com o *framework* .NET, foi necessário o uso de uma API, já que a biblioteca originalmente é escrita em C. Assim, optou-se pelo uso da biblioteca System.Data.SQLite, um projeto aberto, composto pelo SQLite original, e uma API completa para o uso com o *framework* .NET [29]. Através desta biblioteca foi possível utilizar todos os comandos do SQLite no desenvolvimento da camada de dados da aplicação.

A camada de dados é composta por cinco tabelas que armazenam todas as informações utilizadas pela aplicação. Três destas tabelas referem-se a informações de linhas de ônibus e as outras duas a informações de estabelecimentos e pontos turísticos.

Para controle das linhas de ônibus utilizam-se as tabelas *busTable*, *stopTable* e *segmentTable*.

A tabela *busTable* possui uma chave primária (*busIndex*) e outros dois campos *busLine* e *companyName* que indicam respectivamente o nome da linha e a empresa responsável pela administração da mesma.

A tabela *stopTable* também possui uma chave primária (*stopIndex*) e outros quatro campos, *busLine*, *lat*, *lon* e *direction*, que informam a linha a qual a parada está vinculada, a latitude e longitude daquela parada e a direção (Norte-Sul, Bairro-Centro, etc.) da linha de ônibus. O campo *busLine* também é uma chave estrangeira que relaciona a tabela *stopTable* à tabela *busTable*.

Por último, a tabela *segmentTable*, que armazena um conjunto de pontos que forma o trajeto de uma linha específica. Além da chave primária (*segmentIndex*) é formada por mais cinco campos, *busLine*, *lat*, *lon*, *sequency* e *direction*, que indicam a linha de ônibus, latitude e longitude do ponto, a sequência do ponto e a direção da linha de ônibus. O campo *busLine* também é uma chave estrangeira que relaciona a tabela *segmentTable* à tabela *busTable*.

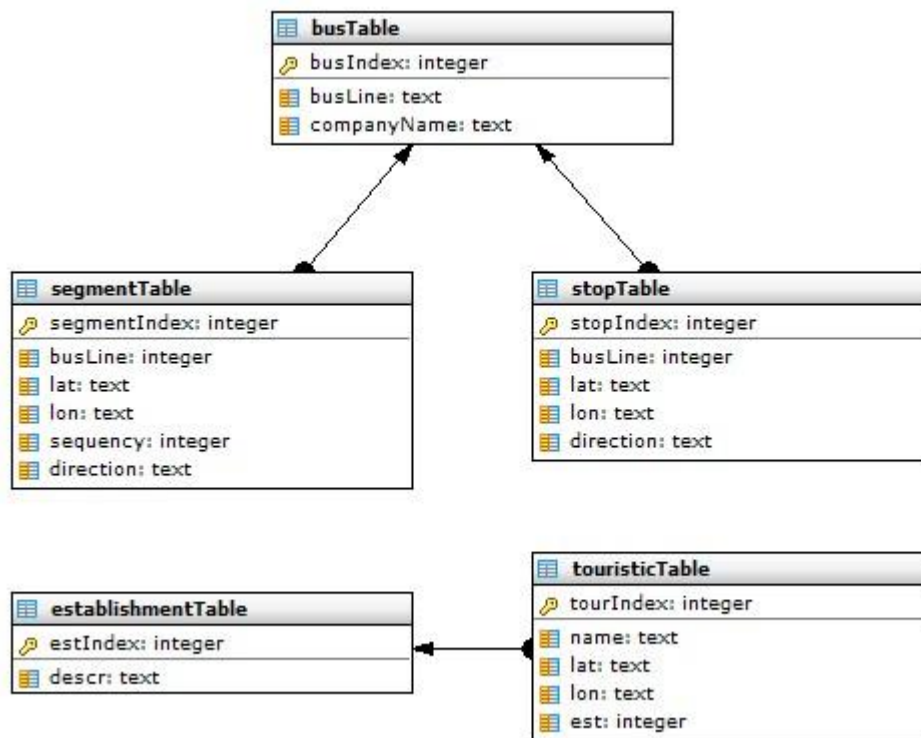
Para controle de pontos turísticos e estabelecimentos as tabelas usadas são *establishmentTable* e *touristicTable*.

A tabela *establishmentTable* possui uma chave primária (*estIndex*) e mais um campo *descr*, que indica um tipo de estabelecimento ou ponto turístico, como um parque ou um restaurante, por exemplo.

A segunda tabela, *touristicTable* possui uma chave primária (*tourIndex*) e outros quatro campos, *name*, *lat*, *lon* e *est*, que guardam o nome do estabelecimento, latitude e longitude do local e o tipo de estabelecimento ou ponto turístico, respectivamente. O campo *est* também é uma chave estrangeira que relaciona a tabela *touristicTable* à tabela *establishmentTable*.

A Figura 23 ilustra as tabelas do banco de dados e a relação entre elas, através de um diagrama Entidade Relacionamento.

Figura 23 – Diagrama Entidade Relacionamento.



4.4.4 Camada de Aplicação

Esta camada concentra a lógica da aplicação implementada neste trabalho. Ela expõe à camada *web* métodos para ser acessada. É nesta camada que é feito o tratamento das requisições dos usuários.

Estas são repassadas para a camada de aplicação através da utilização de métodos visíveis para a camada *web*. Quando uma requisição é recebida, a aplicação cria uma conexão com a camada de dados, de onde são buscadas as informações necessárias para um determinado processamento. Através de classes auxiliares, o resultado do processamento é devolvido à camada *web*, encarregada de mostrá-lo ao usuário em formato apropriado.

É aqui também onde está implementado o algoritmo de busca de linhas, que efetua o cruzamento de informações dos ônibus e paradas para identificar pontos de origem e destino, calculando as rotas que serão mostradas ao usuário pela camada *web*. Este algoritmo terá sua lógica apresentada separadamente na seção 5.5.

4.5 ALGORITMO DE BUSCA E COMBINAÇÃO DE ROTAS

Como parte da solução, foi necessário elaborar um algoritmo que receba como parâmetro uma localização e pesquise, com base nos dados previamente guardados, as paradas de ônibus próximas a esta. Isto se fez necessário para calcular as rotas de ônibus que passam entre uma origem e um destino.

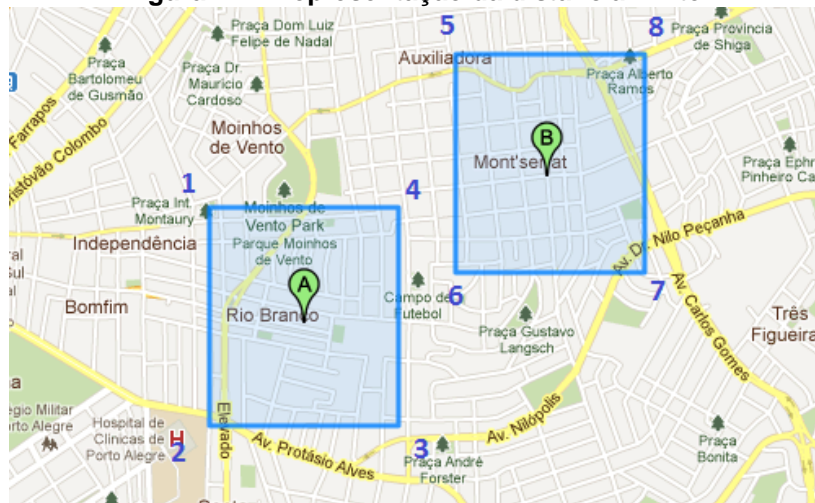
O algoritmo funciona da seguinte maneira: quando um destino é selecionado no mapa, uma chamada AJAX é feita à camada *web* contendo dois pares de coordenadas, representando a origem e o destino. A camada *web* recebe esses dados e os armazena em um objeto, que será passado como parâmetro em procedimentos futuros. A camada *web*, ao armazenar dados no objeto, chama métodos diferentes da camada de aplicação, na seguinte ordem: *GetStopsNear*, *GetLinesNear* e *SearchLineMatches*.

4.5.1 *GetStopsNear*

O método *GetStopsNear* está localizado na camada de aplicação do serviço, e é responsável por localizar todas as paradas de ônibus existentes próximo aos pontos de origem e destino recebidos da função de busca, da camada *web*.

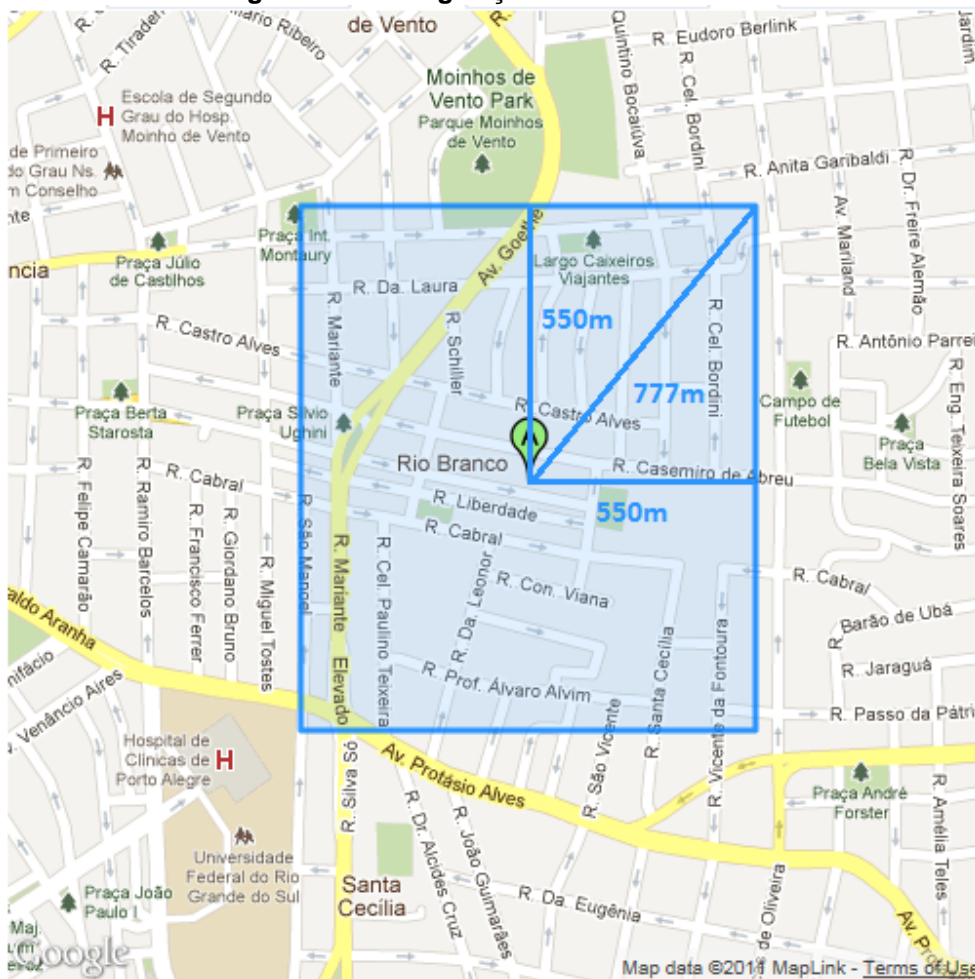
Para estabelecer o limite de busca, foi utilizado um novo método chamado *GetEdges*. Este método recebe o mesmo parâmetro recebido por *GetStopsNear*, e retorna as quatro arestas de um quadrado imaginário, que envolve os pontos recebidos. Desta forma, tem-se uma representação numérica, através de coordenadas, da distância considerada como limite para o usuário andar, como pode ser visto na Figura 24.

