

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

YAN HENNING

PROPOSTA DE APLICATIVO PARA COLETA DE DADOS DE MOBILIDADE

Joinville

2017

YAN HENNING

PROPOSTA DE APLICATIVO PARA COLETA DE DADOS DE MOBILIDADE

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística, curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientadora: Dra. Simone Becker Lopes.

Coorientador: Ms. Benjamin Grando Moreira.

Joinville

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por me auxiliarem durante o período da minha graduação, aos meus familiares, principalmente minha tia e madrinha, minha avó que sempre me ajudaram de alguma maneira nesta jornada.

Ao meu irmão Karll que me ajudou na fase final de testes disponibilizando o seu celular para os testes da aplicação e tirava minhas dúvidas durante o desenvolvimento.

A minha namorada Tainara por estar comigo durante esta jornada e me incentivando nas horas difíceis.

Agradeço especialmente a minha orientadora Professora Simone Becker Lopes e meu coorientador Professor Benjamin Grandó que aceitaram o desafio de me orientarem e auxiliarem para que este trabalho fosse concluído.

Agradeço a Professora Vanessa por toda a ajuda desde o planejamento do trabalho de conclusão de curso e a todos os professores que encontrei durante a minha vida acadêmica.

Aos meus amigos de Joinville e Rio de Janeiro que estiveram esses anos especialmente o Bryan que dispôs do seu tempo para me ajudar em alguns testes da aplicação.

Agradeço aos responsáveis por me incentivar a realizar a minha transferência para a UFSC, meus pais, Raquel, Júlia e o professor Stefano.

RESUMO

Entre os anos de 1940 e 2000, a população do Brasil quadruplicou, e para 2016 estima-se que tenha crescido mais de 20%, chegando aos 205 milhões de brasileiros. Com o aumento da população, há grande crescimento demográfico nas áreas urbanas. Com mais pessoas, há maior demanda pelo deslocamento nos centros urbanos. Impactos negativos gerados por este crescimento dos centros urbanos não acompanhados de planejamento adequado, vem preocupando países do mundo inteiro e demandando adoção de políticas de planejamento integrado em busca de uma mobilidade mais sustentável. No Brasil, cidades de mais de 20 mil habitantes necessitam desenvolver seus Planos de Mobilidade, no entanto, muitos dados são necessários para que se desenvolva um estudo adequado e se proponha medidas mitigadoras para as regiões urbanas. Dentre as muitas informações necessárias estão as que são baseadas em dados obtidos a partir da pesquisa de velocidade e retardamento. No entanto, por método tradicional esta pesquisa demanda muitos recursos materiais e humanos, além de muito tempo para todo o processo da desde o planejamento, execução, até a análise final dos dados levantados. Numa tentativa de otimizar o processo foi criada, por Lopes (2010), o CAATP, que é uma ferramenta que funciona através de um notebook, dentro do veículo. No entanto, a necessidade de portar um notebook, ainda gera limitações no uso da ferramenta. Este trabalho tem como objetivo otimizar o CAATP, desenvolvendo um aplicativo para smartphones, assim aumentando a eficiência e eficácia na coleta de dados. Foram realizados testes comparativos para demonstrar o potencial e oportunidades de melhoria da aplicação desenvolvida para dispositivos com Android, denominado de CAATPmob, e os resultados indicaram que a ferramenta melhora o processo da pesquisa em relação ao CAATP, além de oferecer grande potencial para avaliar outros meios de transportes mais sustentáveis, como transporte público e bicicleta.

Palavras-chave: Velocidade e retardamento. Aplicativo. Android. CAATP. CAATPMob.

ABSTRACT

Between the years 1940 and 2000, the population of Brazil quadrupled, and by 2016 it is estimated that it has grown more than 20%, reaching 205 million Brazilians. With the increase of the population, there is great demographic growth in the urban areas. With more people, trip demand in urban centers has also, grown up. Negative impacts generated by this development of urban centers without an adequate planning, has concerned many countries around the world, requiring adoption of integrated planning policies for more sustainable mobility. In Brazil, cities with more than 20 thousand inhabitants need to develop their Mobility Plans, however, much data is needed to develop an adequate study and propose mitigating measures for urban regions. Among the many necessary information are those based on data obtained from the speed and delay survey. However, by traditional method this survey demands a lot of material and human resources, besides a lot of time for the whole process from the planning, execution, to the final analysis of the data collected. In an attempt to optimize the process was created, by Lopes (2010), the CAATP, which is a tool that works through a notebook, inside the vehicle. However, the need to carry a notebook, still generates limitations in the use of the tool. This work aims to optimize the CAATP, developing an application for smartphones, thus increasing the efficiency and effectiveness in data collection. Comparative tests were conducted to demonstrate the potential and opportunities for improvement of the application developed for devices with Android, called CAATPmob, and the results indicated that the tool improves the data collection process in relation to the CAATP, besides offering great potential to evaluate other more sustainable transportation modes, such as public transport and cycling.

Keywords: Speed and Delay. Application. Smartphone. Android. CAATP. CAATPMob

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre CAATP, MARFV e CAAFT.....	13
Figura 2 - Diagramas Fundamentais do fluxo de tráfego	21
Figura 3 - Diagramas fundamentais de acordo com o Modelo de Greenshield	22
Figura 4 - Planilha com motivos de parada	25
Figura 5 - Resumo dos resultados obtidos pelo CAATP.....	26
Figura 8 – Divisão dos SO dos smartphones no Brasil	32
Figura 9 – Arquitetura da plataforma	34
Figura 10 - Eixo de coordenadas dos sensores de movimento.....	36
Figura 11 - Tela inicial CAATP	40
Figura 12 - Tela criação pesquisas	41
Figura 13 - Telas de pesquisa	42
Figura 14 - Recebimento e início da pesquisa.....	43
Figura 15 - Pesquisa em andamento	44
Figura 16 - Finalização da pesquisa	45
Figura 17 - Tela de resultado da pesquisa	46
Figura 18 - Telas da pesquisa e resultados da Pesquisa 1	52
Figura 19 - Telas da pesquisa e resultados da Pesquisa 2	54
Figura 20 - Resultado 8	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores e consequências no planejamento de transportes públicos nos países em desenvolvimento.....	17
Tabela 2 - Comparativo entre os três métodos de pesquisa.....	48
Tabela 3 - Informação dos dispositivos utilizados	49
Tabela 4 - Resultado do teste 1.....	50
Tabela 5 - Resultados da Pesquisa 1.....	52
Tabela 6 - Resultados da Pesquisa 2.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
2 ESTUDOS DE MOBILIDADE	15
3 COLETA DE DADOS	17
4 PESQUISAS DE TRÁFEGO	18
4.1 Pesquisa Volumétrica.....	18
4.2 Pesquisa de Velocidade e Retardamento	19
4.3 Métodos automatizados de coleta de dados	20
4.4 Teoria de fluxo de tráfego.....	21
3 CAATP – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	23
3.1 Módulo de configuração – CAATP	24
3.2 Módulo de coleta – CAATP	25
3.3 Módulo de análise – CAATP.....	26
3.4 Módulo de saída – CAATP.....	26
3.5 Aplicações CAATP.....	27
4 CAAFT - CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	28
4.1 Módulo de entrada de dados brutos - CAAFT.....	28
4.2 Módulo de tratamento – CAAFT	28
4.3 Módulo de Análise – CAAFT.....	29
4.4 Módulo de Saída – CAAFT	29
4.5 Aplicações CAAFT.....	29
5 MARFV – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES	30
6 EVOLUÇÃO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS	31
6.1 Sistemas operacionais	32
6.2 Tecnologias utilizadas no desenvolvimento	33
6.2.1 Android.....	33
6.2.2 Application Programming Interface (API).....	34
6.2.3 Mapbox SDK.....	35
6.2.4 Sensores.....	35

7 METODOLOGIA UTILIZADA	37
8 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	38
9 RESULTADOS	48
10 ARQUITETURA DO CAATPMOB.....	57
11 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	58
REFERÊNCIAS	60
APÊNDICE A – AJUSTES PARA CALIBRAGEM DO APLICATIVO	63

1. INTRODUÇÃO

Segundo a União Internacional de Transportes Públicos (UITP, 2013), as cidades são os motores da economia, elas concentram cerca de 80% da produção econômica mundial e mais de 50% da população. Já segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), a população brasileira quadruplicou de 1940 a 2000. Comparando a estimativa da população brasileira de 2016 com a de 2000, sendo o seu crescimento de aproximadamente 20,7%, tendo uma estimativa populacional de 205 milhões de pessoas em território nacional (IBGE, 2016). Contudo, esse crescimento vem se concentrando nas áreas urbanas, o que, segundo o IBGE (2016) tem acumulado um número crescente de residentes nas cidades brasileiras.

O crescimento acelerado e desordenado das cidades, devido à falta de planejamento urbano, ou decorrente de uma forma de planejamento ineficaz, através das primeiras tentativas de formulação de políticas urbanas na década de 1970, tem transformado as cidades em sistemas cada vez mais complexos de gerenciar. Ademais, durante anos os investimentos em mobilidade urbana privilegiaram o transporte individual, com obras de ampliação do sistema viário, construção de pontes, túneis e viadutos. Todos estes fatores ocasionaram impactos negativos nas cidades como, por exemplo, poluição, congestionamentos, acidentes de trânsito, dificultando os deslocamentos e prejudicando o desempenho, principalmente, das atividades mais rotineira, como trabalhar e estudar (BRASIL, 2006; BRASIL, 2015; LOPES, 2010)

Como o acesso ao transporte se tornou um direito social (BRASIL, 2016), as cidades devem ser planejadas de modo que esse direito seja assegurado aos seus habitantes. Para alinhar os deveres e as necessidades dos cidadãos, junto da sustentabilidade e o dever de suprir o direito básico ao transporte, o planejamento na cidade deve ser realizado com seriedade e competência, com o objetivo de atender este direito. É necessário a mudança de paradigma, mudando o foco, que anterior era dado ao veículo, agora para as pessoas. Portanto, o que era tratado, anteriormente, como planejamento de transportes e de planejamento da circulação, de forma isolada, agora deve ser analisado de forma integrada, e considerado com o planejamento urbano e do uso do solo através do planejamento da mobilidade (LOPES, 2010). É preciso analisar todos os modos de forma integrada, dando prioridade aos modos não motorizados, sobre os motorizados (BRASIL, 2006; BRASIL, 2015; LOPES, 2010).

Portanto, a Lei 12.587 determina que todas as cidades com mais de 20.000 habitantes desenvolvam um Plano de Mobilidade (PLANMOB), que seja integrado ao plano diretor municipal (BRASIL, 2012). E para que se possa fazer um diagnóstico da situação e entender os problemas atuais de mobilidade das cidades, fazer prognóstico da situação futura, propor alternativas mitigadoras ou políticas preventivas, o primeiro passo é a obtenção e coleta de uma série de dados e informações de todos os subsistemas urbanos.

Estes dados serão necessários para alimentar os diversos modelos e ferramentas de análise nas diferentes etapas do processo de planejamento da mobilidade. Por isto, devem ser dados de alta confiabilidade, com erros mínimos, para que os modelos sejam a representação mais fiel possível da realidade. Segundo o caderno de referência para a construção do PlanMob (BRASIL, 2015), a base de informações do setor de mobilidade urbana pode ser montada a partir de dados de fontes primárias (dados obtidos diretamente em campo) ou através de levantamentos em fontes secundárias (dados disponíveis, documentos, bibliografia).

É necessário, através das informações levantadas, poder analisar a infraestrutura de transportes, a distribuição espacial da população e suas atividades, representadas por seus locais de moradia, emprego, estudo, compras, assim como seu comportamento na rede viária e de transportes através dos diferentes modos de transportes (BRASIL, 2015). Dentre os dados primários, pode-se destacar, Pesquisa de Origem – Destino, pesquisa de velocidade pontual, contagem volumétrica e pesquisa de velocidade e retardamento (BRASIL, 2006).

Hoje grande parte dessas ainda demandam muitos recursos humanos, materiais e tempo. Portanto, este trabalho tem como foco otimizar os métodos de pesquisa de velocidade e retardamento. A pesquisa de velocidade e retardamento consiste em medir, na corrente de tráfego, as velocidades média e de cruzeiro e os tempos que os veículos permanecem parados ao longo de uma determinada rota, visando conhecer a facilidade ou a dificuldade de percorrer o trecho estudado (BRASIL, 2006).