Figura 24 – Representação da distância limite.



Como foram utilizadas as coordenadas na forma Graus Decimais, o método *GetEdges* calcula as quatro arestas que envolvem cada ponto com uma diferença de $0,005^\circ$, o que corresponde a cerca de 550m [30]. Deste modo, a distância máxima que o usuário terá que caminhar, segundo o Teorema de Pitágoras, será de 777 metros [31], como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Triangulação da distância máxima.



Uma vez que se tem todos os limites de busca, representados por quatro arestas da origem e outras quatro do destino, é realizada uma consulta ao banco de dados. Utilizando estas arestas como limitadores, a busca retorna todas as paradas de ônibus dentro destes limites, adicionando-as em dois vetores, denominados *start* e *end*, representando as paradas da origem e do destino, respectivamente.

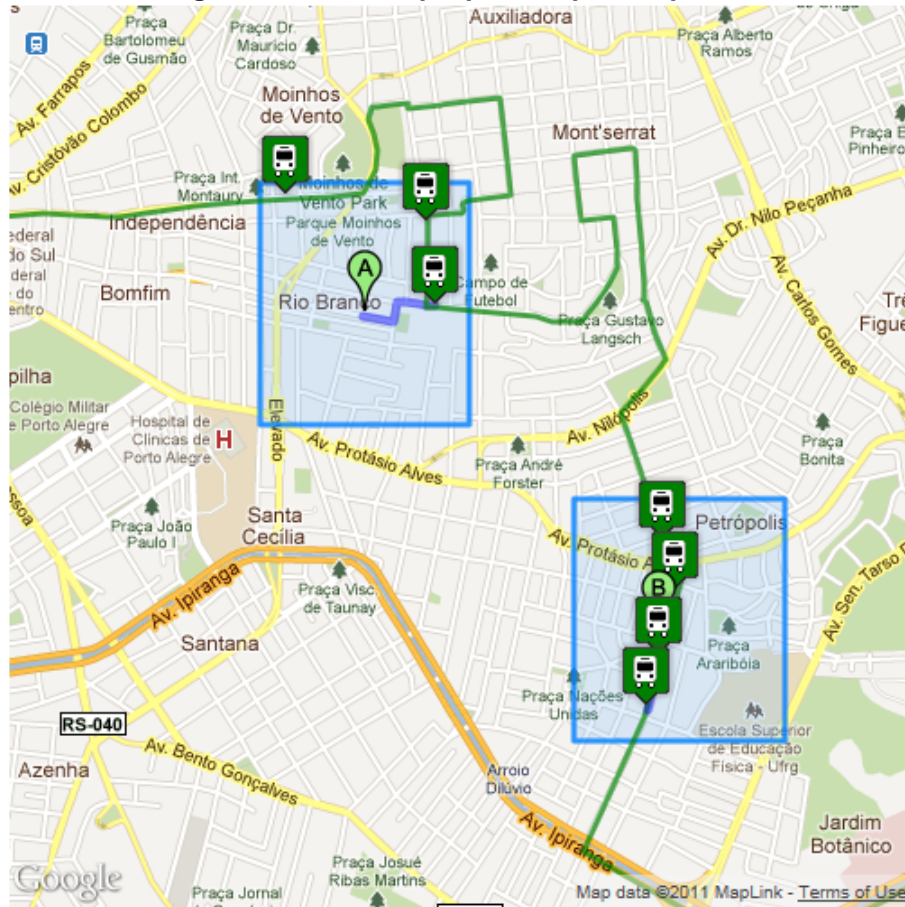
Por fim, o método *GetStopsNear* retorna para a camada *web* um objeto contendo os vetores *start* e *end*, assim como um vetor de coordenadas com todas as oito arestas limitadoras.

4.5.2 *GetLinesNear*

Uma vez que se tenha todas as paradas de ônibus próximas à origem e ao destino, o método *GetLinesNear* é chamado. Recebendo um objeto com estas paradas como parâmetro, este método faz buscas ao banco de dados para verificar que linhas de ônibus passam por estas paradas.

Como visto na Figura 23, cada parada possui a informação das linhas que passam por ela. Assim, armazena-se todas as linhas que o usuário pode pegar em dois vetores, um para a origem e um para o destino, para fins de comparação posterior. A Figura 26 ilustra a relação entre as paradas e as linhas que passam por elas.

Figura 26 – Linhas que passam por um ponto.

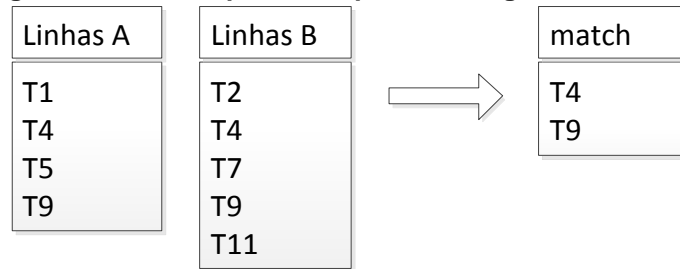


4.5.3 SearchLineMatches

Agora que o sistema já conhece todas as paradas próximas à origem e ao destino, assim como as linhas que passam por estas paradas, uma comparação pode ser feita. E é isso o que faz o método *SearchLineMatches*.

Recebendo os dois vetores de linhas retornados por *GetLinesNear*, o algoritmo percorre os dois vetores inteiros e compara linha por linha, adicionando as linhas que são correspondentes em um novo vetor, chamado *match*. Este vetor contém, então, todas as opções de linhas que o usuário pode utilizar para chegar de sua origem ao destino escolhido, como ilustra a Figura 27.

Figura 27 – Linhas possíveis para se chegar a um destino.



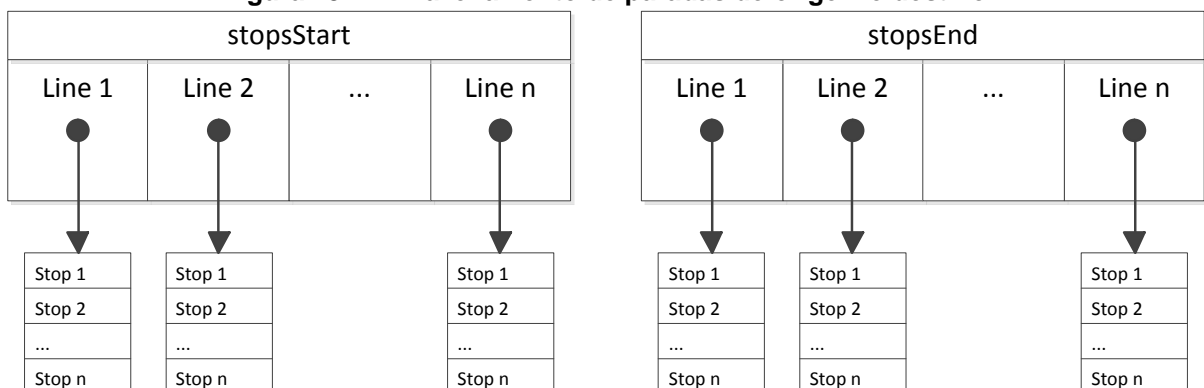
No caso de não existir nenhuma linha que atenda os dois pontos diretamente, o vetor *match* estará vazio após a execução do algoritmo. Se isto ocorrer, um outro método é chamado: o *SearchLineConnection*.

4.5.4 *SearchLineConnection*

Como não foi encontrada nenhuma linha de ônibus que ligasse os dois pontos diretamente, este método irá procurar uma alternativa utilizando duas linhas.

Recebendo como parâmetro o mesmo objeto que o método *SearchLineMatches*, contendo todas as linhas que passam pela origem e todas que passam pelo destino, o algoritmo começará fazendo uma consulta ao banco de dados por todas as paradas de cada linha, divididas por origem e destino, através da função *GetStops*. Estas paradas serão armazenadas em duas listas de vetores de coordenadas, denominadas *stopsStart* e *stopsEnd*, e representadas na Figura 28.

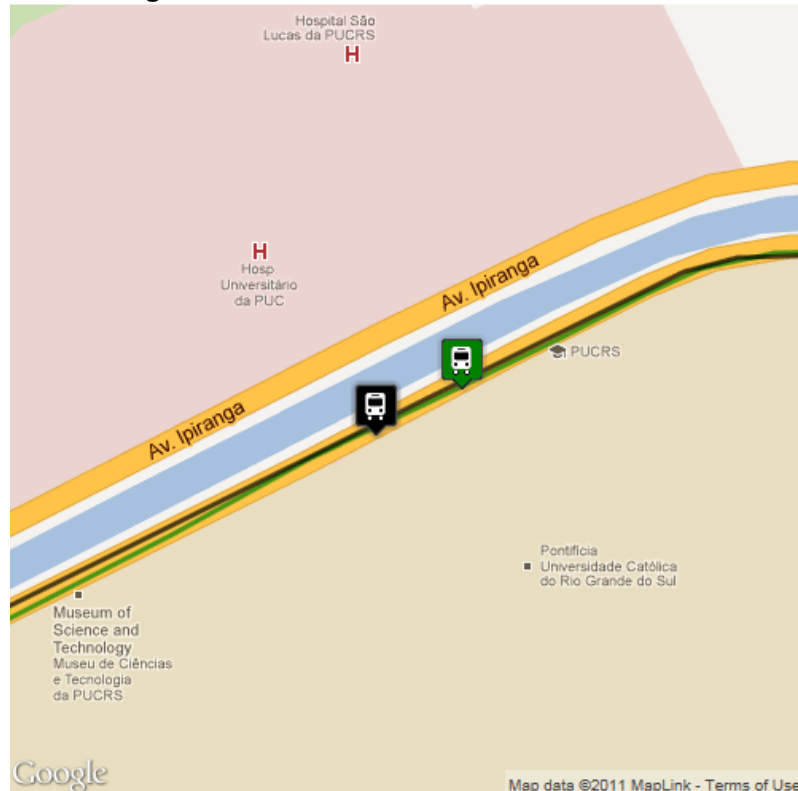
Figura 28 – Armazenamento de paradas de origem e destino.



O algoritmo então percorre parada por parada, fazendo comparações com o objetivo encontrar duas paradas próximas, como pode ser visto na Figura 29, que o usuário poderia caminhar de uma para outra afim de fazer a conexão.

Para isto, criou-se um outro método, *AreStopsNear*, que utiliza a mesma lógica descrita para *GetStopsNear*. A diferença é que este método recebe as coordenadas das duas paradas que estão sendo comparadas, verificando então se estão próximas uma da outra, utilizando o mesmo limite de caminhada verificado anteriormente.

Figura 29 – Conexão entre linhas encontrada.



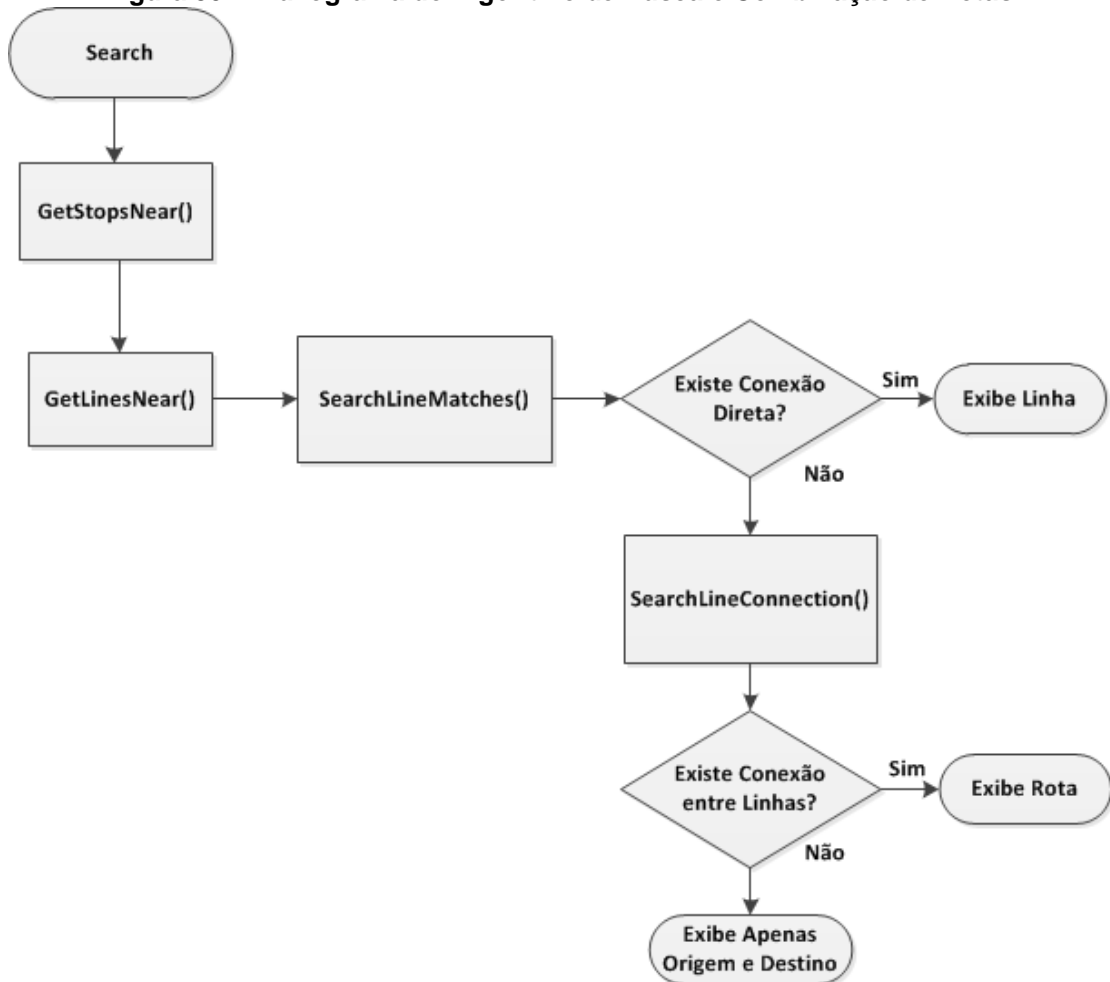
Quando uma possível conexão é encontrada, como verificado na Figura 26, estas duas paradas são adicionadas em um vetor de possíveis conexões. Este será retornado para o método anterior, *SearchLineMatches*, que retornará estes resultados para a camada *web*.

A camada *web*, por sua vez, encapsulará todos estes dados em um objeto da classe *AjaxResponse*, contendo todas as paradas próximas à origem e ao destino, todas as linhas que passam na origem e no destino, as linhas que atendem os dois pontos diretamente ou através de conexões, e os limites, em forma de coordenadas, dentro dos quais foram procuradas as paradas.

O código JavaScript receberá todos estes dados como resposta de uma chamada AJAX, e irá desenhar no mapa as informações necessárias para o usuário, como a parada até onde ele deve caminhar e as linhas que precisará pegar.

Na Figura 30 é mostrado um fluxograma do algoritmo para melhor visualização.

Figura 30 – Fluxograma do Algoritmo de Busca e Combinação de Rotas.



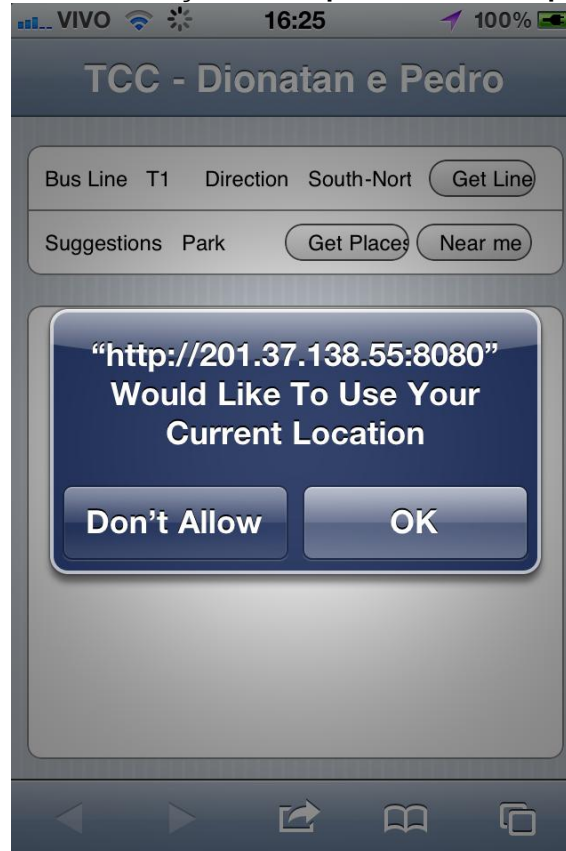
4.6 LOCALIZAÇÃO DO USUÁRIO

A Google Maps API não possui nenhuma funcionalidade que determine a posição atual de um usuário. Entretanto, as versões mais atuais de navegadores já suportam a Geolocation API. Portanto, para que fosse possível pegar as informações referentes à posição dos usuários quando acessassem o serviço, utilizamos esta API.

No Capítulo 2 foi explicado que podem ser utilizadas diferentes técnicas para determinar a posição de um dispositivo, como o GPS e a triangulação GPRS. A Geolocation API suporta ambas as formas, além de uma terceira, chamada geolocalização IP [24].

No momento em que o serviço é acessado, o usuário recebe em seu navegador a informação de que a aplicação está solicitando o compartilhamento de sua posição, e pedirá permissão para tal, como é visto na Figura 31. Após a confirmação do usuário, a aplicação consegue monitorar constantemente a sua posição através do método *watchPosition* desta API.

Figura 31 – Solicitação de compartilhamento da posição.



O método *watchPosition* pode receber de 1 a 3 argumentos. Os primeiros dois referem-se a *callbacks* que serão chamados em caso de sucesso ou erro na aquisição da posição do usuário, sendo que o *callback* de erro é opcional. O terceiro argumento, também opcional, é um objeto contendo as configurações do mecanismo de aquisição da posição. Este objeto é composto por três propriedades, *enableHighAccuracy*, *timeout* e *maximumAge* [24].

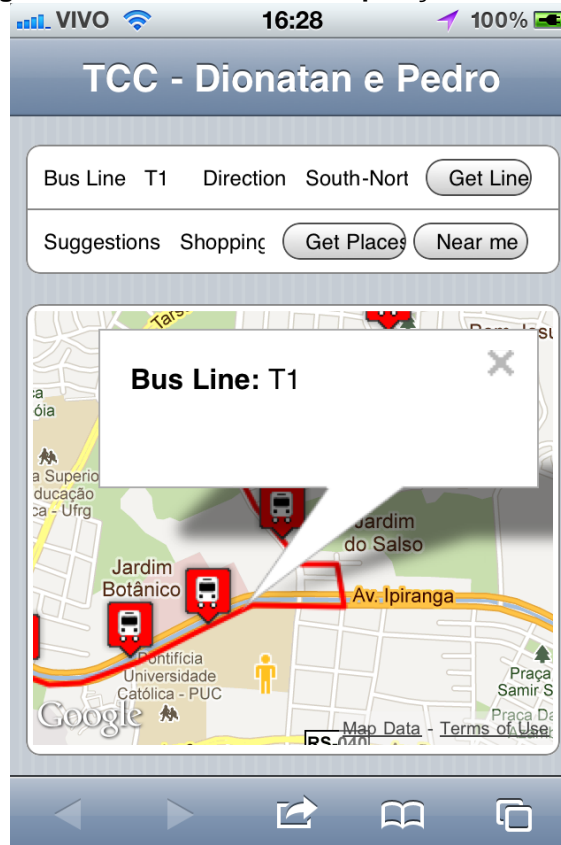
A propriedade *enableHighAccuracy*, quando com valor *true*, indica ao dispositivo que a aplicação deseja obter o melhor resultado possível. A propriedade *timeout*, expressa em milissegundos, denota o tempo máximo de espera desde a chamada do método *watchPosition* até o retorno do *callback* de sucesso correspondente. Quando não especificada, indica que não existe limite

de tempo. Por último, a propriedade *maximumAge* indica que a aplicação aceita uma posição armazenada em *cache* que não seja maior do que o especificado em milissegundos, e seu valor padrão é zero [24]. No serviço desenvolvido no trabalho são utilizadas as propriedades *enableHighAccuracy* com valor *true*, e *timeout* com valor 10000 milissegundos.