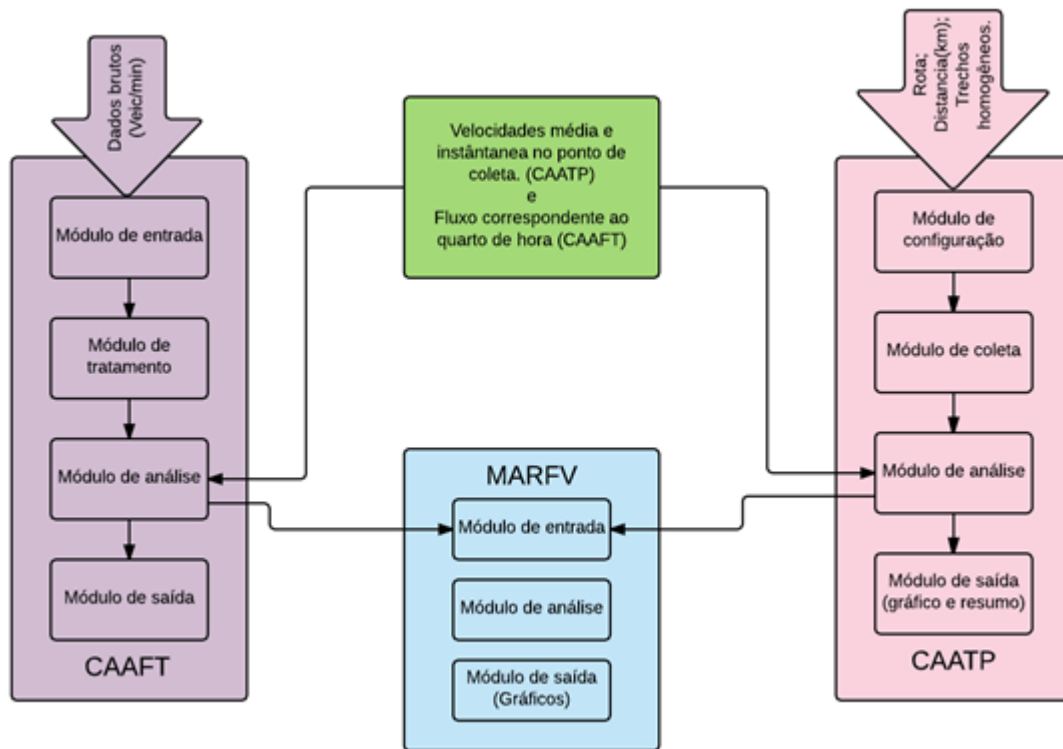
Nesta perspectiva, pretende-se, com este trabalho, otimizar o método de coleta de dados de velocidade e retardamento, visando melhorar a eficiência e eficácia do mesmo e incluir outros indicadores de qualidade do percurso. Mediante o desenvolvimento de um aplicativo que possa ser utilizado em tablets e smartphones, durante os deslocamentos por automóveis, transporte público e bicicleta, que colete informações e medidas de desempenho do trajeto, pretende-se auxiliar no planejamento da mobilidade urbana sustentável.

Como metodologia, este projeto parte do trabalho de Lopes (2010), que desenvolveu, na plataforma MS Excel®, uma ferramenta para aprimorar o método da pesquisa de velocidade e retardamento, conhecido como módulo de Coleta e Análise Automática de Tempos de Percurso (CAATP). O CAATP é operado dentro de um veículo por meio de computador portátil e permite o registro do momento de passagem em pontos estratégicos, de instantes de paradas e retomadas da corrente de tráfego e motivos de ocorrência dos atrasos. A vantagem do CAATP é a precisão na coleta e na análise de dados, a redução de recursos humanos e materiais e do tempo total da pesquisa, uma vez que faz todo o processo automaticamente durante a coleta (tabulação, tratamento, análise de dados).

Outra vantagem do CAATP é que seus resultados podem ser facilmente cruzados com informações de fluxo de tráfego, obtidas indiretamente mediante outros equipamentos, como controladores eletrônicos de velocidade (CEVs), por exemplo. Para isso, outras duas ferramentas foram também desenvolvidas por Lopes (2010): módulo Coleta e Análise Automática de Fluxos de Tráfego (CAAFT) e o Módulo de Análise da Relação Fluxo e Velocidade (MARFV). O CAAFT faz a coleta e a tabulação e análise automática de fluxos obtidos através dos CEVs e outros controladores e o MARFV por sua vez faz o cruzamento das informações obtidas através do CAATP e CAAFT gerando gráficos da relação fluxo x velocidade, ferramenta de análise indispensável na engenharia de tráfego. A relação entre todas as ferramentas pode ser observada na Figura 1.

Ressalta-se, que, embora o CAATP tenha surgido com o intuito de melhorar a qualidade dos dados obtidos e redução de recursos, e tenha cumprido esse papel, por mais eficiente que seja comparado ao método convencional, ainda há a dificuldade de se utilizar um computador portátil no veículo da pesquisa. Principalmente se considerarmos a incluir a aplicação através do transporte público e da bicicleta, observa-se a necessidade de aprimorar o método. Segundo Batista (2013) os desenvolvimentos recentes na Tecnologia da Informação (TI) têm proporcionado grandes avanços no gerenciamento dos sistemas de transportes. Com essa demanda por dados de alta confiabilidade junto a evolução da TI, existe a possibilidade de suprir essa demanda com o desenvolvimento de novas ferramentas específicas para o planejamento de transportes.

Figura 1 – Relação entre CAATP, MARFV e CAAFT



Fonte: Lopes (2010, p. 7).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo para a coleta de dados de mobilidade que busque aprimorar a ferramenta desenvolvida por Lopes (2010).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantar as funcionalidades do CAATP (Lopes,2010)
- Determinar as propriedades da programação do aplicativo;
- Avaliar o potencial de otimização utilizando smartphones em comparação ao CAATP e o método tradicional;
- Desenvolver a aplicação para smartphones;

- Avaliar o aplicativo e verificar seus benefícios para a coleta de dados em relação ao CAATP desenvolvido por Lopes (2010) e ao método tradicional;
- Validar o aplicativo.

2 ESTUDOS DE MOBILIDADE

Os estudos de mobilidade têm como objetivo obter e analisar, através de métodos sistemáticos, os dados e informações sobre elementos fundamentais que envolvem os sistemas de transportes, não só do ponto de vista da demanda (necessidade das pessoas de realizarem deslocamentos por diferentes modos) como da oferta (infraestrutura viária e elementos que compõem os sistemas de transportes públicos). Por esses estudos é possível conhecer entre outros fatores, os fluxos de veículos e pessoas de uma determinada via, assim como suas velocidades, tempos de viagem, atrasos durante o percurso. Com esses fatores combinados com as características das vias e dos modos de transportes é possível analisar a qualidade dos deslocamentos e propor melhorias no sistema. Nesse sentido a primeira etapa que é a obtenção e coleta de dados tem fundamental importância, pois todo o restante depende da qualidade dessas informações dando subsídios ao planejamento urbano integrado (PFAFFENBICHLER, 2003).

Além da importância de se realizarem os estudos de mobilidade, essa necessidade foi identificada pelo governo, assim colocando em vigor a lei da mobilidade urbana no 13/04/2012, assim as cidades com mais de 20.000 habitantes devem elaborar planos de mobilidade e devem ser integrados aos planos diretores (BRASIL, 2012), tornando-os obrigatórios para estas cidades e essenciais para estas cidades, não só pela obrigatoriedade, mas também pela importância de se ter um planejamento importante integrado aos planos diretores.

Segundo o caderno de referência para elaboração do plano de mobilidade elaborado pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2015), para a estruturação do plano de mobilidade há uma série de etapas a se seguir, sendo a primeira etapa o diagnóstico da mobilidade urbana, com o objetivo de verificar as dificuldades enfrentadas pelas pessoas. Para se gerar o diagnóstico do Planmob devem ser utilizados dados referentes a mobilidade urbana, para isso deve-se elaborar uma base de dados de mobilidade.

A base de dados de mobilidade é elaborada durante a etapa de coleta de dados do Planmob, estes dados podem ser provenientes de pesquisas e dados históricos. Segundo Brasil (2015), a coleta de dados para esta fase do Planmob envolve as seguintes atividades:

- Seleção e especificação dos objetivos da coleta;
- Seleção das informações a serem obtidas;

- Planejamento dos processos de coleta de dados, incluindo a identificação dos recursos disponíveis, a definição da metodologia de coleta, a definição da amostra, a preparação de formulários e a logística para a sua aplicação;
- Treinamento das equipes de pesquisa;
- Aplicação da pesquisa e obtenção dos dados brutos;
- Tabulação dos dados coletados em campo;
- Consistência dos dados obtidos, análise e crítica;
- Organização do banco de dados.

Os dados coletados são referentes ao uso do solo, pesquisas de tráfego, pesquisas de demanda e oferta, eles dão subsídios para que o banco de dados seja elaborado com alta confiabilidade e qualidade, dando subsídios aos estudos que buscam melhorias para o transporte público, pedestre e ciclistas.

3 COLETA DE DADOS

Em qualquer tipo de planejamento, seja em nível público ou privado, conseguir dados de alta confiabilidade é um desafio. Portanto a coleta de dados é uma das etapas mais importantes em qualquer tipo de estudo. Sem dados de boa qualidade mesmo a melhor técnica de análise produzirá resultados ruins (PFAFFENBICHLER, 2003; LOPES, 2010).

Para Vasconcellos (2000) apud Azevedo Filho (2012) (Transporte urbano nos países em desenvolvimento - reflexões e propostas Vasconcellos 2000) países em desenvolvimento como o Brasil tem uma série de problemas e consequências negativas no planejamento de transportes tradicional, na Tabela 1 é possível observar fatores que influenciam no planejamento de transportes nos países em desenvolvimento, podendo ser fatores técnicos, estratégicos, políticos, ideológicos e de avaliação, vale ressaltar o fator da falta de dados confiáveis que gera erros graves de previsão, sendo assim a importância de se ter dados de boa qualidade para um bom planejamento.

Tabela 1 - Fatores e consequências no planejamento de transportes públicos nos países em desenvolvimento

Área	Fator	Consequências
Técnica	Falta de dados confiáveis	Erros graves de previsão
	Instabilidade social e econômica	Resultados absurdos nas previsões
	Padrões complexos de transporte	Análise deficiente da demanda
	Maioria das pessoas sem escolha	Irrealismo dos pressupostos Uso limitado da análise da escolha modal
	Várias imperfeições no mercado Não trata transporte não motorizado Não trata transporte por ônibus	Modos essenciais negligenciados
Estratégica	Falta de técnicos treinados	Modelagem em "caixa preta"
	Ambiente político instável	Impossibilidade de trabalho continuado Propostas irrealistas
Política	Fechamento do sistema político	Decisões distorcidas Espaço para lobby tecnológico
	Diferenças sociais e econômicas	Negligência do transporte público e do transporte não motorizado
	Influência privilegiada da classe média	Apoio indevido ao transporte individual
Ideológica	Ideologia da mobilidade como progresso	Negligência do transporte não motorizado Negligência do transporte público Apoio ao automóvel
	Ideologia dos modelos como "neutros"	Apoio ao automóvel Negligência das externalidades
Avaliação	Grande diferença nos salários	Avaliação distorcida
	Valor desconhecido das externalidades	Avaliação irrealista

Fonte: Vasconcellos (2000) apud Azevedo Filho (2012, p. 32).

4 PESQUISAS DE TRÁFEGO

As pesquisas de tráfego são apenas algumas das diversas pesquisas que assistem aos estudos de mobilidade. Através dessas pesquisas é possível conhecer as zonas de onde se originam os veículos e seus destinos, fornecem dados sobre o tráfego atual e através do conhecimento da forma de geração e distribuição desse tráfego é possível identificar as necessidades de circulação no futuro, sendo um dado essencial para o planejamento da rede. (BRASIL, 2006).

Existem diversos tipos de pesquisas de tráfego, cada uma com uma metodologia diferente, mas possuem muitos pontos em comum, como por exemplo, as pesquisas trabalham utilizando uma amostra da população que se deseja estudar, com isso as pesquisas utilizam de técnicas estatísticas para expandir este estudo para a população da amostra.

Para realizar as pesquisas de tráfego, elas devem ser realizadas em dias típicos, onde não há alteração no comportamento no deslocamento das pessoas, seja por motivos sazonais ou climáticos, por exemplo, feriados e dias em que choveu no dia anterior ou no dia que a pesquisa estava programada, assim a pesquisa deve ser transferida para o próximo dia típico. Nos tópicos a seguir serão abordadas algumas pesquisas e suas definições.

4.1 Pesquisa Volumétrica

Esta pesquisa tem como objetivo determinar a quantidade, direção e a composição do fluxo de veículos que utilizam uma seção ou interseção no sistema viário em uma unidade (PORTO ALEGRE, 2006).

Os dados obtidos a partir desta pesquisa são referentes ao volume horário de veículos e dos seus movimentos em determinada via ou cruzamento viário.

Estes dados dão subsídios aos estudos de circulação e segurança viária, podendo auxiliar na tomada de decisões para a implantação de semáforos, implantação de controles de velocidade, classificação das vias e verificação da demanda e comparação com a capacidade viária (PORTO ALEGRE, 2006).

A pesquisa possui dois métodos de coleta de dados, o método tradicional e o automático, a diferença entre os dois métodos está na maneira em que os dados são coletados.

O método tradicional é realizado por pesquisadores ao lado da via que realizam a contagem dos veículos utilizando pranchetas, contadores e folhas de campo.

Já o método automático é realizado utilizando equipamentos instalados ao lado ou sobre a via que registram as passagens dos veículos, por exemplo: laços magnéticos e CEVs.

4.2 Pesquisa de Velocidade e Retardamento

Esta pesquisa tem o objetivo de medir a velocidade e os retardamentos (tempos em que o veículo ficou parado) de uma corrente de tráfego ao longo de uma via, assim visando conhecer a facilidade de se percorrê-la.

Esta pesquisa se refere à velocidade média no espaço, que é a distância percorrida dividida pelo tempo médio do percurso, incluindo os tempos parado.

A medição dessa velocidade se dá de forma indireta, pois consiste em obtê-la através do tempo de percurso (tempo em movimento) ao longo do trecho estudado e dos tempos perdidos, que são os tempos em que o veículo ficou parado, que estes fornecem os retardamentos. Estes dados são colhidos por meio de amostras e podem ser utilizados para verificar como a corrente de tráfego se comporta ou até mesmo veículos individuais.

De maneira geral esta pesquisa tem objetivo coletar informações para:

- Análise do desempenho de uma rota (eficiência da rota para atender ao tráfego);
- Avaliação dos impactos das alterações em uma rota (realizando estudos antes e depois);
- Análise global do sistema viário, com levantamentos de dados diários é possível criar indicadores de desempenho e ver as condições em que a via está operando;
- Estudos de capacidade e nível de serviço das rotas, com o objetivo de estabelecer características do trecho estudado;
- Levantamento dos tempos de percurso nos limites do sistema, para poder utilizar em modelos de distribuição e alocação de tráfego.