Quando invocado, o método inicia assincronamente o monitoramento da posição, tentando adquirir a localização corrente do usuário. Se esta tentativa ocorrer com sucesso, o *callback successCallback* é invocado, recebendo por parâmetro um objeto contendo a nova localização. Caso contrário, o *callback errorCallback* é chamado, recebendo por parâmetro um objeto indicando o motivo da falha.

Este monitoramento de posição, representado na Figura 32, continua durante o tempo de acesso à aplicação, e toda vez que a posição de um usuário muda, um marcador específico para indicar a localização do usuário no mapa é atualizado.

Figura 32 – Monitoramento da posição do usuário.



4.7 COMPARAÇÃO COM DEMAIS SERVIÇOS

Visando comparar o serviço desenvolvido com alguns já existentes na área, a Tabela 1 apresenta a relação entre as funcionalidades presentes nos demais serviços, e as implementadas neste trabalho. O marcador indica a presença da funcionalidade em determinado serviço.

Tabela 1 – Comparação com alguns dos serviços existentes.

	Informação das Linhas	Caminho da Linha	Rota com Conexões	Múltiplos Destinos	Pontos Turísticos	Localização do Usuário
PoaBus (Porto Alegre)	x	x				
Site EPTC (Porto Alegre)	x					
Empresa Kolumbus (Noruega)	x					

5 ESTUDOS DE CASO

5.1 CASO 1 – BARRA SHOPPING/IGUATEMI

Considere um turista que esteja fazendo compras no Barra *Shopping* na Zona Sul da cidade de Porto Alegre e que pretende se deslocar até a Zona Norte para fazer compras em lojas diferentes, no *Shopping* Iguatemi. Fazendo uma pesquisa rápida, é possível descobrir que não existe nenhuma linha de ônibus direta que saia das proximidades do Barra *Shopping* e se dirija até o Iguatemi. Entretanto, a linha de ônibus T4 que tem como ponto de saída a Avenida Diário de Notícias, próximo ao Barra *Shopping* tem como um de seus pontos de parada a PUCRS, na Avenida Ipiranga, onde se encontra um ponto de parada da linha de ônibus T1, que durante seu trajeto passa pelo *Shopping* Iguatemi.

Assim, ao fazer uma busca por Shopping Center, a aplicação indica ao usuário onde estes estabelecimentos estão localizados na cidade. Ao clicar no ícone que identifica o Iguatemi, será mostrada a rota desde a posição atual do usuário até o destino, indicando também o local onde a linha T4 deve ser pega, os pontos de conexão entre as linhas T1 e T4 e onde descer após embarcar no T1.

Na Figura 33 podem ser observados os trajetos das linhas, as paradas encontradas para embarque no T4, as paradas encontradas como pontos de intersecção entre as duas linhas para embarque no T1 e as paradas próximas ao ponto de destino.

Figura 33 – Caso 1: Linhas encontradas.


TCC

Home | New Bus Line | Stops Register | Points Register | About

Bus Line: T1
Direction: South-North
Establishment: Park

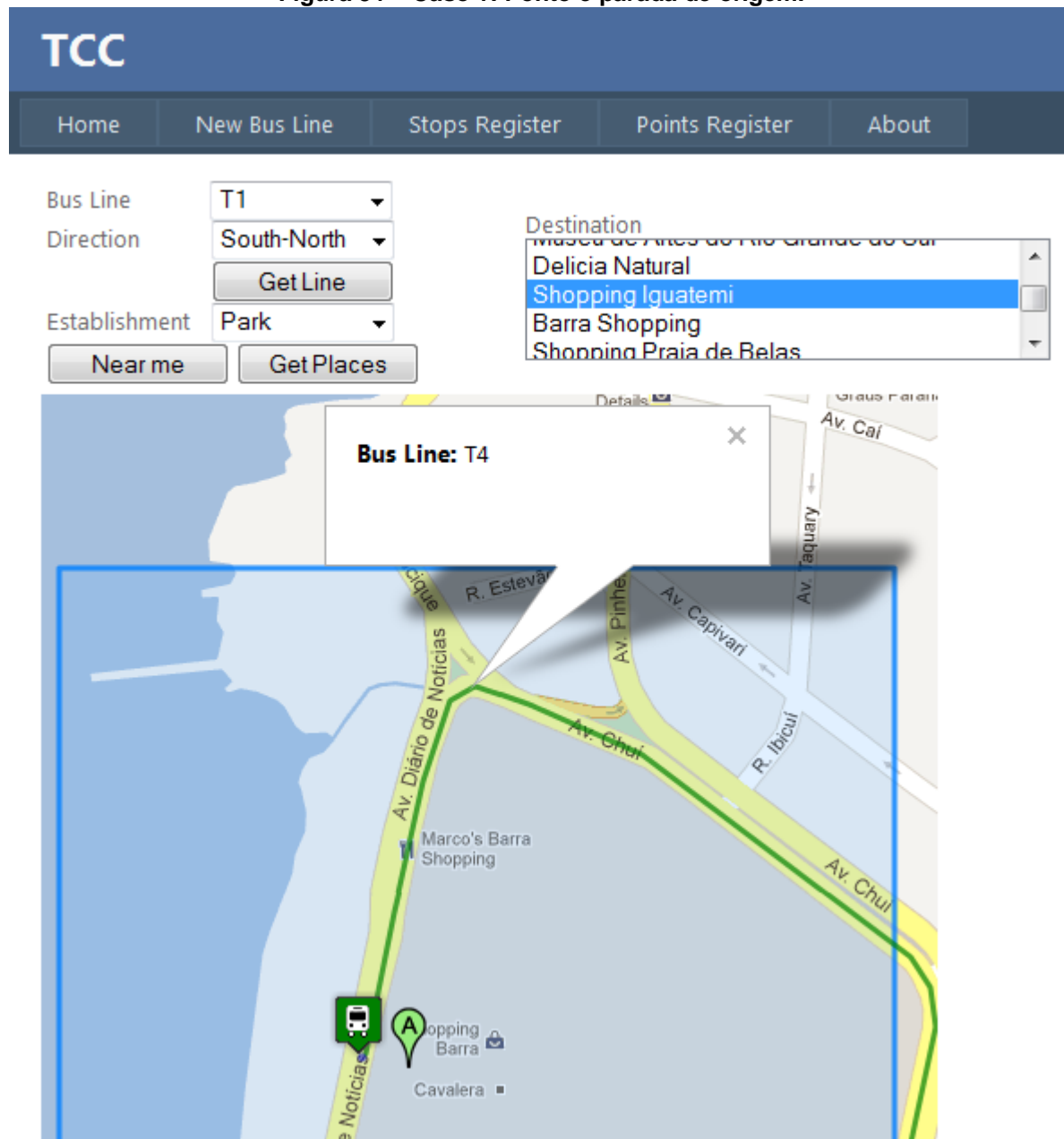
Destination:
Museu de Arte de Rio Grande do Sul
Delicia Natural
Shopping Iguatemi
Barra Shopping
Shopping Praia de Belas

Near me | Get Places



Na Figura 34 foi dado um zoom no ponto de saída do usuário. Pode-se observar que a aplicação indica a localização do usuário através do marcador A e a parada usada para embarque na primeira linha, neste caso o T4.

Figura 34 – Caso 1: Ponto e parada de origem.



Na Figura 35 foi dado um *zoom* nos pontos de intersecção entre as duas linhas. São mostradas também todas as paradas cadastradas para cada linha que estão presentes no intervalo de intersecção.

Figura 35 – Caso 1: Intersecção entre as linhas.

TCC

Home
New Bus Line
Stops Register
Points Register
About

Bus Line:

Direction:

Establishment:

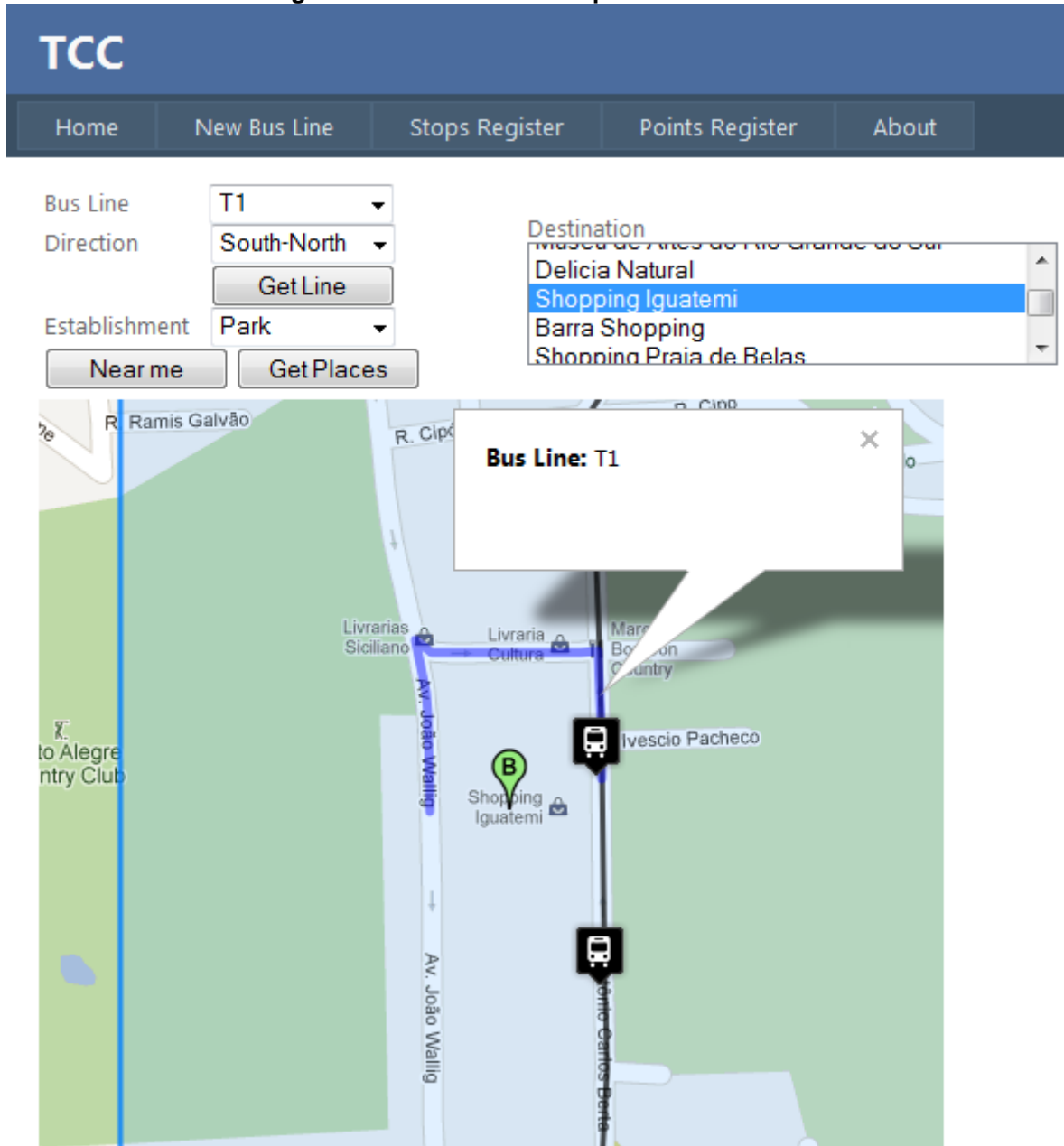
Destination

- Museu de Artes do Rio Grande do Sul
- Delicia Natural
- Shopping Iguatemi
- Barra Shopping
- Shoppina Praia de Belas

The map displays the intersection of two bus lines, T1 and RS-040, in a city area. The intersection is highlighted with a yellow and orange overlay. Bus icons are placed at various stops along the routes. Landmarks include the Pontifícia Universidade Católica - PUC PucRS and the Campo de Futebol.

Por fim, na Figura 36 foi dado um *zoom* no ponto de destino do usuário. Pode-se observar que a aplicação indica o local de chegada através do marcador B e as paradas nas proximidades do local são indicadas pelo marcador específico.

Figura 36 – Caso 1: Ponto e parada de destino.



5.2 CASO 2 – AEROPORTO/BEIRA-RIO

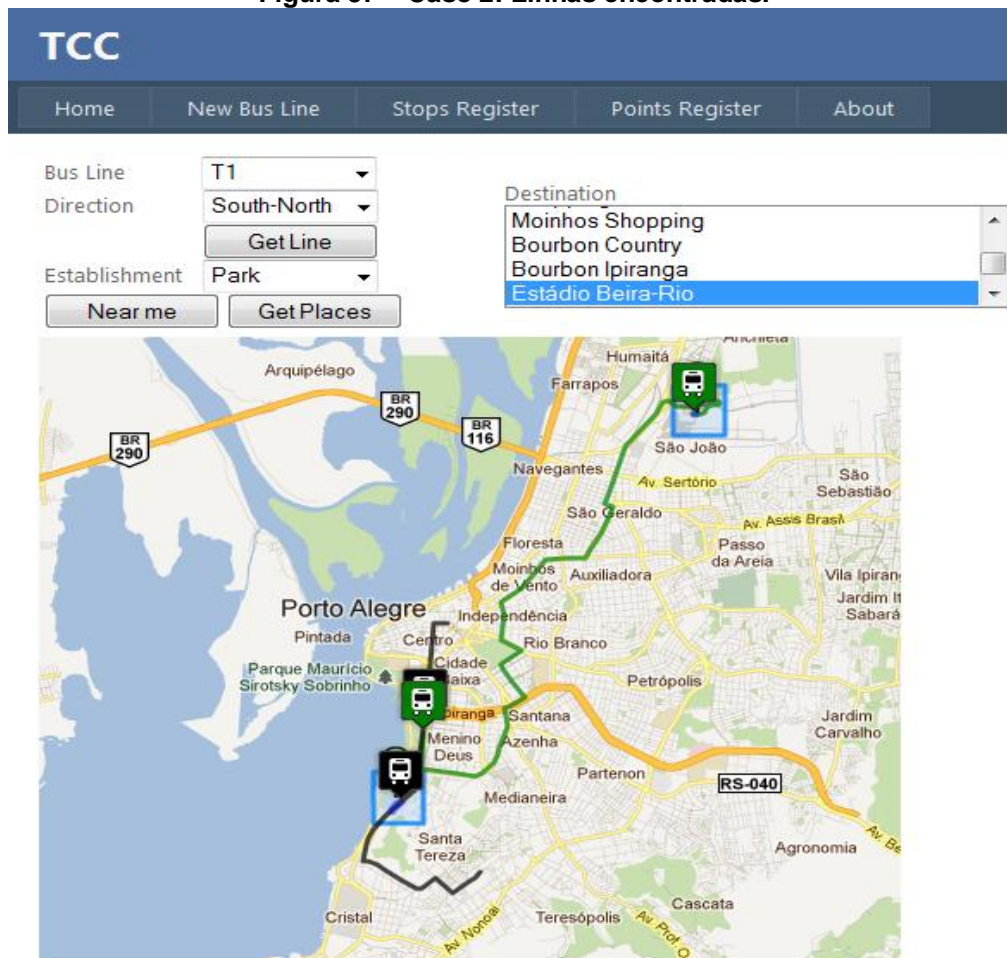
Considere um turista que acaba de chegar ao aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre para assistir a um jogo de futebol da Copa do Mundo de 2014 e queira deslocar-se até o estádio Beira-Rio. Fazendo uma pesquisa rápida é

possível descobrir que não existe nenhuma linha de ônibus direta que saia das proximidades do Aeroporto e se dirija até o mesmo estádio. Entretanto a linha de ônibus T5, que tem como ponto de saída um terminal do Aeroporto, tem em seu itinerário a Avenida Borges de Medeiros e o *Shopping Praia de Belas* como um de seus pontos de parada. Próximo a este existe um ponto de parada da linha de ônibus D63, que durante seu trajeto passa pelo Estádio Beira-Rio.

Assim, ao fazer uma busca por *Stadium* a aplicação indica ao usuário onde estes estabelecimentos estão localizados na cidade, e ao clicar no ícone que identifica o Beira-Rio, será mostrada a rota desde a posição atual do usuário até o seu destino, indicando onde a linha T5 deve ser pega, os pontos de conexão entre as linhas D63 e T5 e também onde descer após embarcar no D63.

Na Figura 37 podem ser observados os trajetos das linhas, as paradas encontradas para embarque no T5, as paradas encontradas em pontos de intersecção entre as duas linhas para embarque no D63 e as paradas próximas ao ponto de destino.

Figura 37 – Caso 2: Linhas encontradas.



Na Figura 38 foi dado um *zoom* no ponto de saída do usuário. Pode-se observar que a aplicação indica a localização do usuário através do marcador A e a parada usada para embarque na primeira linha, neste caso o T5.

Figura 38 – Caso 2: Ponto e parada de origem.

The screenshot displays the TCC application interface. At the top, there is a navigation bar with the following menu items: Home, New Bus Line, Stops Register, Points Register, and About. Below the navigation bar, there are several input fields and buttons:

- Bus Line:** A dropdown menu set to "T1" with a "Get Line" button below it.
- Direction:** A dropdown menu set to "South-North" with a "Get Line" button below it.
- Establishment:** A dropdown menu set to "Park" with "Near me" and "Get Places" buttons below it.
- Destination:** A list box containing "Moinhos Shopping", "Bourbon Country", "Bourbon Ipiranga", and "Estádio Beira-Rio". The "Estádio Beira-Rio" option is highlighted in blue.

The main part of the interface is a map showing a bus route. A green line represents the bus route, starting from a green bus icon and ending at a green marker labeled "A". The map includes labels for "Pensi On Stage", "Aeroporto", "Av. Severo Dullius", "Motel Porto dos Casais", and "Av. Se". A white callout box with a close button (X) is positioned over the map, displaying the text "Bus Line: T5".

Na Figura 39 foi dado um *zoom* nos pontos de intersecção entre as duas linhas. Também são mostradas todas as paradas de cada linha que estão dentro do intervalo de intersecção. Neste caso, o usuário deve descer na última parada do T5 e embarcar no D63 na parada indicada, próximo ao *Shopping Praia de Belas*.

Figura 39 – Caso 2: Intersecção entre as linhas.