O método de pesquisa que será abordado aqui é o método do veículo-teste, podendo ser com cronômetro, computadores portáteis e até o Global Positioning Systems (GPS). Este método apesar de ser mais preciso em comparação a outros métodos como o método do observador móvel, que é análogo ao método observador da pesquisa de velocidade pontual, tem uma desvantagem que é coletar um número significativo de amostras, devido as características dinâmicas do tráfego (velocidade, densidade, volume) que variam muito em um período de 24 horas.

Sendo o veículo-teste com cronômetro o método mais antigo devido ao seu baixo custo. Com dois pesquisadores dentro do veículo-teste inicia-se o trajeto, enquanto um pesquisador dirige o outro utiliza um cronômetro para anotar o tempo de percurso, um segundo cronômetro para anotar os tempos perdidos. Este método acaba não sendo muito preciso devido as falhas humanas para controlar os cronômetros e verificar a velocidade.

Também existe o método do veículo-teste com aparelho, este já sendo mais confiável que o método utilizando o cronômetro, faz uso de computadores portáteis junto de GPS, assim diminuindo os erros humanos na aquisição dos dados, assim aumentando a confiabilidade nos mesmos, embora o seu custo de operação seja elevado comparado aos outros métodos.

4.3 Métodos automatizados de coleta de dados

Com o avanço da tecnologia e a demanda por maior quantidade de dados confiáveis, surgiram alternativas para realizar a coleta de dados com equipamentos, eles possuem custo associado de aquisição, instalação e manutenção, variando para cada tipo de equipamento. Sendo alguns deles tubos pneumáticos, sensores piezoelétricos, radares de velocidade e detecção por imagem, estas alternativas são instaladas ao decorrer da via e fazem a coleta por longos períodos de tempo (EUROPEAN COMMUNITIES, 2008).

Estes métodos de coleta conseguem identificar o volume de carros na via, velocidade, classificação dos veículos ocupação e presença, com exceção dos tubos pneumáticos que não identificam a ocupação e presença dos veículos (EUROPEAN COMMUNITIES, 2008).

Existe também o método dos Dados Flutuantes de Carros (DFC), que utiliza dados provenientes de celulares e GPS que atuam como sensores dos carros em relação passando informações anonimamente para central de processamento da via, assim obtendo informações de velocidade, posição dos veículos e sentido em que estão se locomovendo, retornando essas informações para os usuários que auxiliam na verificação do tráfego atual e indicando rotas alternativas.

Métodos alternativos para coleta de dados de tráfego utilizando celulares e GPS tendem a ser opções econômicas e com o auxílio da tecnologia é possível obter dados de alta qualidade em tempo real (EUROPEAN COMMUNITIES, 2008).

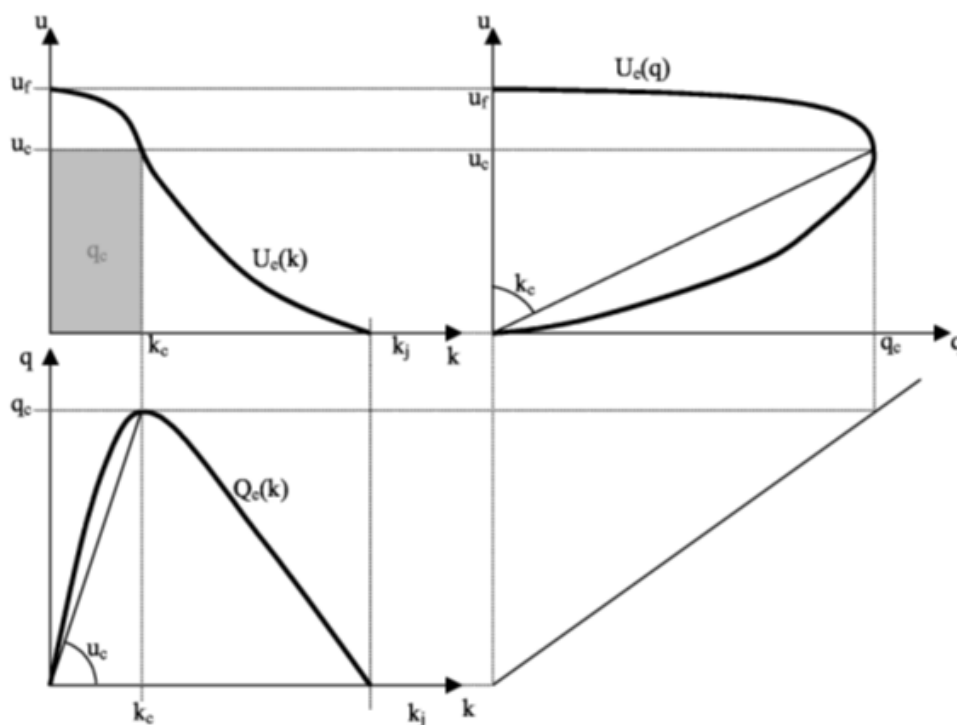
4.4 Teoria de fluxo de tráfego

A teoria de fluxo de tráfego busca explicar e prever o comportamento do tráfego com base na determinação de suas principais variáveis descritivas e do conhecimento das leis que regem seu comportamento, sendo a combinação das três variáveis, fluxo (q), densidade (k) e velocidade (u) (IMMERS e LOGGHE, 2002).

O fluxo representa a quantidade de veículos que cruzam uma seção da via em unidade de tempo, a densidade representa a quantidade de veículos por unidade de distância, sendo expressa em veículos por quilômetros.

A velocidade média da via é obtida pela razão entre o fluxo e a densidade, ou entre a distância e o tempo gasto para percorrer um determinado trecho viário, e é expressa em quilômetros por hora (Immers e Logghe, 2002). As relações entre as três variáveis representativas do tráfego macroscópico, fluxo, concentração e velocidade, é denominada relação fundamental da teoria do fluxo de tráfego a partir da equação $q=u*k$. Nesta equação, uma variável é sempre derivada da relação entre as outras duas, ou seja, é uma equação com duas variáveis independentes. A representação gráfica da relação entre as variáveis independentes, analisadas duas a duas, dá origem a três diagramas, denominados diagramas fundamentais que podem ser observados na Figura 2.

Figura 2 - Diagramas Fundamentais do fluxo de tráfego



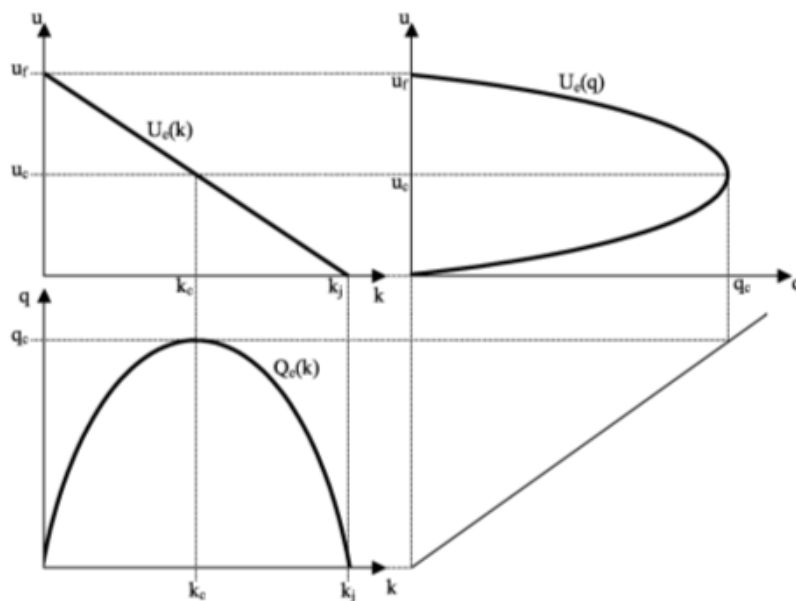
Fonte: (IMMERS e LOGGHE, 2002).

O modelo de Greenshield foi desenvolvido para representar a tendência de fluxo, em um determinado trecho de via em que os veículos trafegam em condição de fluxo ininterrupto, com base em medições de dados reais. Apesar de ser um modelo simples, baseado na hipótese de que a velocidade e a densidade variam linearmente, o modelo de Greenshield produz estimativas relativamente acuradas e é ainda bastante utilizado (IMMERS e LOGGHE, 2002).

A relação entre velocidade (u) e densidade (k) é dada pela $u = A - Bk$, denominada Modelo de Greenshield. As constantes “A” e “B” são determinadas através de observações de campo, a constante “A” representa a velocidade em fluxo livre e a razão entre as constantes “A” e “B” representa a concentração no regime de saturação.

A Figura 3 mostra a representação dos diagramas fundamentais para o Modelo de Greenshield. A principal consequência deste modelo é que, quando a densidade tende a zero a velocidade se aproxima da velocidade de fluxo livre. Na capacidade, a velocidade é a metade da velocidade de fluxo livre e a concentração é metade da concentração de saturação.

Figura 3 - Diagramas fundamentais de acordo com o Modelo de Greenshield



Fonte: (IMMERS e LOGGHE (2002).

3 CAATP – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

A ferramenta CAATP foi desenvolvida pela Equipe de pesquisa de trânsito (EPTRANS) da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) para melhorar o método de coleta de dados de tempos de percurso assim como minimizar os erros durante a coleta e tabulação das pesquisas. Ter o conhecimento e os dados brutos obtidos por essa ferramenta é de suma importância. A obtenção dos tempos de deslocamento e atrasos dos veículos na rede viária é essencial para diversos setores de planejamento. Destacam-se entre outras a utilização destes dados para o cálculo da coordenação semafórica (ondas verde), de velocidade média e velocidade de cruzeiro para alimentação e calibração de modelos de alocação e simulação de tráfego ou até para avaliar o desempenho de uma via e identificar os seus gargalos assim estudando possíveis medidas para intervenção.

O método tradicional de pesquisa e retardamento envolvia o uso de cronômetros e planilhas de anotação, desperdício de material, mobilização de recursos humanos que acabam demandando muito tempo e acumulando erros no decorrer do processo da pesquisa.

Identificados esses problemas surgiu o CAATP, uma ferramenta simples desenvolvida em MS Excel® operada dentro de um veículo a partir de um computador portátil. A ferramenta é dividida em quatro módulos que podem ser observados na Figura 1. O CATTP realiza interface com outras duas ferramentas, o CAAFT e o MARFV. O CAAFT faz a coleta e tabulação e análise automática de fluxos obtidos através dos CEVs e outros controladores e o MARFV por sua vez faz o cruzamento das informações obtidas através do CAATP e CAAFT, gerando gráficos da relação fluxo x velocidade, ferramenta de análise indispensável na engenharia de tráfego, está interface entre as aplicações pode ser observada na Figura 1.

Entre 2011 e 2013, pesquisadores da USP, através da Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Desenvolvimento Industrial (FIPAI), conduziam dois projetos, junto à Prefeitura Municipal de Anápolis. O primeiro projeto tinha como objeto o desenvolvimento de um Sistema de Gerencia de Pavimentos Urbanos (SGPU) e o segundo o de realizar todas as etapas de análises técnicas para dar subsídios ao desenvolvimento do PlanoMob Anápolis. O trabalho contemplou a etapa de coleta, tratamento e análise de diversas informações, assim com a criação de um banco de dados georreferenciado. Estes dados deveriam viabilizar a aplicação de modelos e técnicas de última geração para dar subsídios ao diagnóstico e ao prognóstico da mobilidade da cidade, assim como propor e analisar diversas combinações de políticas sustentáveis.

Para o prognóstico e análise de cenários de políticas de mobilidade, para um horizonte de 30 anos foi aplicado o modelo *Metropolitan Activity Relocation Simulator* (MARS) proposto por Pfaffenbichler (2003), que é um modelo dinâmico e integrado de uso do solo e transportes. Por ser um modelo complexo, necessita ser alimentado com diversos, dados relativos à cidade tais como sistemas de transportes, características da população, empregos, moradias, e comportamentos de veículos e usuários na rede de mobilidade. Entre estes dados, são necessárias matrizes Origem-Destino, com dados de Velocidade Média e Velocidade de Fluxo Livre, para que, através de modelos da relação fluxo-velocidade, possa simular a realocação de tráfego para cada ano de análise.

Sendo assim, o CAATP foi aplicado para coleta de dados de velocidade e retardamento na rede de vias artérias de Anápolis, para que as matrizes de velocidade média e de fluxo livre pudessem ser construídas. Foi possível, também, realizar o diagnóstico do comportamento da corrente de tráfego no ano de análise e verificar problemas de sincronismo da rede semafórica. Esta aplicação, dando subsídio a construção de Planos de Mobilidade e viabilizando alimentação de modelos complexos, denota a importância de uma ferramenta de coleta como o CAATP, e de sua otimização através do CAATPmob, para o desenvolvimento das sustentável das cidades.

3.1 Módulo de configuração – CAATP

No módulo de configuração são adicionadas as informações básicas da coleta de dados e percurso a ser estudado como mostra a lista a seguir:


- Nome do pesquisador;
- Identificação do percurso a ser estudado ou trecho da via;
- Indicação do sentido de deslocamento (Norte – Sul ou Centro – Bairro);
- Croqui do percurso com trechos e pontos de coleta de velocidade para melhor orientação dos pesquisadores;
- Condições climáticas no momento da pesquisa;
- Informações sobre o percurso e os trechos como, por exemplo: Identificar o cruzamento de vias (Via 1 com via 2), informar a distância acumulada em quilômetros além da zona de tráfego que pode ser informada.

3.2 Módulo de coleta – CAATP

Após a etapa de configuração é iniciada a etapa de coleta de dados, que é realizada pelo módulo de coleta. Esta etapa consiste basicamente, enquanto o motorista percorre o trecho dirigindo, em operar o computador portátil dentro de um veículo indicando por meio de botões na ferramenta o momento exato de passagem nos pontos de início e fim dos trechos registrados anteriormente. Estes pontos de início e fim foram previamente informados na etapa de configuração. Apenas por apertar no botão o no instante de passagem no ponto indicado que a ferramenta irá registrar o dia, hora, minuto e segundo em que a passagem foi realizada. Também será solicitado informar o motivo da parada do automóvel, que são indicados por botões com figuras, assim podendo realizar uma avaliação no final do estudo o tempo perdido no percurso e seus motivos, entre estes motivos estão:

- Parada em semáforos;
- Paradas por congestionamento;
- Parada por motivo de veículo estacionado irregularmente;
- Parada por obras;
- Parada em semáforos de pedestres;
- Parada por motivo de ônibus ou táxis;
- Parada por motivo de acidente;
- Outros motivos não citados anteriormente.