TCC

Home New Bus Line Stops Register Points Register About

Bus Line: T1
 Direction: South-North
 Establishment: Park

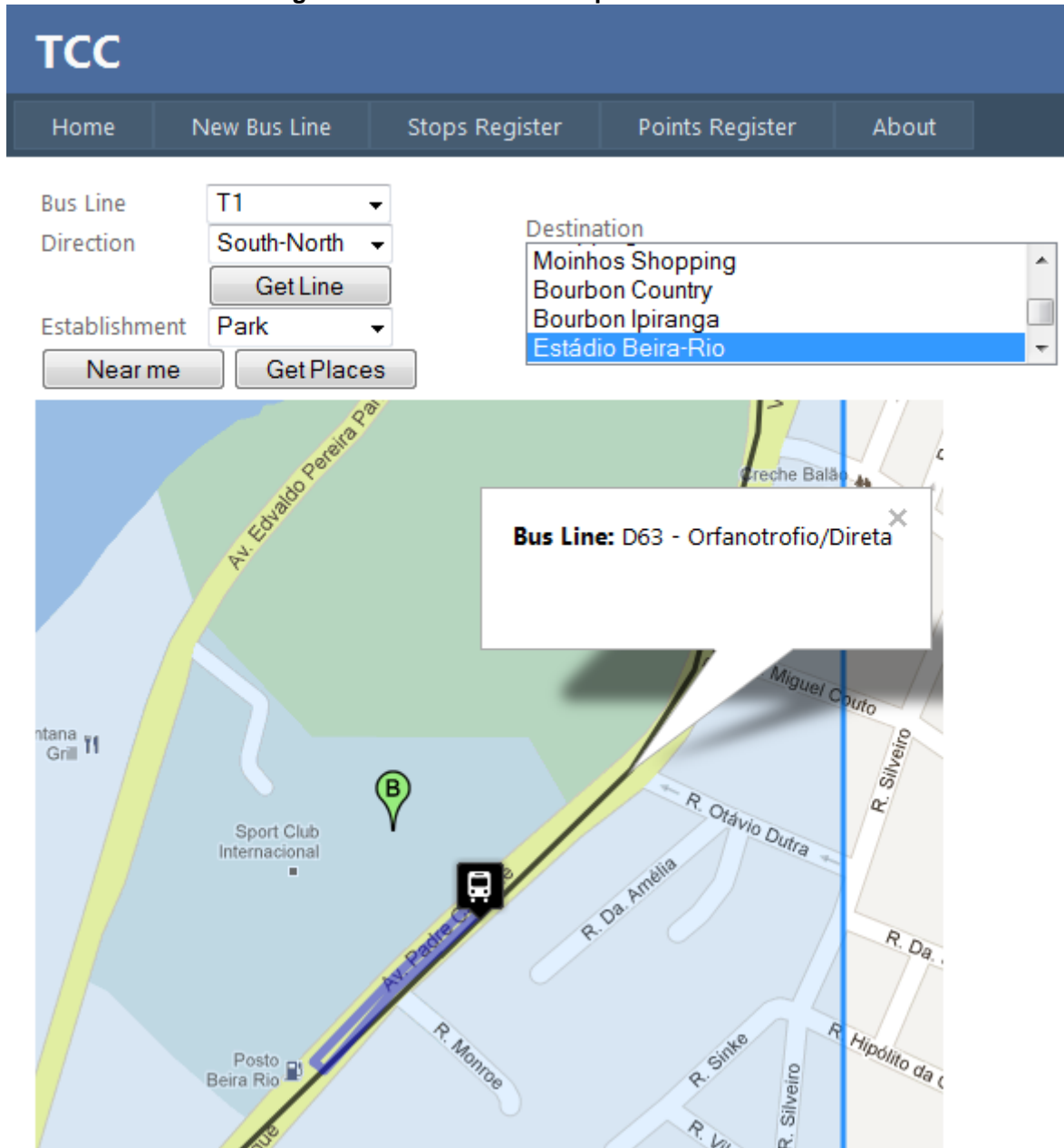
Get Line

Near me Get Places

Destination:
 Moinhos Shopping
 Bourbon Country
 Bourbon Ipiranga
 Estádio Beira-Rio

Por fim, na Figura 40 foi dado um *zoom* no ponto de destino do usuário. Pode-se observar que a aplicação indica o local de chegada através do marcador B e as paradas nas proximidades do local são indicadas pelo marcador específico.

Figura 40 – Caso 2: Ponto e parada de destino.



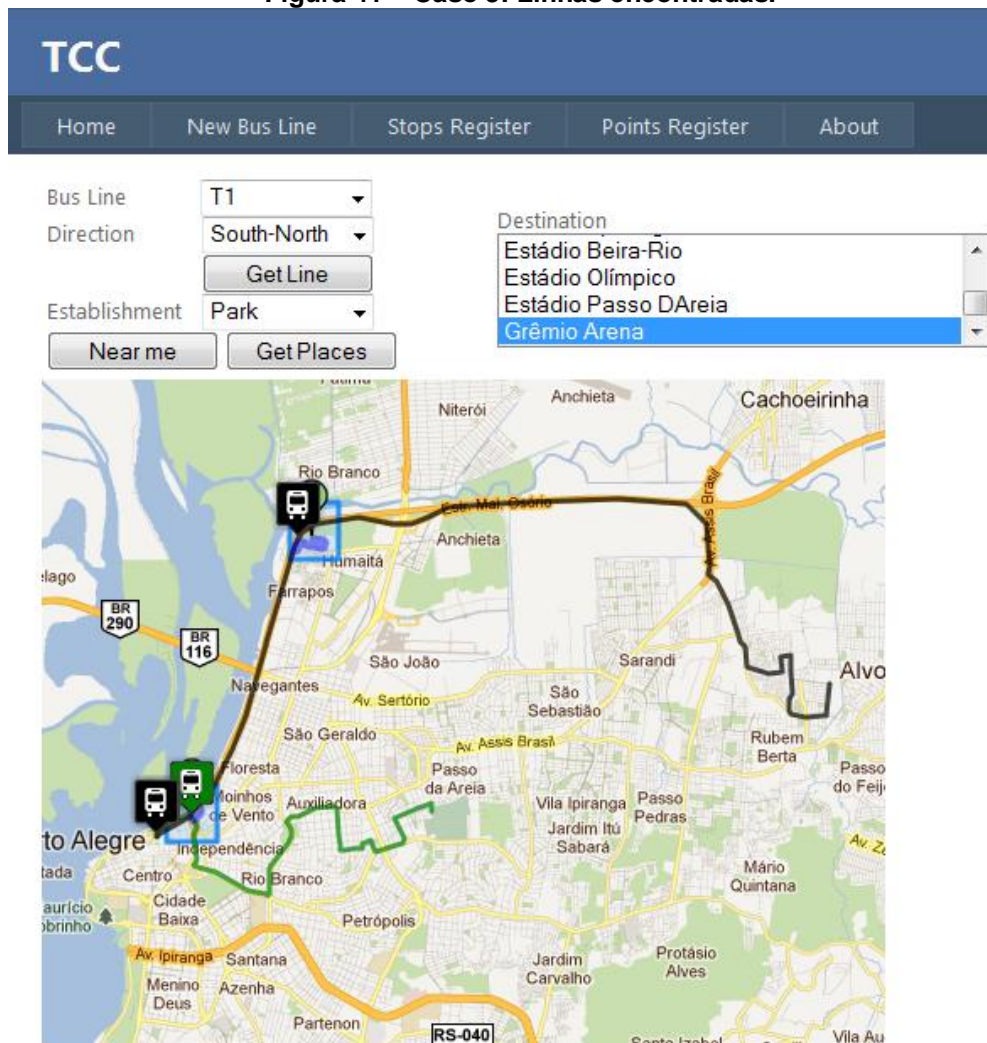
5.3 CASO 3 – RODOVIÁRIA/ARENA DO GRÊMIO

Considere um turista que acaba de chegar à Rodoviária de Porto Alegre para assistir a um jogo de futebol da Copa do Mundo de 2014. Neste estudo de caso, supôs-se que as reformas do estádio Beira-Rio não ficaram prontas a

tempo, e foi necessário que o novo estádio do Grêmio sediasse os jogos em Porto Alegre. Fazendo uma pesquisa rápida é possível descobrir que não existe nenhuma linha de ônibus direta que saia da Rodoviária e se dirija até a Arena do Grêmio. Entretanto, a parada de ônibus da Rodoviária é passagem de diversos ônibus que se dirigem ao Terminal Parobé no centro da cidade. Neste estudo de caso, a linha selecionada pelo algoritmo foi a linha 525. Este mesmo terminal é ponto de saída da linha de ônibus D72, que passa nas proximidades da Arena, que ainda está em fase de construção.

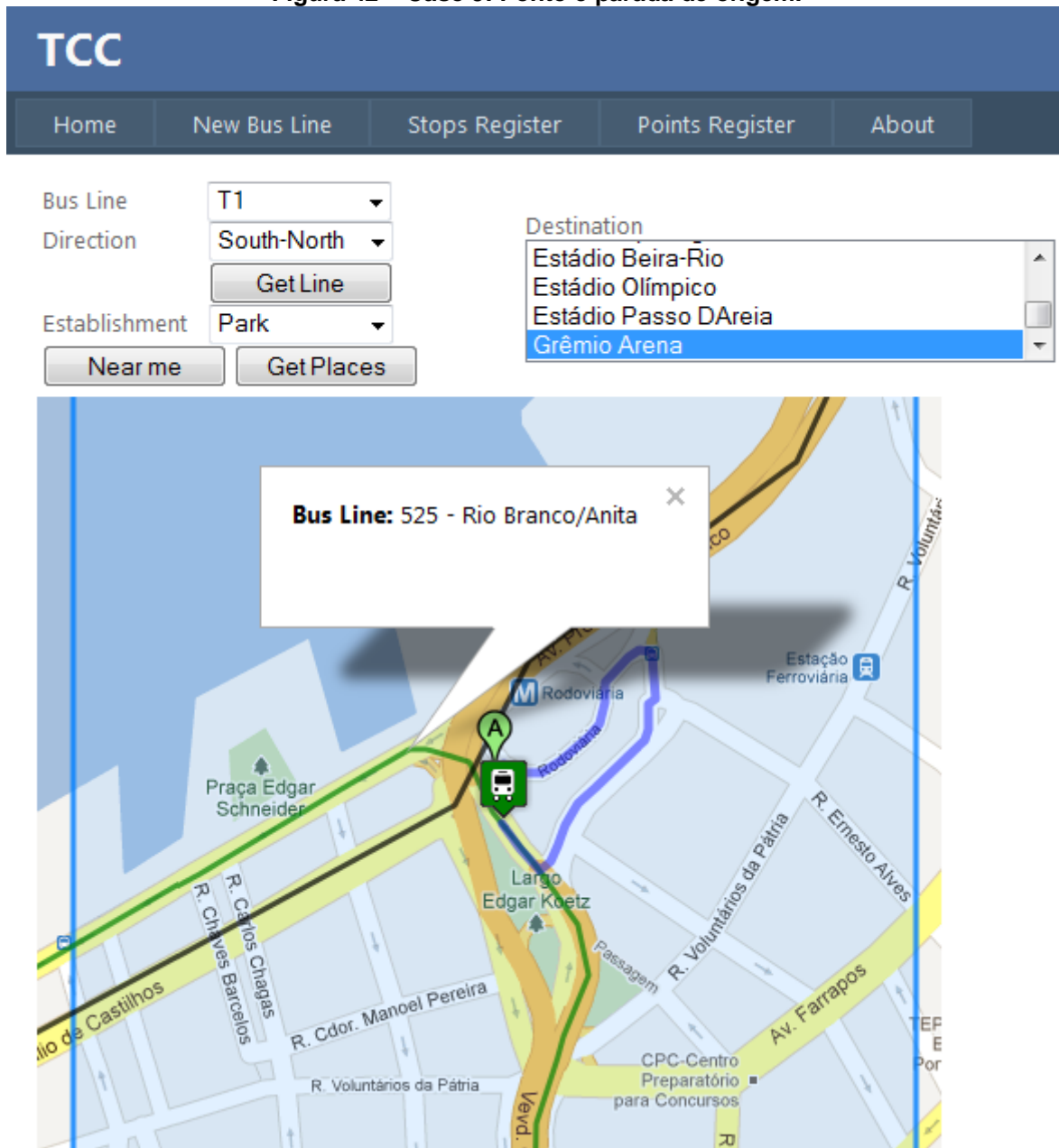
Assim, ao fazer uma busca por *Stadium* a aplicação indica ao usuário onde estes estabelecimentos estão localizados na cidade, e ao clicar no ícone que identifica a Arena, será mostrada a rota desde a posição atual do usuário até o seu destino, indicando também o local onde a linha 525 deve ser pega, os pontos de conexão entre as linhas D72 e 525 e onde descer após embarcar no D72, como mostra a Figura 41.

Figura 41 – Caso 3: Linhas encontradas.



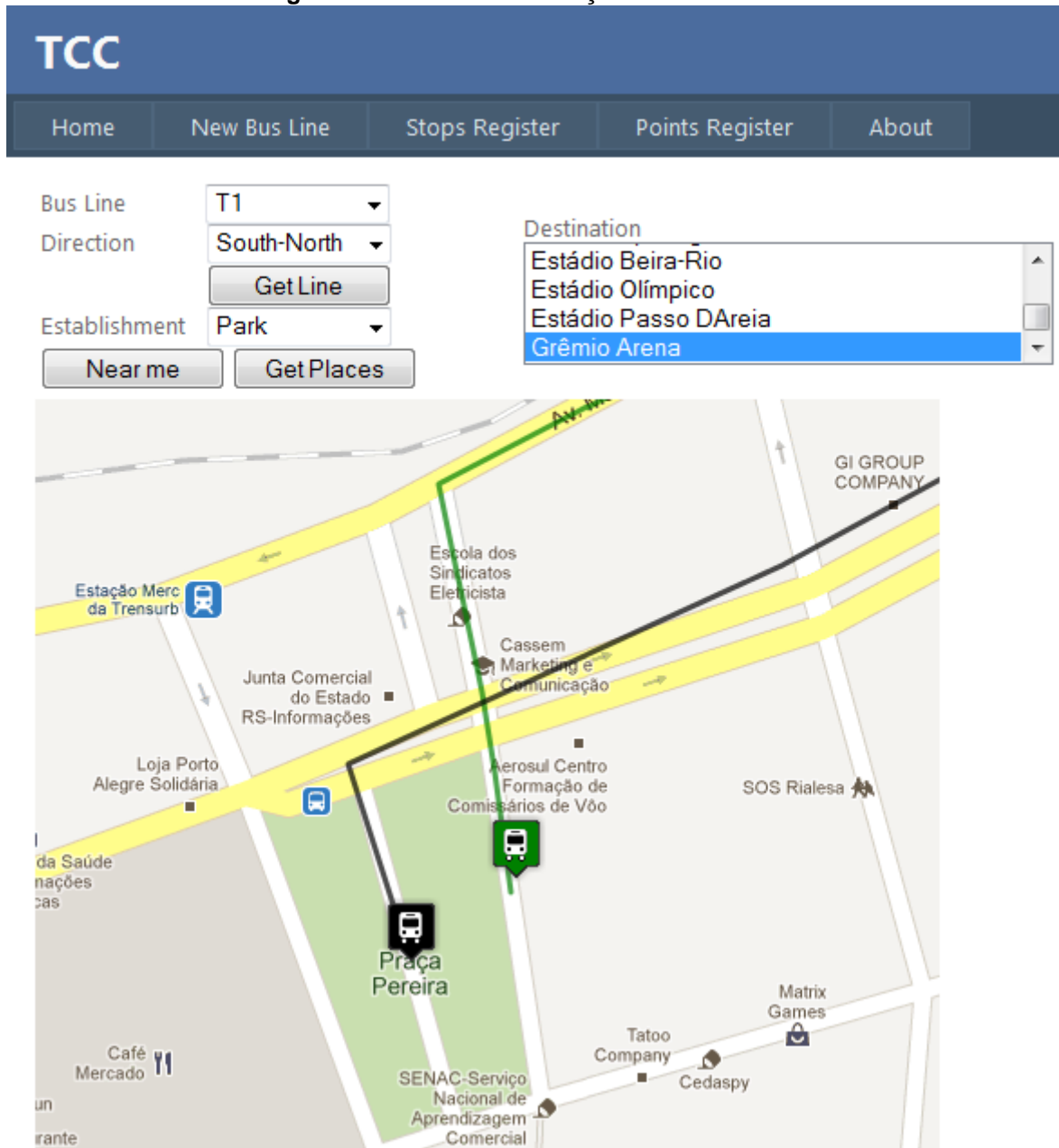
Na Figura 42 foi dado um zoom no ponto de saída do usuário. Pode-se observar que a aplicação indica a localização do usuário através do marcador A e a parada usada para embarque na primeira linha, neste caso a linha 525.

Figura 42 – Caso 3: Ponto e parada de origem.



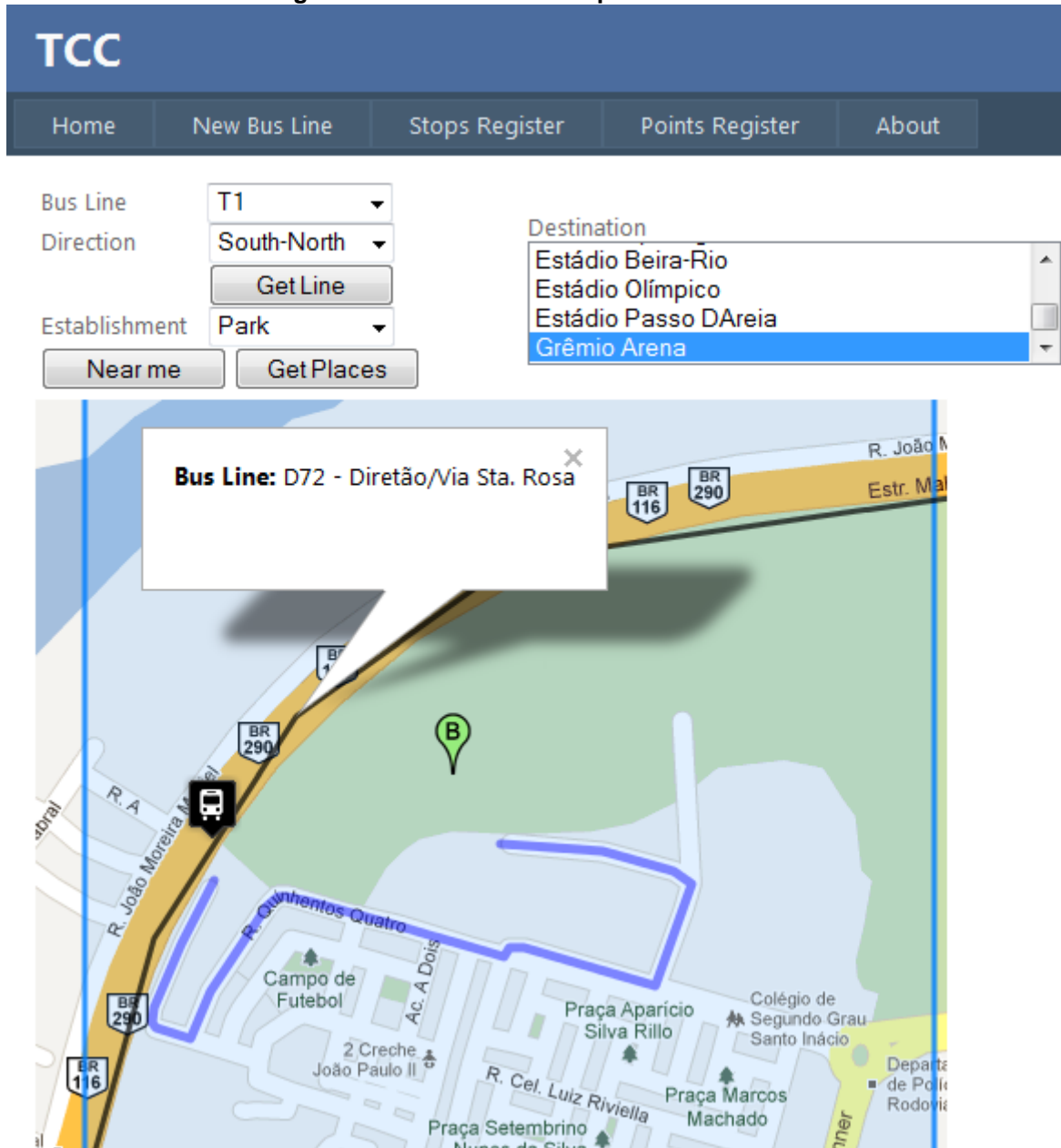
Na Figura 43 foi dado um *zoom* nos pontos de intersecção entre as duas linhas. São mostradas todas as paradas cadastradas de cada linha que estão presentes no intervalo de intersecção. Neste caso, o usuário deve descer na última parada da linha 525 e embarcar no D72 na parada indicada no Terminal Parobé.

Figura 43 – Caso 3: Intersecção entre as linhas.



Por fim, na Figura 44 foi dado um *zoom* no ponto de destino do usuário. Pode-se observar que a aplicação indica o local de chegada através do marcador B e as paradas nas proximidades do local são indicadas pelo marcador específico.

Figura 44 – Caso 3: Ponto e parada de destino.



6 TRABALHOS FUTUROS

Em função do prazo, a quantidade de funcionalidades implementadas no trabalho teve de ser reduzida. A principal, que não pode ser amplamente testada, foi o suporte otimizado para acesso via dispositivos móveis. Como o foco inicial era justamente um aplicativo móvel, o serviço foi implementado para tal, monitorando periodicamente a localização do usuário no mapa em tempo real. Porém, para certificar que a solução funciona, seria necessário hospedar o aplicativo em um servidor externo e realizar testes. Por se tratar de uma funcionalidade que agregaria bastante valor ao usuário, será nossa maior prioridade para um trabalho futuro.