Figura 4 - Planilha com motivos de parada

TRECHO ATUAL		REGISTROS						
PONTO INICIAL	PONTO FINAL	MOVIMENTOS	PARADAS		PONTOS			
Ponto 1 PRESIDENTE PRUDENTE DE MORAES - UFSC	Ponto 2 PRESIDENTE PRUDENTE DE MORAES x BLUMENAU	ANDOU						
								

Fonte: Marangoni e Lopes (2015).











3.3 Módulo de análise – CAATP

Por mais que as informações de velocidade e tempos já estejam a disposição no módulo de coleta, os dados que se referem ao desempenho da via, são obtidos a partir do módulo de análise, onde todas as informações são organizadas automaticamente à medida que os dados vão sendo coletados. Ao final da coleta é possível verificar a velocidade média, de cruzeiro e seus atrasos, assim como os atrasos acumulados e seus motivos de paradas.

3.4 Módulo de saída – CAATP

Além das tabelas que podem ser geradas nos módulos anteriores e dados que podem ser observados, o módulo de saída mostra um resumo geral com gráficos de barra que representam as velocidades média e de cruzeiro, assim como as paradas primárias e as secundárias são demonstradas em outro gráfico. Na Figura 5 pode-se observar uma das planilhas que o CAATP fornece, sendo essa a planilha do resumo da pesquisa no trecho.

Figura 5 - Resumo dos resultados obtidos pelo CAATP

VIA: ROTA_DIM-JOI2015		SENTIDO: NORTE / SUL		DATA: 22/09/2016 quinta-feira					
PONTO DE INÍCIO: PRESIDENTE PRUDENTE DE MORAES - UFSC x		HORA DE INÍCIO: 8:24:40 AM		PERÍODO: PICO MANHÃ					
PONTO DE FIM: LEITE RIBEIRO - MUBI - ESTACIONAR		HORA DE FIM: 8:42:36 AM							
PESQUISADOR: Yan-Lucas		DISTANCIA PERCORRIDA (km) 5,93		TEMPO TOTAL (h:mm:ss) 0:17:56					
		CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		INSTÁVEL					
VELOCIDADE MÉDIA: 20 km/h		MÁXIMA 50 km/h		MÍNIMA 2 km/h					
VELOCIDADE DE CRUZEIRO: 34 km/h		MÁXIMA 50 km/h		MÍNIMA 8 km/h					
ATRASO TOTAL (h:mm:ss): 0:07:21		NÚMERO TOTAL DE PARADAS: 8							
MOTIVOS DOS ATRASOS									
SEMAFORO CRUZAMENTO 	SEMAFORO PEDESTRE 	FAIXA DE SEGURANÇA 	OBRAS NA PISTA 	PARADA OBRIGATORIA 	ESTACION. IRREGULAR 	PARADA TP 	CONGEST. 	ACIDENTE 	OUTROS MOTIVOS 
PARADAS PRIMÁRIAS 7	PARADAS SECUND. 0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autor (2016).

3.5 Aplicações CAATP

O CAATP foi aplicado na cidade de Anápolis pela FIPAI para gerar o relatório de estudos para a cidade de Anápolis (FIPAI, 2013) que auxiliaria no Planmob da cidade. A ferramenta também vem sendo utilizada na cidade de Porto Alegre (LOPES, 2010) para auxiliar na programação dos semáforos pelo centro de controle e operações (CCO).

Para conseguir os dados necessários para alimentar os sistemas, devem ser escolhidas as vias para realizar a coleta e realizar a pesquisa e as devidas replicações para aumentar a quantidade de dados coletados para gerar o banco de dados e respectivamente alimentar os modelos matemáticos.

4 CAAFT - CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

O CAAFT inicialmente foi desenvolvido na ferramenta MS Excel ® para análise de fluxo de tráfego, baseada nos dados obtidos de controladores semafóricos. Contempla um módulo de entrada de dados, um módulo de tratamento dos dados, um módulo de análise o último módulo sendo o de saída, que retorna gráficos e croquis. O CAAFT foi o idealizador ao Sistema de Controle de Tráfego (SCG) que estava sendo desenvolvido em 2010. Na Figura 1 estão dispostos todos os módulos do CAAFT a a relação entre eles junto as demais ferramentas.

4.1 Módulo de entrada de dados brutos - CAAFT

Nesta etapa são obtidos dados dos controladores semafóricos para cada minuto do dia, para cada faixa e cada aproximação, por exemplo. Por mais que se trate de uma coleta de dados automática ainda há certa margem para erros durante a coleta que é feita por laços magnéticos (por exemplo, algum veículo parado acima do laço por muito tempo devido a falhas mecânicas). Os controladores percebem quando há esse erro e consegue indicar cada minuto em que ele ocorreu.

4.2 Módulo de tratamento – CAAFT

Na etapa de tratamento a ferramenta possui duas planilhas que ajudam a identificar se houve ou não falhas na leitura e assim consegue filtrar os dados sem falhas.

- “Falhas fluxo” – Na parte chamada Falhas fluxo há a identificação se no dado obtido houve ou não falha, caso tenha ocorrido alguma falha durante a leitura é relacionado a um atributo chamado “FALHA”, caso contrário é relacionado ao “OK”;
- “Dados fluxo” – A partir dos dados que tem valores atribuídos apenas com “OK” ela os separa para que possam ser utilizados no próximo módulo.

4.3 Módulo de Análise – CAAFT

O módulo lê os dados do módulo anterior apenas os que foram selecionados previamente como dados válidos e gera tabelas com fluxos médios. Neste módulo é possível obter informações para cada quarto de hora ou até para cada hora do dia. Estas informações podem ser agregadas (por aproximação ou total de cada cruzamento) ou desagregadas (para cada faixa de rolamento). Também são gerados dados estatísticos para as 24 horas do cruzamento estudado, como o fluxo total, fluxo máximo, fluxo mínimo, desvio padrão e fluxo médio.

4.4 Módulo de Saída – CAAFT

Através de gráficos, o módulo de saída permite uma visualização facilitada e uma melhor avaliação do desempenho do cruzamento durante o dia inteiro. Além do croqui que já direciona automaticamente o cruzamento em especial ao Google Earth.

4.5 Aplicações CAAFT

Assim como o CAATP, o CAAFT também foi utilizado para elaborar o relatório, para coletar a quantidade necessária de dados o CAAFT foi aplicado diversas vezes nas principais vias (FIPAI, 2013), em meio de compreender o comportamento das mesmas.

5 MARFV – CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

O MARFV é a última das ferramentas a ser utilizada, pois ele utiliza dados obtidos no CAATP e no CAAFT para fazer uma análise da relação fluxo – velocidade, com base no modelo de Greenshield e traçar os gráficos propostos por ele. Esses dados alimentam o módulo de entrada de dados.

Já no módulo de análise é onde as operações são realizadas para obter resultados estatísticos e para enviar estes dados ao módulo de saída onde que finalmente são plotados os dados dos gráficos de fluxo – velocidade, velocidade – densidade e fluxo – densidade. Todos os módulos do MARFV podem ser observados na Figura 1 e a sua relação com o CAATP e CAAFT. O MARFV por sua vez só pode ser aplicado em Porto Alegre pois os dados foram obtidos dos controladores de fluxo no mesmo instante de tempo em que os dados foram coletados com o CAATP, assim tendo maior confiabilidade nos dados. (LOPES, 2010).

6 EVOLUÇÃO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS

Segundo a Anatel (ANATEL, 2016), o Brasil registrou 256,43 milhões de linhas ativas na telefonia móvel, tendo uma densidade de 124,66 por 100 habitantes. Assim como o acesso a internet em 2013, 57,3% das pessoas acessaram a internet por dispositivos móveis, enquanto o uso da banda larga móvel esteve presente em 62,8% das residências que têm acesso a internet. Estes dados demonstram a crescente acessibilidade do acesso aos dispositivos móveis e o acesso a internet para a população brasileira.

Com o aumento da capacidade computacional dos dispositivos móveis e a simplificação para desenvolvimento nessas plataformas, proporcionou o aparecimento de diversos tipos de aplicativos, que podem ser instalados facilmente por qualquer usuário com um smartphone e acesso à internet. Atualmente, dispositivos móveis do tipo smartphone possuem diversos sensores e funções que auxiliam no desenvolvimento de aplicativos para diferentes fins. Algumas dessas ferramentas presentes nos smartphones são o GPS , Wi-Fi e bluetooth (MELO et al., 2015).

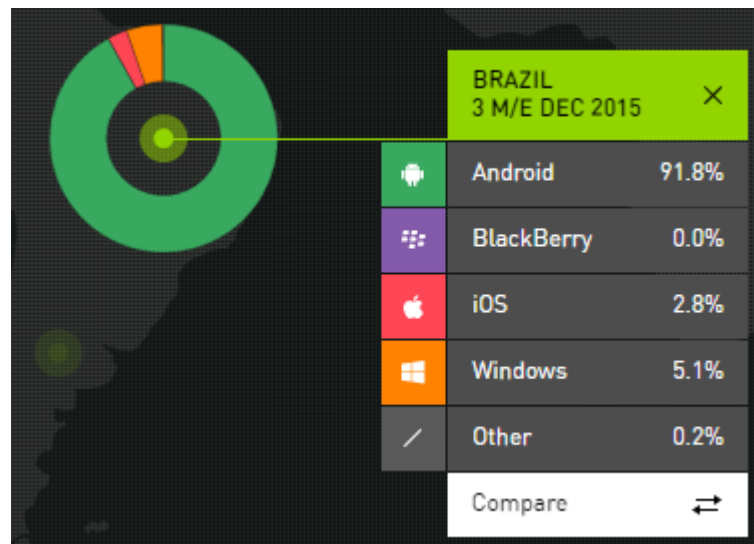
Assim, com a popularização e evolução dos smartphones, aplicativos como o Waze (WAZE, 2016), Moovit (MOOVIT, 2016), Strava (STRAVA, 2016) e Runtastic (RUNTASTIC, 2016) começaram a surgir. Sendo o Waze e o Moovit aplicativos que coletam dados sobre o estado dos sistemas de transportes, fornecendo em troca informações valiosas para o usuário e com estes dados é possível entender as tendências de uma determinada população (MELO et al., 2015). Já o Strava e o Runtastic são aplicativos que auxiliam o usuário nas atividades físicas, como corrida e ciclismo. O aplicativo coleta os dados durante a realização da atividade e entrega ao usuário o percurso, velocidade média no percurso, tempo gasto. Estes dados são importantes para aquelas pessoas que querem um controle maior para melhorarem o seu desempenho, desde iniciantes até profissionais.

Existe também uma abordagem de baixo custo para coleta de dados de transporte público usando smartphones proposta por Melo et al. (2015), em que utilizando-se o bluetooth do celular dos usuários do transporte coletivo de ônibus e um dispositivo que se anexa a infraestrutura do ônibus, conhecido como Beacon, que possui interface bluetooth e realiza as conexões com os celulares dos usuários. Essa abordagem proposta por Melo et al. (2015) tem como objetivo obter matrizes OD de linhas de ônibus de uma rede municipal de alta qualidade, embora o autor cite que para diminuir estes erros a amostra tenha tamanho mínimo para ter significância estatística.

6.1 Sistemas operacionais

Todo dispositivo móvel como smartphones ou tablets, possui um sistema operacional (SO), que junto a uma interface gráfica serve para o usuário interagir com os programas e componentes do dispositivo para realizar a tarefa desejada. No Brasil o SO mais utilizado nos smartphones é o Android, ocupando 91.8% dessa fatia em Dezembro de 2015(KANTAR WORLD PANEL, 2016). Na Figura 8 observa-se como o restante do mercado de SO dos smartphones é composto.

Figura 6 – Divisão dos SO dos smartphones no Brasil



Fonte: Kantar Worldpanel (2016).

O Android é um projeto de código aberto liderado pela empresa Google, que sempre está atualizando o seu SO e lançando novas funcionalidades para lidar com a evolução dos sensores e outras características técnicas dos smartphones. Para desenvolver um aplicativo para Android é necessário utilizar a linguagem de programação Java e eXtensible Markup Language (XML), sendo responsáveis pela implementação da lógica da aplicação e o layout respectivamente.

6.2 Tecnologias utilizadas no desenvolvimento

Para melhor compreensão do desenvolvimento e das ferramentas utilizadas, neste capítulo serão abordados os elementos e conceitos do sistema operacional Android.

6.2.1 Android

O Android foi oficialmente anunciado em Novembro de 2007, mas vinha sendo desenvolvido aos poucos desde 2005. Um das principais características do Android é que cada versão tem diferentes funcionalidades de acordo com os hardwares. A plataforma oficial do Android está sempre associada ao nível de uma interface de programação de aplicação (API) (HOOG, 2011). Sendo assim a cada nova versão do Android o nível da API aumenta, assim a quantidade de funcionalidades suportadas pela API também cresce.

A plataforma Android é uma plataforma de código aberto baseada no Linux Kernel e outras estruturas em blocos, sendo responsáveis pela abstração do hardware, bibliotecas em C/C++, APIs em Java que fazem parte da estruturação do SO e aplicações padrões, assim dando forma ao Android como conhecemos. Na Figura 9 é possível observar a estruturação dos níveis dos blocos utilizados na arquitetura do Android (GOOGLE, 2017a).

Figura 7 – Arquitetura da plataforma



Fonte: Google (2017a).

6.2.2 Application Programming Interface (API)

Hoje o desenvolvimento de aplicações implica na elaboração das APIs e são a forma mais comum de para a reutilização de códigos. As APIs disponibilizam um conjunto de funções previamente implementadas e testadas, que podem ser utilizadas sem que precise desenvolver essas mesmas funções do zero. Aumentando a qualidade das aplicações e reduzindo o esforço durante o desenvolvimento (SALMAN, 2017).

Para o desenvolvimento do CAATPMob algumas APIs foram utilizadas, muitas delas já inclusas dentro do Mapbox Software Development Kit (SDK) Android, que serão abordadas em seguida. Outra API utilizada é a Realm, com a função de armazenar dados e realizar consultas ao banco de dados com maior facilidade, tendo como objetivo ser um banco de dados para celulares (REALM, 2017).

O Android SDK é a ferramenta primordial para o desenvolvimento em Android, pois contém todas as APIs, materiais de referência e outras ferramentas necessárias para utilizar diferentes funcionalidades do Android (HOOG, 2011). Sendo assim um SDK contém várias APIs que se veem necessárias para o desenvolvimento de determinadas aplicações.

6.2.3 Mapbox SDK

O mapbox SDK tem como objetivo facilitar a construção de aplicações que são baseadas em mapa, sejam navegadores, rastreadores ou apenas mapas informativos. Para isso este SDK fornece diversas APIs para o auxiliar neste desenvolvimento como: construção de mapas, geocodificação, obter as rotas de acordo com os pontos marcados no mapa, fórmulas e heurísticas para auxiliar na elaboração do mapa e possíveis dados (MAPBOX, 2017a). A versão utilizada para desenvolver o CAATPmob foi o Mapbox SDK foi 5.1.0 beta.

O Mapbox Navigation SDK foi desenvolvido com um simples objetivo, ser um SDK com as funções necessárias somente essenciais para a navegação, assim reduzindo o tamanho do kit e criando uma ferramenta de fácil utilização que crie boas experiências para os usuários. O mapbox navigation SDK utilizado é a versão 0.3.0 (MAPBOX, 2017b).

O Navigation SDK calcula a rota de acordo com o perfil do usuário, seja para carro, bicicleta ou a pé, verifica a posição do dispositivo a partir do GPS e verifica se completou a rota e fornece informações da navegação como: velocidade, onde realizar as conversões para se chegar ao destino e a distância percorrida e restante.

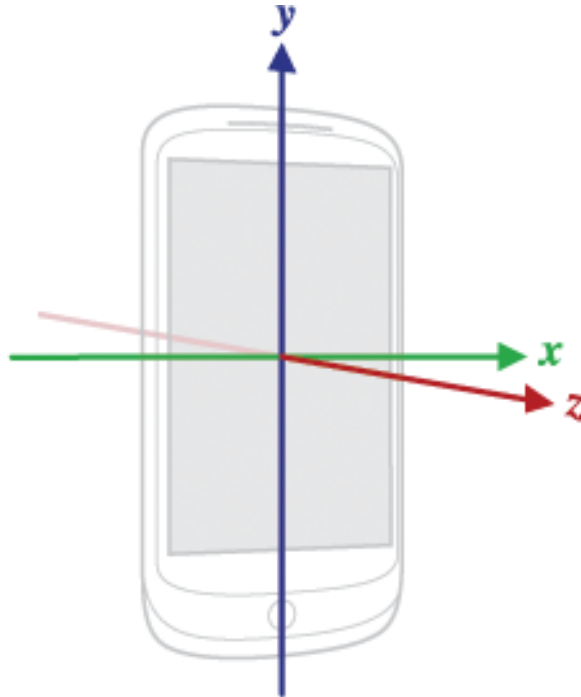
6.2.4 Sensores

A maioria dos dispositivos que utilizam Android possuem sensores integrados, que medem a movimentação, localização e orientação do dispositivo e até condições do ambiente. Estes sensores podem fornecer dados brutos com alta precisão e são úteis se a finalidade for monitorar ou interagir com o ambiente em que o dispositivo está (GOOGLE, 2017b).

Para utilizar estes sensores existem os níveis de API que fazem a interface com o hardware e que eles possam ser controlados funções simples. Por exemplo, o acelerômetro que mede a aceleração do celular está disponível desde a API nível 3, já o giroscópio está disponível desde a API 9 (GOOGLE, 2017b). Os sensores de movimento possuem o seu sistema de coordenadas que é utilizado como base para verificar se houve movimento e a

magnitude deste movimento, a representação deste eixo de coordenadas em relação a posição do dispositivo pode ser observada na Figura 10.

Figura 8 - Eixo de coordenadas dos sensores de movimento.



Fonte: Google (2017b).

Os dois sensores utilizados especificamente para o desenvolvimento do aplicativo foram o acelerômetro e o GPS, o acelerômetro é controlado através da API padrão da Google e o GPS através do Mapbox Android SDK, utilizados para verificar a posição e se o dispositivo está em movimento.

7 METODOLOGIA UTILIZADA

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se da seguinte metodologia, que está disposta a seguir nos seguintes passos:

- Levantar modos para desenvolvimento do aplicativo e as vantagens de cada um;
- Estudar as linguagens de desenvolvimento do modo escolhido;
- Estudar a ferramenta CAATP para entender seu funcionamento;
- Definir as funcionalidades que serão abordadas no aplicativo;
- Definir as melhores maneiras de se desenvolver a aplicação e a lógica empregada para os dispositivos móveis;
- Desenvolver a aplicação dentro dos moldes definidos;
- Testar a aplicação e apurar os erros existentes para que sejam corrigidos;
- Melhorar erros existentes com base no levantamento dos erros;
- Verificar o atingimento do objetivo e melhorias futuras.

Após a conclusão da aplicação tem-se a necessidade de replicar o método de aplicação de Lopes (2010), este possui algumas etapas que devem ser seguidas, desde a criação da configuração da pesquisa até a obtenção do arquivo em Excel com os resultados e análises. As etapas são:

- Configurar a rota da pesquisa e os pontos notáveis;
- Ir até o local de início da rota em um dia típico em que não está chovendo e nem houve chuva no dia anterior;
- Ao iniciar a locomoção com o veículo teste o pesquisador deve iniciar a pesquisa;
- Sempre que o veículo parar o pesquisador deve informar a ferramenta de que o veículo parou, assim que voltar a se movimentar a ferramenta também deve ser informada;
- Sempre que o veículo parar e a ferramenta for informada, ela solicitará um motivo de parada, que deve ser selecionada;
- Ao passar por um dos pontos notáveis o pesquisador deve informar à ferramenta que alcançou este ponto;
- Este processo deve ser repetido até que se alcance o último ponto notável da rota;
- Ao finalizar a pesquisa deve-se salvá-la e o arquivo em excel será gerado.

8 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Partindo da metodologia apresentada no capítulo anterior, este irá mostrar como os passos foram desenvolvidos e explicar os motivos das suas escolhas.

1. Levantar modos para desenvolvimento do aplicativo e as vantagens de cada um:

Na fase inicial do projeto levantou-se a ideia de desenvolver a aplicação utilizando uma ferramenta que ao finalizar o aplicativo programado em uma linguagem de programação, criaria aplicativos para todos os três sistemas operacionais de celulares, Windows Phone, iOS e Android, mas para realizar este tipo de projeto, não haveria a liberdade e eficiência para desenvolver aplicações com maior acesso as funções do hardware.

Portanto ao invés de desenvolver uma aplicação para os três sistemas operacionais, devido a baixo disponibilidade de recursos para testes como: dispositivos móveis com seus respectivos sistemas operacionais, computadores com as especificações recomendadas para realizar testes virtuais, optou-se pelo desenvolvimento apenas para o SO Android. Um dos fatores cruciais para esta decisão foi a elevada faixa de mercado que o SO abrange no Brasil, alcançando até 91,8% dos smartphones (Kantar WorldPanel, 2016), a opção escolhida para o desenvolvimento da aplicação escolhida foi o SO Android. O desenvolvimento ocorreu no ambiente integrado de desenvolvimento Android Studio. Utilizando a linguagem de programação Java e XML.

2. Estudar a ferramenta CAATP para entender seu funcionamento:

Para compreender como funciona a aplicação do CAATP, foram realizadas algumas pesquisas com a ferramenta, com o objetivo de entender suas funcionalidades e o motivo delas, a ferramenta foi aplicada seis vezes, três vezes entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) até o Museu da bicicleta de Joinville e o outro trajeto entre a UFSC e o Parque Perini. Tendo estes resultados para comparar com a aplicação. As funcionalidades identificadas no CAATP são:

- Croqui identificando a rota que deverá ser seguida, os pontos notáveis em que o pesquisador irá marcar o tempo desde o último ponto;

- Definição da rota utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta auxiliar;
- Pontos notáveis para a marcação dos dados, distância total do percurso;
- Ao final da pesquisa os dados que o CAATP retorna são:
 - Os motivos de paradas, a quantidade de vezes de cada motivo e o total;
 - Tempo e a distância total da pesquisa e por trecho;
 - Velocidade média e de cruzeiro total do percurso e por trecho;
 - Velocidade máxima, mínima e atraso total;
 - Onda verde dos semáforos no percurso (Obtenção de dados que dão subsídio para analisar a onda verde dos semáforos);
 - Módulo de análise;
 - Módulo de saída com os dados analisados, gráfico e resumo.

Durante a etapa de definição das funcionalidades da aplicação, decidiu-se que apenas os módulos de configuração, coleta de dados e parcialmente o módulo de análise estariam presentes na aplicação, devido ao tempo disponível para a execução do projeto e limitações técnicas e de recursos. Na Figura 1 pode-se observar os módulos do CAATP e sua relação com as outras ferramentas.

3. Definir as melhores maneiras de se desenvolver a aplicação e a lógica empregada para os dispositivos móveis:

Para a elaboração de uma aplicação deve-se definir seu layout associado a lógica de programação, para que o aplicativo fique autoexplicativo e de fácil manuseio. Para isso a Google dá uma série de sugestões para o desenvolvimento de aplicações móveis, para que o usuário tenha uma boa experiência, algumas delas são: Material Design, layouts, e padrões de programação, que auxiliam no desenvolvimento da interface com o usuário (UI) para criar uma boa experiência para os usuários. Como o aplicativo é uma ferramenta de trabalho, é primordial que possua um design limpo, intuitivo e que não seja exaustivo para o pesquisador.

O módulo de configuração do CAATP necessita do auxílio de um SIG para coletar os pontos e distâncias para passar ao CAATP e realizar a configuração, identificada a necessidade para melhorar o módulo de configuração, o Mapbox Android SDK (MAPBOX, 2017a) foi escolhido para realizar esta função, pois utiliza a base da mapas do Open Street

Maps (OSM) e com os dados coletados dos dispositivos aprimoram a base de mapas, algo necessário para ferramentas de coleta de dados.

4. Desenvolver a aplicação dentro dos moldes definidos:

No CAATP cada pesquisa realizada gera um arquivo em MS Excel onde cada um destes arquivos é o resultado de um arquivo pré-configurado. No CAATPMob, as pesquisas pré-configuradas estão todas juntas na aba Pesquisa como é possível observar na Figura 11A, os seus resultados também estão centralizados na aba Resultados na Figura 11B, ao selecionar qualquer pesquisa que já tenha sido finalizada uma nova tela irá abrir mostrando todos os resultados disponíveis para consulta, essa tela pode ser observada na Figura 11C.

Figura 9 - Tela inicial CAATP

PESQUISA		RESULTADOS		CAATPMob		RESULTADOS	
Yan						E Criciúma x Timbó 0	970.4020495336737
Max Colin X Aquidaban	Pesquisas realizadas: 0	xv X Desembargador Nelson Nunes	Pesquisas realizadas: 2	E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 1	778.0688320251115
Yan		Yan		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 2	9.581588146829745E-4
desembar x Oscar Sch	Pesquisas realizadas: 0	xv X Max colin	Pesquisas realizadas: 1	E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 3	972.4365108770187
Yan		Yan		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 4	971.7311258234878
Oscar Schmidt x Cemitério	Pesquisas realizadas: 1	Oscar Schmidt x Cemitério	Pesquisas realizadas: 1	E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 5	774.3866525994625
Yan		Yan		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 6	970.1679164758181
E Criciúma x Timbó	Pesquisas realizadas: 9	E Criciúma x Timbó	Pesquisas realizadas: 9				
Yan		Yan					
correio x Criciúma	Pesquisas realizadas: 0	correio x i Criciúma	Pesquisas realizadas: 7				
Yan		Yan					
correio x i Criciúma	Pesquisas realizadas: 7						
Yan							
A	MAPA	B	MAPA	C			

Fonte: Autor (2017).