Outros serviços que não puderam ser implementados por aumentar significativamente a complexidade, foram a pesquisa por opções com mais de uma conexão, o cálculo da rota mais eficiente, quando mais de uma é retornada, e a otimização do algoritmo de busca de conexões. A primeira é classificada mais como um item desejado do que como um requisito, uma vez que, como mencionado anteriormente, a combinação de duas linhas de ônibus atende a quase todos os endereços de Porto Alegre. O cálculo da melhor rota também é importante, pois hoje o aplicativo não está preparado para sugerir uma alternativa ótima, e sim apresentar ao usuário a primeira rota encontrada. Por fim, a otimização do algoritmo de busca de conexões pode ser necessária quando o sistema contar com um grande número de acessos simultâneos, o que pode reduzir o desempenho do aplicativo. Apesar de funcionar nos casos de teste apresentados, a falta desta funcionalidade pode provocar resultados não desejados, sugerindo, por exemplo, que o usuário desse uma grande volta utilizando linhas demoradas, quando uma outra opção o levaria ao destino mais rápido.

Também é preciso concluir o cadastro das demais linhas de ônibus existentes na cidade. A idéia é tornar este trabalho colaborativo, abrindo a funcionalidade de registro de linhas, paradas e ônibus, para os usuários. Além disso, outra possibilidade é adicionar rotas de outros meios de transporte, tais como lotações e linhas de metrô. Assim, será possível cobrir uma área ainda maior da cidade, e sugerir mais possibilidades para o usuário.

7 CONCLUSÃO

Atualmente, existem inúmeros serviços dedicados a exibir informações sobre o trajeto de meios de transporte público de grandes cidades. Analisando-se estes, concluiu-se que este tipo de serviço é de grande valia para usuários que conheçam a cidade em questão, mas insuficiente para visitantes que não conheçam a mesma. Pensando nos eventos que Porto Alegre receberá nos próximos anos, como a Copa do Mundo, e a quantidade de turistas que visitará a cidade, este trabalho propôs a implementação de um serviço que auxiliasse o turista a deslocar-se pela cidade utilizando transportes públicos.

A partir da sugestão de pontos turísticos representados geograficamente no mapa, o turista tem uma visão mais concreta da sua localização em relação aos pontos de interesse. Isto é importante pois assim ele saberá que pontos estão próximos a ele, ou como chegar ao destino desejado utilizando o transporte público, para os pontos mais distantes.

Como alguns trajetos não são cobertos por uma linha direta, algumas vezes é necessária a utilização de mais de uma linha de ônibus. Então, além da sugestão de pontos, nosso serviço conta com uma funcionalidade até então inexistente nos serviços de informação sobre o transporte público porto-alegrense, que é o cálculo de rotas com conexões de linhas. Utilizando um algoritmo de nossa criação, conseguimos calcular rotas que passam por dois pontos e que necessitem de até duas linhas de ônibus, exigindo assim uma conexão. Observamos também que, com o uso de duas linhas, a grande maioria dos pontos é conectável, turísticos ou não.

De uma forma geral, o aplicativo que desenvolvemos neste trabalho se mostrou extremamente útil, pois melhora consideravelmente a experiência do usuário em sua navegação pela cidade utilizando o transporte público. Isso se dá pois nosso trabalho beneficia tanto o turista, que chega à cidade sem conhecimento do local e precisa de sugestões de pontos, quanto o morador local, que muitas vezes não está habituado a utilizar o transporte público em certas partes da cidade, ou mesmo a desconhece.

REFERÊNCIAS

- [1] FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 4ª edição. São Paulo : McGraw-Hill, 2008.
- [2] MARTINS, Ricardo R. **Apostila de telefonia**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em <<http://www.scribd.com/doc/50826788/Apostila-de-Telefonia>>. Acesso em: 7 set. 2011.
- [3] SAUTER, Martin. **Communication Systems for the Mobile Information Society**. West Sussex, England. 2006.
- [4] KAPLAN, Elliott; HEGARTY, Christopher. **Understanding GPS: Principles and Applications**. 2ª edição. Norwood,MA: Artech House, 2006.
- [5] COPE, Antony; JORGENSON, Michael. **Overview of Location Technologies, Cardiff University, 2009**. Disponível em: <<http://www.ja.net/development/network-access/location-awareness/index.html>>. Acesso em: 27 ago. 2011.
- [6] CURRAN, Kevin; FUREY, Eoghan; LUNNEY, Tom; SANTOS, Jose; WOODS, Derik. **An Evaluation of Indoor Location Determination Technologies, University of Ulster, 2009**. Disponível em: <<http://www.ja.net/development/network-access/location-awareness/index.html>>. Acesso em: 27 ago. 2011.
- [7] SANTANA, Sandra Regina Matias. **RFID - Identificação por rádio Frequência**. Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_01.html>. Acesso em: 7 set. 2011.
- [8] KAIN, Carl. **Location-Based Wireless Services: Finding People Everywhere, Sigma Spring, 2002**. Disponível em: <<http://www.noblis.org/NewsPublications/Publications/TechnicalPublications/SigmaJournal/Pages/SigmaSpring2002.aspx>>. Acesso em: 1 set. 2011.
- [9] GOOGLE. **Família da Google Maps API**. Apresenta listagem das API's disponíveis para o Google Maps. Disponível em: <<http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/maps/index.html>>. Acesso em: 10 set. 2011.
- [10] GOOGLE. **The Google Maps Javascript API V3 – Basics – Google Maps JavaScript API V3**. Apresenta descrição básica da API para JavaScript do Google Maps. Disponível em: <<http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/maps/documentation/javascript/basics.html>>. Acesso em: 10 set. 2011.
- [11] GOOGLE. **Google Maps API Web Services – Serviços da Web da Google Maps API**. Apresenta descrição de serviços *web* que podem ser utilizados junto com a API do Google Maps. Disponível em: <<http://code.google.com/intl/pt-BR/apis/maps/documentation/webservices/>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[12] GOOGLE. **Google Maps**. Serviço do Google que disponibiliza diversas informações sobre localização. Disponível em <<http://maps.google.com/>>. Acesso em: 11 de set. de 11.

[13] CRUZALINHAS. **cruzalinhas - saiba quais linhas de ônibus, trem ou metrô passam perto de um lugar em São Paulo**. Apresenta informações sobre linhas de transporte público em São Paulo em forma de mapa. Disponível em <<http://www.cruzalinhas.com/>>. Acesso em: 11 de set. 2011.

[14] POABUS. **poabus - Encontre linhas de ônibus em Porto Alegre!**. Apresenta informações sobre linhas de transporte público em Porto Alegre. Disponível em <<http://www.poabus.com.br/>>. Acesso em: 11 de set. 2011.

[15] EPTC. **Empresa Pública de Transporte e Circulação – EPTC**. Site da empresa que controla o transporte público em Porto Alegre. Disponível em <<http://www.eptc.com.br/>>. Acesso em: 11 de set. 2011.

[16] BERNSTEIN, Andrea. **Brooklyn Gets Real-Time Bus Info. *Transportation Nation*, fev. 2011.** Disponível em: <<http://transportationnation.org/2011/02/01/brooklyn-gets-real-time-bus-info/>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[17] MTA. MTA **Bus Time**. Apresenta serviço de monitoramento em tempo real de ônibus em Nova York. Disponível em: <<http://bustime.mta.info/>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[18] DIGITAL URBAN. **Norway: 4000 Bus Stops that Tweet, Record Stories and Provide the Time of the Next Bus via QR Codes**. Apresenta descrição de serviço de monitoramento de ônibus da Noruega. Disponível em: <<http://www.digitalurban.org/2011/02/norway-4000-bus-stop-that-tweet-record.html>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[19] KOLUMBUS. **Reiseplanlegger for Kolumbus**. Apresenta serviço de monitoramento em tempo real de ônibus na Noruega. Disponível em: <<http://reiseplanlegger.kolumbus.no/scripts/TravelMagic/travelmagicwe.dll/?to=Medhaugveien+%28Karm%C3%B8y%29&from=>>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[20] PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Linhas de ônibus**. Apresenta serviço de monitoramento em tempo real de ônibus na cidade de Uberlândia em Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.uberlandia.mg.gov.br/?pagina=linhaOnibus>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[21] PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. **Ponto Vitória**. Apresenta serviço de monitoramento em tempo real de ônibus na cidade de Vitória no Espírito Santo. Disponível em: <<http://rast.vitoria.es.gov.br/pontovitoria/>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[22] MUNHOZ, Fábio. **Mauá mostra horários de ônibus em tempo real. *Diário do Grande ABC*, jul. 2011.** Disponível em:

<<http://www.dgabc.com.br/News/5897925/maua-mostra-horariosde-onibus-em-tempo-real.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2011.

[23] LEBLON TRANSPORTE. **Mauá Urbano**. Apresenta serviço de monitoramento em tempo real de ônibus na cidade de Mauá em São Paulo. Disponível em: <http://www.leblontransporte.com.br/linhas_maua_urbano.html>. Acesso em: 10 set. 2011.

[24] W3C. **Geolocation API Specification**. Apresenta a especificação da Geolocation API. Disponível em: <<http://dev.w3.org/geo/api/spec-source.html>>. Acesso em: 16 set. 2011.

[25] MICROSOFT. **.NET Framework Development Center**. Apresenta a documentação e informações sobre desenvolvimento utilizando o *Framework* .NET. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/netframework/aa496123>>. Acesso em: 12 set. 2011.

[26] MICROSOFT. **The Official Microsoft ASP.NET Site**. Apresenta a documentação e informações sobre desenvolvimento utilizando ASP.NET. Disponível em: <<http://asp.net>>. Acesso em: 19 set. 2011.

[27] JQUERY. **jQuery API**. Apresenta documentação e informações sobre a utilização da API jQuery. Disponível em <<http://api.jquery.com>>. Acesso em: 18 de nov. 2011.

[28] SQLITE. **SQLite Home Page**. Apresenta documentação e informações sobre a utilização do SQLite como banco de dados. Disponível em <<http://www.sqlite.org>>. Acesso em: 15 de set. 2011.

[29] SYSTEM DATA SQLITE. **System.Data.SQLite**. Apresenta documentação e informações sobre o *wrapper* do SQLite para plataforma .NET. Disponível em <<http://sqlite.phxsoftware.com>>. Acesso em: 16 set. 2011.

[30] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Calculadora Geográfica**. Apresenta uma calculadora para distâncias geográficas através de coordenadas. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>>. Acesso em: 22 de out. 2011.

[31] ANTON, Howard. **Cálculo, um novo horizonte**. 6ª edição – Porto Alegre : Bookman, 2000.