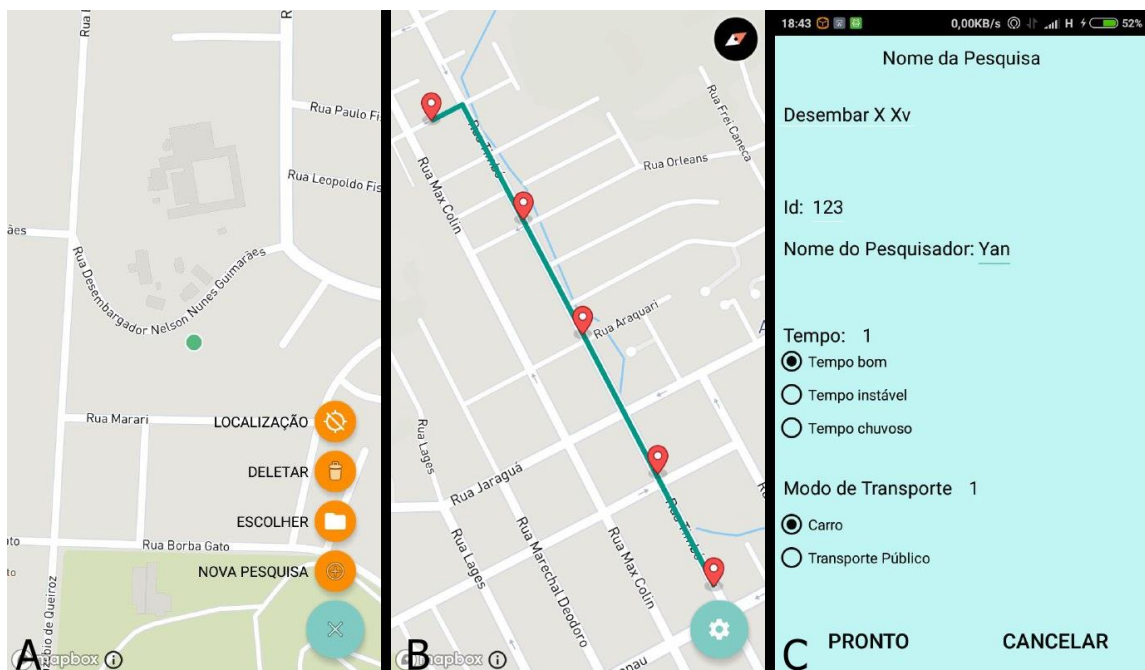
Tomando a diretriz que é a construção da pesquisa, utilizando a API do MapBox (MAPBOX 2017a), as pesquisas podem ser configuradas no próprio aplicativo, para se chegar a estas telas, o usuário deve apertar o botão Mapa que aparece na Figura 11A.

As telas apresentadas na Figura 12 são responsáveis pela criação das pesquisas que serão utilizadas no CAATPMob, a Figura 12A apresenta a tela inicial e as opções de ação que a aplicação fornece ao usuário, sendo elas:

- Nova Pesquisa: Permite o usuário criar uma nova pesquisa após selecionar os pontos de passagem;
- Escolher: Permite o acesso as pesquisas já criadas anteriormente;
- Deletar: Apaga todos os pontos registrados na tela;
- Localização: Liga ou desliga a localização atual do usuário no mapa.

Ao selecionar os pontos notáveis no mapa, serão adicionados marcadores vermelhos e conforme for adicionando mais pontos uma rota será gerada passando por estes pontos em ordem que forem posicionados, como mostra a Figura 12B, ao selecionar o botão Nova Pesquisa a tela apresentada na Figura 12C irá aparecer e para configurar a pesquisa o usuário deve preencher campos com dados auxiliares da pesquisa como: nome da pesquisa, id, nome do pesquisador, tempo e modo de transporte.

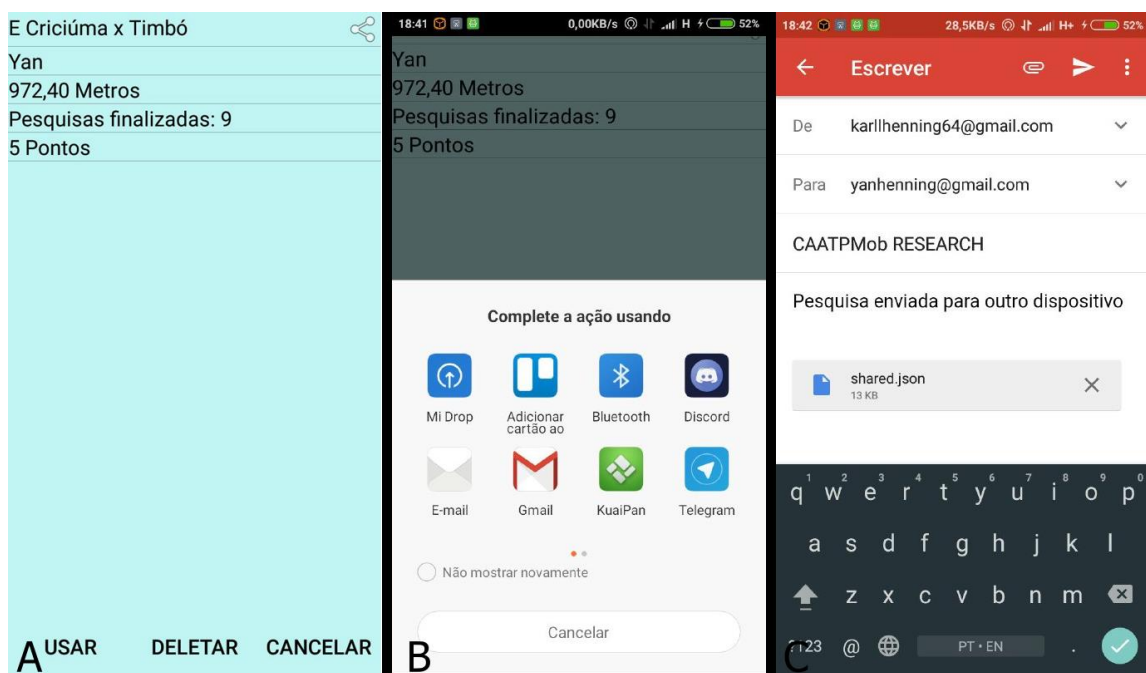
Figura 10 - Tela criação pesquisas



Fonte: Autor (2017).

Na Figura 13 estão as telas responsáveis para se iniciar a pesquisa e compartilhar com outros dispositivos via e-mail. Na Figura13A estão os dados resumidos da pesquisa, o nome da pesquisa, a distância total da rota, quantidade de vezes que a pesquisa foi realizada e a quantidade de pontos notáveis. Ao selecionar o botão de compartilhamento no canto superior direito da Figura13A, a aplicação irá sugerir uma série de aplicativos para compartilhar a pesquisa (como, por exemplo, via e-mail) com outras pessoas como é possível observar na Figura13B. A pesquisa será anexada automaticamente e deve-se apenas preencher o e-mail para finalizar essa ação, como mostra a Figura 13C.

Figura 11 - Telas de pesquisa

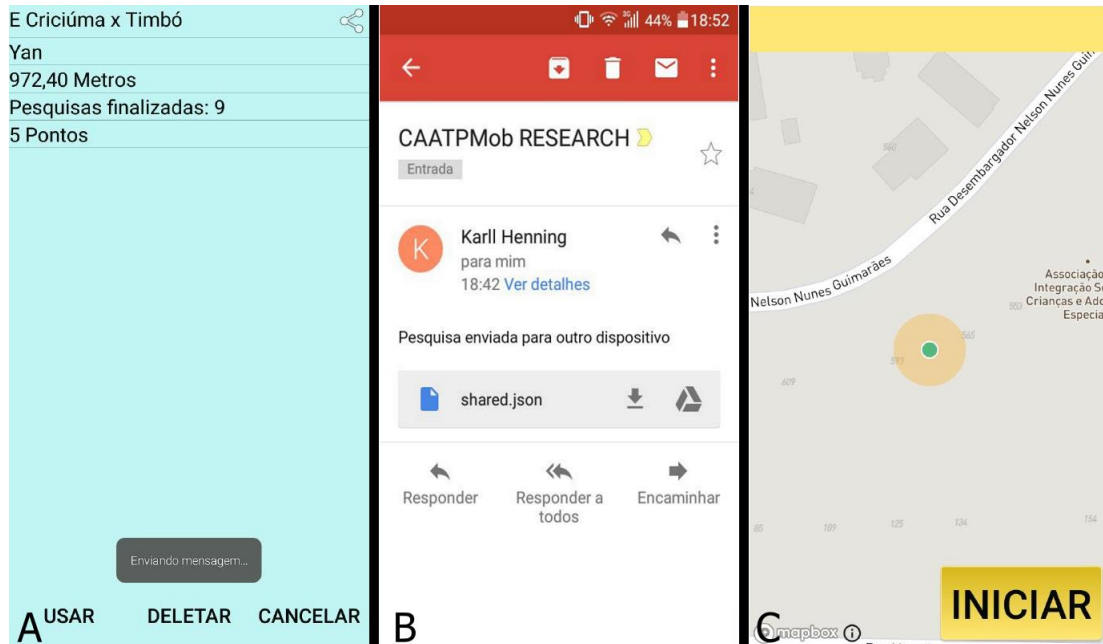


Fonte: Autor (2017).

Após enviar a pesquisa criada para outras pessoas e que possa ser acessado por outros dispositivos, a aplicação mostrará uma mensagem confirmando o envio, como mostra a Figura 14A. Na Figura14B mostra o e-mail recebido com a pesquisa em anexo.

Para iniciar a pesquisa o usuário deve selecionar o botão Usar que pode ser visto nas Figuras 13A e 14^a. A tela da Figura 14C irá aparecer mostrando a localização atual do usuário com um ponto no mapa.

Figura 12 - Recebimento e início da pesquisa

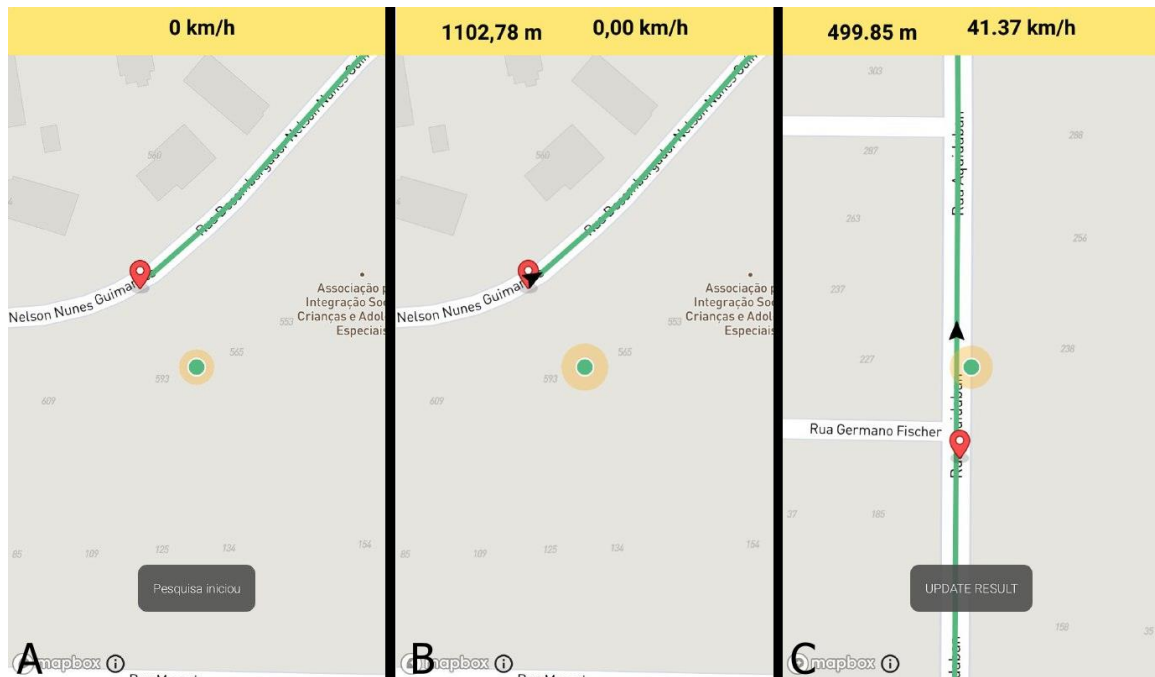


Fonte: Autor (2017).

Quando o pesquisador desejar iniciar a pesquisa deve apenas pressionar o botão Iniciar que é apresentado na Figura 14C e a tela que é apresentada na Figura 15A irá aparecer notificando de que a pesquisa iniciou. Assim que o usuário começar a se deslocar irá aparecer um cursor de navegação no centro da via, além dos dados de velocidade e distância para completar a rota que irão aparecer, informando o usuário a sua velocidade e a distância estimada para a conclusão da pesquisa.

A Figura 15C mostra a velocidade, distância para conclusão da pesquisa, a posição aproximada do GPS do usuário (ponto no mapa) e a localização aproximada na via (cursor de navegação).

Figura 13 - Pesquisa em andamento

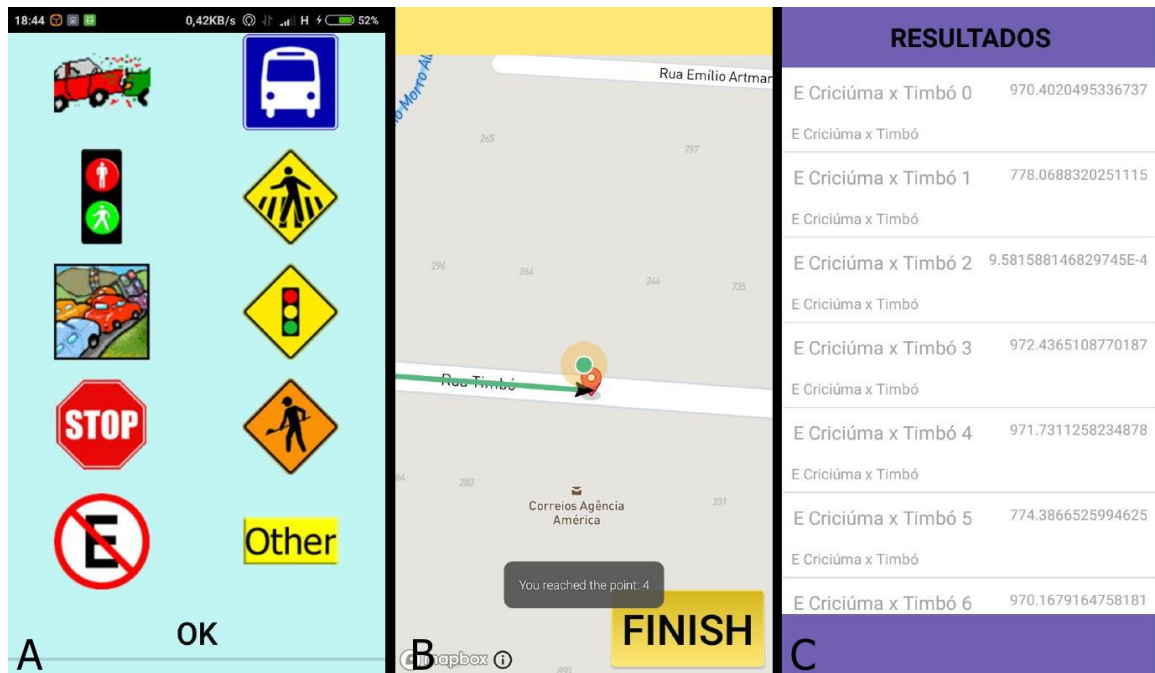


Fonte: Autor (2017).

Para identificar que o veículo realizou alguma parada durante a pesquisa, a aplicação utiliza da velocidade fornecida pelo Navigation SDK (MAPBOX, 2017b) e o acelerômetro para identificar se o dispositivo está se movendo. Quando o veículo parar após a pesquisa ter iniciado, a tela da Figura 16A irá aparecer solicitando que o pesquisador informe o motivo de parada, registrando o motivo e o tempo de atraso no resultado da pesquisa.

Quando o veículo chegar ao último ponto do percurso os resultados serão atualizados e o botão para finalizar a pesquisa irá aparecer como mostra a Figura 16B. Ao pressionar o botão a pesquisa será salva e poderá ser acessada através da aba resultados.

Figura 14 - Finalização da pesquisa



Fonte: Autor (2017).

Ao selecionar um resultado de pesquisa (Figura 16C) irá aparecer uma nova tela com alguns resultados preliminares do resultado da pesquisa, sendo eles observados na Figura 17. Os resultados são: Distância percorrida em metros, o tempo gasto durante a viagem (em segundos) e o tempo total de atraso (em segundos). Nas imagens correspondentes a cada motivo de pesquisa podem ser observados a quantidade de vezes que cada motivo foi responsável pelas paradas no percurso. Já nas linhas da Figura 17B estão os motivos de parada e a quantidade de vezes que houve alguma parada por cada trecho durante a pesquisa, sendo a divisão de cada trecho feita pelo caractere ponto e vírgula.

Figura 15 - Tela de resultado da pesquisa



Fonte: Autor (2017).

5. Testar a aplicação e apurar os erros existentes para que sejam corrigidos;

Para realizar os testes do CAATPMob, foi preciso definir o seu método de aplicação. Partindo da ferramenta de Lopes (2010), os passos a serem seguidos para a aplicação utilizando o CAATPMob são:

- Criar a configuração da pesquisa diretamente no aplicativo, posicionando os pontos dentro da via e antes dos cruzamentos no mapa da aplicação;
- Ir ao ponto de partida para iniciar a pesquisa e clicar no botão “INICIAR”;
- Deve-se seguir a rota que aparece no dispositivo;
- Sempre que o veículo parar, escolher um dos motivos de paradas que irão aparecer na tela automaticamente;
- Ao chegar no último ponto o aplicativo irá solicitar a parada e avisar que o pesquisador alcançou o último ponto e deverá salvar o resultado.

6. Corrigir erros existentes com base no levantamento dos erros;

A partir de testes isolados para verificar se as funções implementadas estão funcionando, foram realizados testes isolados para verificar se estão funcionando de acordo com o planejado, na medida que os testes falhavam, sempre retornava para a parte de desenvolvimento e novamente até que essa função estivesse de acordo com o planejado.

7. Verificar o atingimento do objetivo e melhorias futuras.

Após a conclusão do aplicativo, foi identificado que a aplicação faz a coleta de dados corretamente, embora tenham sido identificadas possíveis melhorias para melhorar a etapa de coleta de dados e a experiência do usuário.

9 RESULTADOS

A partir do método convencional da pesquisa de velocidade e retardamento e do CAATP, foram levantadas as suas características com base no trabalho de Lopes (2010) e o Manual de Estudos de Tráfego Brasil (2006) foi construído um quadro comparativo entre eles, assim elencando as funcionalidades de cada um.

Tabela 2 - Comparativo entre os três métodos de pesquisa

Funcionalidades / Ferramenta	Tradicional	CAATP	CAATPMob
Anotações manuais	X		
Cronômetro	X		
Computador Portátil		X	
Dispositivo móvel			X
Criar configuração da pesquisa			X
Marcação semi-automática dos pontos		X	
Marcação automática dos pontos			X
Distância da rota	X	X	X
Croqui identificando a rota e os pontos	X	X	
Mapa atualizado com a rota			X
Localização atual na rota			X
Configuração de pesquisas e resultados compilados em um local			X
Necessita acesso a internet			X

Fonte: Autor (2017).

5.2 Testes realizados

Após a conclusão do desenvolvimento da sua proposta inicial, foram realizados alguns testes para compreender as vantagens e limitações que a aplicação possui atualmente. Foram realizados dois tipos de testes diferentes, o Teste 1 com o objetivo de verificar o funcionamento do aplicativo em dispositivos com especificações diferentes. Já o Teste 2 utilizou-se um dispositivo em específico para realizar uma quantidade maior de testes. A

escolha desde dispositivo foi motivada por indicar bons resultados da aplicação e a sua disponibilidade para utilizar durante os testes.

Na tabela 3 são apresentados os dispositivos utilizados para teste com algumas informações complementares. Os preços médios foram obtidos através do site Buscapé (BUSCAPÉ, 2017), levando em consideração os três últimos meses dos produtos anunciados em lojas brasileiras oficiais na internet dos meses de abril, maio e junho. Apenas o dispositivo número 3 que teve seu preço coletado da loja Gearbest (GEARBEST, 2017) já que o dispositivo não foi encontrado na mesma base utilizada pelos demais. A tabela traz o preço médio dos dispositivos com o objetivo de verificar se há relação do preço médio dos dispositivos com o desempenho da aplicação.

O sistema BeiDou (BDS) foi desenvolvido pela China para prover dados da posição e navegação regionais, mas já com planos para expandir para o resto do mundo até 2020 (CAI et al., 2015). A-GPS é outra nomenclatura para o GPS provido pelos Estados Unidos que é assistido por torres de telefonia, já o GLONASS é a rede de satélites provida pela Rússia (IAC PNT, 2017).

Apenas o dispositivo número 3 (Xiaomi Redmi 3) teve suas informações retiradas do site mantido Xiaomi Global Community (2017) e seu preço retirado da os demais dispositivos tiveram os dados retirados de seus respectivos fabricantes (LG, 2017), (LENOVO, 2017), (ASUS, 2017). Mas de acordo com o site GSMarena (2017), as especificações do GPS é mais detalhada e diferente dos sites de seus respectivos fabricantes.

Tabela 3 - Informação dos dispositivos utilizados

Dispositivo	Modelo	GPS	Preço médio
Número 1	LG K4 K130	A-GPS	R\$ 365,35
Número 2	Moto Z	A-GPS/(GLONASS) ¹	R\$ 1930,87
Número 3	Xiaomi Redmi 3	A-GPS/GLONASS/BEIDOU ²	R\$ 477,79
Número 4	Zenfone 3 max	A-GPS/(GLONASS/BeiDou) ³	R\$ 807,83

Fonte: Autor (2017).

¹ GSMARENA. Motorola Moto Z. 2017. Disponível em: <http://www.gsmarena.com/motorola_moto_z-8094.php>. Acesso em: 14 jun. 2017.

² GSMARENA. Xiaomi redmi 3. 2017. Disponível em: <http://www.gsmarena.com/xiaomi_redmi_3-7862.php>. Acesso em: 14 jun. 2017.

³ GSMARENA. Zenfone Max 3. 2017. Disponível em: <http://www.gsmarena.com/asus_zenfone_3_max_zc520tl-8207.php>. Acesso em: 14 jun. 2017.

Com o tempo escasso, não foi possível realizar a quantidade de testes inicialmente pretendida com CAATP e o CATTPMob no mesmo veículo e pessoas preparadas tecnicamente para utilizarem as ferramentas. Contudo os testes realizados serviram para verificar se os dados coletados refletem o que está sendo realizado na pesquisa, o tempo total de viagem, os motivos e quantidades de cada parada, se a distância percorrida bate com a distância da rota que foi criada na configuração da pesquisa.

5.2.1 Teste 1 - Execução em diferentes dispositivos

Este teste teve como objetivo comparar o desempenho e a utilização da aplicação desenvolvida em diferentes dispositivos, neste etapa foram utilizados os quatro dispositivos no mesmo carro. Na Tabela 4 estão os resultados obtidos através desta etapa de testes.

Tabela 4 - Resultado do teste 1

Dispositivo	Modelo	Testes iniciados	Testes concluídos
Número 1	LG K4 K130	3	0
Número 2	Moto Z	4	4
Número 3	Xiomi Redmi 3	4	4
Número 4	Zenfone 3 max	4	3

Fonte: Autor (2017).

A partir do Teste 1, há indícios de que os dispositivos número 2, 3 e 4 executam a aplicação de maneira satisfatória. Já o dispositivo 1 possui indícios de que possui dificuldades em utilizar a aplicação desenvolvida, para compreender melhor o desempenho da aplicação neste dispositivo, foram realizados mais 9 testes, assim totalizando 12 testes iniciados com este dispositivo, destes 12 testes 8 deles não foram concluídos, a falha observada nestes testes não concluídos sempre ocorreu devido ao sistema GPS do dispositivo, a posição mostrada no.

Para todos os testes realizados com o dispositivo 1, a velocidade exibida na aplicação fornecida pelo Navigation SDK (MAPBOX, 2017b) em relação ao velocímetro do carro chegava a variar em 10km/h durante a realização dos testes. A análise empírica observada indica distorções e baixa precisão com este dispositivo.

Para que este primeiro teste tivesse maior significância estatística deveriam ser coletados mais dados para entrar em uma análise mais aprofundada e verificar se há

correlação entre o preço do dispositivo e o seu desempenho, além de identificar e validar o comportamento da aplicação em dispositivos que possuem apenas A-GPS em comparação aos dispositivos com A-GPS, GLONASS e BeiDou, há indícios de que os dispositivos com preços médios mais baixo tendem a possuir apenas A-GPS e dispositivos com preços mais elevados possuem GLONASS ou BeiDou.

5.2.2 Teste 2 – Coleta de dados utilizando o dispositivo Número 3

Levando em consideração os resultados da amostra utilizada no Teste 1, o teste 2 foi realizado apenas com o dispositivo número 3, devido aos indícios de bom desempenho e sua disponibilidade para a realização dos testes, a fim de identificar os dados coletados pelo CAATPMob. Este teste foi realizado na cidade de Joinville em Santa Catarina, foram utilizadas duas configurações de pesquisa, a primeira pesquisa (Pesquisa 1) saindo da logo após o cruzamento da Rua Criciúma com a Rua Max Colin até o Correio na Rua Timbó e a segunda pesquisa (Pesquisa 2) realizando o percurso que tem como origem o Correio da Rua Timbó e o destino o cruzamento da Rua Criciúma e Max Colin.

As pesquisas foram realizadas nove vezes cada uma para comparar os dados coletados. Na Figura 18A está a configuração da pesquisa mostrando o nome, distância do percurso, quantas vezes foi realizada e a quantidade de pontos notáveis. Nas Figuras 17B e 17C estão os resultados obtidos mostrando seus respectivos nomes e a distância efetivamente percorrida durante a pesquisa. Durante a aplicação foi utilizado um cronômetro para medir se o tempo do início da pesquisa até a sua conclusão estava sendo medido corretamente.

Figura 16 - Telas da pesquisa e resultados da Pesquisa 1

E Criciúma x Timbó		RESULTADOS		RESULTADOS	
Yan		E Criciúma x Timbó 0	970.4020495336737	E Criciúma x Timbó	
972,40 Metros		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 3	972.4365108770187
Pesquisas finalizadas: 9		E Criciúma x Timbó 1	778.0688320251115	E Criciúma x Timbó	
5 Pontos		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 4	971.7311258234878
		E Criciúma x Timbó 2	9.581588146829745E-4	E Criciúma x Timbó	
		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 5	774.3866525994625
		E Criciúma x Timbó 3	972.4365108770187	E Criciúma x Timbó	
		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 6	970.1679164758181
		E Criciúma x Timbó 4	971.7311258234878	E Criciúma x Timbó	
		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 7	968.8393037524985
		E Criciúma x Timbó 5	774.3866525994625	E Criciúma x Timbó	
		E Criciúma x Timbó		E Criciúma x Timbó 8	969.8508665756873
		E Criciúma x Timbó 6	970.1679164758181	E Criciúma x Timbó	
A USAR DELETAR CANCELAR		B		C	

Fonte: Autor (2017).

Ao observar os dados da Tabela 5, pode-se ver que dos nove resultados obtidos apenas três resultados a distância percorrida coletada foi maior do que 5 metros da distância estimada pela configuração da pesquisa.

Tabela 5 - Resultados da Pesquisa 1

Resultado	Distância (m)			Falhou?
	Estimada	Percorrida	Diferença	
Resultado 1	972,40	970,40	2	Não
Resultado 2	972,40	778,07	193,93	Não
Resultado 3	972,40	9,58	962,82	Sim

Resultado 4	972,40	972,44	-0,04	Não
Resultado 5	972,40	971,73	0,67	Não
Resultado 6	972,40	774,39	198,01	Não
Resultado 7	972,40	970,18	2,22	Não
Resultado 8	972,40	968,84	3,56	Não
Resultado 9	972,40	969,85	2,55	Não

Fonte: Autor (2017).

Na Figura 19 estão os resultados da pesquisa com origem na no Correio da Rua Timbó e destino no inicio da Rua Criciúma. Este percurso possui apenas 7 resultados ao invés de 9, pois durante duas execuções antes do resultado se salvo a aplicação encerrou automaticamente, assim impedindo que o resultado fosse salvo.

Figura 17 - Telas da pesquisa e resultados da Pesquisa 2

correio x i Criciúma		RESULTADOS	
Yan		correio x i Criciúma 0	1047.4783127894727
1047,60 Metros		correio x i Criciúma	
Pesquisas finalizadas: 7		correio x i Criciúma 1	1047.4783127894727
8 Pontos		correio x i Criciúma	
		correio x i Criciúma 2	1047.4783127894727
		correio x i Criciúma	
		correio x i Criciúma 3	1046.1834511642073
		correio x i Criciúma	
		correio x i Criciúma 4	1047.4783127894727
		correio x i Criciúma	
		correio x i Criciúma 5	1046.9350480325907
		correio x i Criciúma	
		correio x i Criciúma 6	1047.4783127894727
A USAR	DELETAR CANCELAR	B	

Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 6 são observados os resultados referentes à pesquisa que tem como origem o Correio na Rua Timbó e seu destino até o cruzamento da Rua Criciúma com a Rua Max Colin. Das nove vezes que a pesquisa foi realizada, apenas duas vezes ocorreu um erro no momento de salvar e o resultado se perdeu, já nos resultados obtidos em apenas um caso a diferente entre a distância percorrida e a distancia estimada foi maior que um metro. Assim como o Teste 1, a coleta dos tempos acabou sendo influenciada pelo erro humano.

Tabela 6 - Resultados da Pesquisa 2

Resultado	Distância (m)			Falhou?
	Estimada	Percorrida	Diferença	
Resultado 1	1047,60	-		Sim
Resultado 2	1047,60	-		Sim

Resultado 3	1047,60	1047,48	0,12	Não
Resultado 4	1047,60	1047,48	0,12	Não
Resultado 5	1047,60	1047,48	0,12	Não
Resultado 6	1047,60	1046,18	1,12	Não
Resultado 7	1047,60	1047,48	0,12	Não
Resultado 8	1047,60	1046,94	0,66	Não
Resultado 9	1047,60	1047,48	0,12	Não

Fonte: Autor (2017).

Durante todas as dezoito execuções da aplicação, observou-se a velocidade do velocímetro do veículo em comparação com a velocidade fornecida pelo Navigation SDK (MAPBOX, 2017b) em poucos casos diferença entre as duas velocidades ficava maior que 7 km/h e quando ocorria era durante a frenagem.

Figura 18 - Resultado 8



Fonte: Autor (2017).

Observando a Figura 19A, é possível verificar que a pesquisa que gera o resultado 8 possui 8 pontos, mas neste caso apenas 4 pontos foram identificados nesta aplicação, evidenciando uma calibração necessária para diminuir estes erros. Referente aos tempos de atraso, apenas 6 pesquisas que tiveram paradas durante a aplicação mostraram seus resultados do tempo de atraso corretamente. Assim levantando dois pontos para a ajustes da aplicação.

10 ARQUITETURA DO CAATPMOB

O desenvolvimento da aplicação deu-se envolta do Mapbox SDK (MAPBOX, 2017a) e Navigation SDK (MAPBOX, 2017b), sendo eles para a criação das pesquisas e realização das pesquisas respectivamente.

Para a implementação da aplicação foram criadas duas classes principais: a classe Pesquisa e a classe Resultado. Cada pesquisa criada poderá conter vários resultados, assim existindo uma relação de uma Pesquisa para várias instâncias de Resultado.

A classe Pesquisa armazena as informações de pontos notáveis, quantidade de pesquisas concluídas, nome do pesquisador, tamanho da rota, quantidade de pontos e todos os resultados gerados por ela.

O Mapbox SDK (MAPBOX, 2017a) foi utilizado para mostrar o mapa, definir os pontos, criar as rotas e localização atual do usuário, que são utilizados para a criação da pesquisa. Já o Navigation SDK (MAPBOX, 2017b) é utilizado para a execução da pesquisa, localizando o usuário na rota criada a partir dos pontos da pesquisa já configurada e fornecendo as informações de distância, tempo e velocidade do usuário na rota.

Para a implementação do código que é responsável pela identificação do movimento do dispositivo, foram utilizados: o acelerômetro e o Navigation SDK (MAPBOX, 2017b), foram estipulados valores de limite para identificar se o dispositivo está em movimento. Se a variação de todos os eixos do acelerômetro somados elevados ao quadrado for maior que a média dos últimos cinco valores e a velocidade fornecida pelo Navigation SDK (MAPBOX, 2017b) for maior que 5 km/h, a aplicação entende que o dispositivo está em movimento se estas condições forem satisfeitas.

A aplicação utiliza a distância deslocada na rota do usuário e a dos pontos notáveis para identificar a passagem automática no ponto, se este valor for menor ou igual a constante estipulada em metros, a passagem pelo ponto foi realizada com sucesso e neste mesmo momento a atualização dos valores é feita.

Todos os dados são salvos localmente no dispositivo, utiliza-se a API Realm (REALM, 2017) que é um banco de dados para dispositivos móveis. As pesquisas são salvas automaticamente após a sua criação, assim como os resultados que são salvos ao concluir as pesquisas com sucesso.

11 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste primeiro momento com a aplicação finalizada abrangendo os dois primeiros módulos e o terceiro módulo parcialmente do CAATP e com os resultados do Teste 2 utilizando o segundo dispositivo, foi identificado que o CAATPMob necessita alguns ajustes na sua calibração para minimizar os erros identificados nos testes realizados, como: vazamento de memória durante a coleta de dados, tela de paradas aparecendo antes da parada total do veículo.

Levando em consideração o Teste 1, é possível afirmar que existe relação do dispositivo utilizado influenciar diretamente no resultado e no desempenho da aplicação, assim como acredita-se que há relação entre o desempenho da aplicação, preço do dispositivo e o sistema GPS que utiliza, segundo Cai et al. (2015) os resultados na precisão da posição utilizando a combinação com A-GPS e Beidou são melhores do que apenas dos resultados obtidos utilizando A-GPS, mas a combinação que possui o melhor tempo de resposta e precisão é a que utiliza o A-GPS com o GLONASS, assim indicando que a precisão e desempenho da aplicação é possa sofrer influências pelo sistema de navegação do dispositivo.

Ainda há a necessidade de se realizarem testes mais aprofundados e obter um maior número de amostras, para que os resultados e análises sejam estatisticamente confiáveis e que representem a realidade estudada, mas para realizar essa quantidade de testes há grande demanda de recursos para que sejam atendidos.

Realizando todos os testes necessários e a calibração necessária na sensibilidade dos sensores e na lógica poderá se compreender o completo potencial do CAATPMob e afirmar seus ganhos quantitativamente em relação aos outros métodos.

Durante o desenvolvimento da aplicação foram encontradas algumas dificuldades, a primeira delas foi a limitação técnica, como o desenvolvimento iniciou logo após a capacitação básica para criar a aplicação, muitos conhecimentos foram adquiridos paralelamente ao desenvolvimento. A segunda dificuldade encontrada e que esteve muito presente foi a limitação de recursos, com pouco acesso a hardwares essenciais para realizar testes e realizar as correções de maneira mais eficiente.

Levando em considerações as etapas utilizadas pelo CAATP para a aplicação da pesquisa, o CAATPMob conseguiu otimizar alguns passos, sendo eles: informar quando o veículo realiza algum tipo de parada, informar quando o veículo passou por um ponto notável e que começou a se mover, estas etapas são realizadas automaticamente levando em

consideração os pontos previamente informados na configuração da pesquisa, o acelerômetro e o GPS do dispositivo.

Para trabalhos futuros prevê-se que o CAATPMob utiliza um banco de dados online a partir da API Realm (REALM, 2017), onde todos os usuários da aplicação poderão acessar e configurar novas pesquisas de acordo com o seu nível de usuário, podendo atingir um número maior de pesquisadores. Durante a fase de configuração da pesquisa o CAATPMob já permite escolher o modo de transporte, mas para a execução da pesquisa ainda não é levado em consideração, mas para trabalhos futuros o CAATPMob irá expandir para outros modos, como o transporte público e até a bicicleta.

REFERÊNCIAS

ASUS. **Zen Fone Max 3**: Especificações. 2017. Disponível em:

<<https://www.asus.com/br/Phone/ZenFone-3-Max-ZC520TL/specifications/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

AZEVEDO FILHO, Mário Angelo Nunes de. **Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável**. 2012. 190 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Curso de Engenharia de Transportes, Escola de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-11122012-091904/pt-br.php>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

BATISTA, Claudiana Pereira. Sistemas inteligentes de transporte: uma abordagem voltada ao contexto. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013, Salvador. **Anais...**. Salvador: Abepro, 2013. p. 1 - 12. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_009_22842.pdf>. Acesso em: 10 maio 2016.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:

<http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf>. Acesso em: 04 maio 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Gestão Integrada da Mobilidade Urbana: Mobilidade e desenvolvimento urbano**. Brasília, DF: MCidades, SeMob. 2006, 164p.

BRASIL. Ministério das Cidades. PlanMob — **Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana**. Brasília: Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, Ministério das Cidades. 2015.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Casa Civil: Subchefia para assuntos jurídicos, [s. d.]. Disponível

em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.html>. Acesso em: 06 maio 2016.

CAI, Changsheng et al. Precise point positioning with quad-constellations: GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo. **Advances In Space Research**, [s.l.], v. 56, n. 1, p.133-143, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2015.04.001>.

EUROPEAN COMMUNITIES. Guillaume Leduc. Joint Research Centre (Org.). **Road Traffic Data: Collection Methods and Applications**. Spain: [s. l.], 2008. Disponível em:

<<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC47967.TN.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2017.

FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL (Org.) 2013. **Plano de Mobilidade**. Anápolis: [s. l.], 2013. 440 p.

GOOGLE (Org.). **Material Design**. 2017. Disponível em: <<https://material.io/guidelines/>>. Acesso em: 18 dez 2016.

GOOGLE. **Introduction to Android**. 2017. Disponível em:

<<https://developer.Android.com/guide/index.html>>. Acesso em: 24 maio 2017.

GOOGLE. **Platform Architecture**. 2017a. Disponível em:

<<https://developer.Android.com/guide/platform/index.html>>. Acesso em: 28 maio 2017.

GOOGLE. **Sensor Overview**. 2017b. Disponível em:

<https://developer.Android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html>. Acesso em: 14 mar 2017.

HOOG, Andrew. Android software development kit and Android debug bridge. **Android Forensics**, [s.l.], p.65-103, 2011. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-1-59749-651-3.10003-2>.

INFORMATION AND ANALYSIS CENTER FOR POSITIONING, NAVIGATION AND TIMING (IAC PNT). **Glonass history**. 2017. Disponível em: <<https://www.glonass-iac.ru/en/guide/>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas no Brasil - 2014**. Disponível em:

<ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_territorial/arranjos_populacionais/arranjos_populacionais.pdf>. Acesso em: 06 maio 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios**. Disponível em: <

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/>>. Acesso em : 12 jun 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tendências demográficas no período de 1940/2000**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tendencia_demografica/analise_populacao/1940_2000/comentarios.pdf>. Acesso em: 06 maio 2016.

IMMERS, L.H. e LOGGHE, S. 2002 **Traffic flow theory**. Course H1111: Basics of traffic engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. Obtido em:

<http://www.mech.kuleuven.be/cib/verkeer/dwn/H1111part3.pdf> Acessa em 02 jul 2017.

LG. **LG K4 Indigo**: Especificações Técnicas. 2017. Disponível em:

<<http://www.lg.com/br/celulares/lg-K130F>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

LOPES, Simone Becker. **Método de análise de desempenho de vias arteriais urbanas: estudo de caso na cidade de Porto Alegre-RS**. 2010. (Artigo – mimeo).

LOPES, Simone Becker. **Uma ferramenta para planejamento da mobilidade sustentável com base em modelo de uso do solo e transportes**. 2010. 200 f. Tese (Doutorado) -

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-13122010-161312/pt-br.php>>. Acesso em: 07 jun. 2016.

MAPBOX (Org.). **Navigation SDK**. 2017b. Disponível em:

<<https://www.mapbox.com/Android-docs/navigation/overview/>>. Acesso em: 16 maio 2017.

- MAPBOX. **Mapbox Android sdk**. 2017a. Disponível em: <<https://www.mapbox.com/Android-sdk/>>. Acesso em: 06 out. 2016.
- MARANGONI, Laís; LOPES, Simone Becker. **Experiência de Aplicação do CAATP em Joinville**. Joinville: UFSC, 2015. 16 slides, color.
- MELO, Ângelo dos Santos et al. **Abordagem de baixo custo para coleta de dados de transporte público usando smartphone**. In: XXIX CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 19. 2015, Ouro Preto. **Anais...** . Ouro Preto: Anpet, 2015. p. 1 - 12.
- MOOVIT – Página oficial. 2016. Disponível em < <http://moovitapp.com/pt-br/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- MOTOROLA. **Moto Z**: Especificações técnicas. 2017. Disponível em: <<https://www.motorola.com.br/moto-z-style-edition/p>>. Acesso em: 15 jun. 2017.
- PFAFFENBICHLER, P. **The Strategic, Dynamic and Integrated Urban Land Use Transport Model MARS - (Metropolitan Activity Relocation Simulator)** - Development, testing and application. 2003 274p. Ph. D. Thesis (Transport Planning and Traffic Engineering). Institute for Transport Planning and Traffic Engineering - Vienna University of Technology, Viena. 2003. Disponível em: <<http://www.ub.tuwien.ac.at/diss/AC03925375.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- REALM. **Getting Started**. 2017. Disponível em: <<https://realm.io/docs/Java/latest/>>. Acesso em: 16 jan. 2017.
- RUNTASTIC – Página oficial. 2016. Disponível em < <https://www.runtastic.com/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- SALMAN, Hamzeh Eyal. Identification multi-level frequent usage patterns from APIs. **Journal Of Systems And Software**, [s.l.], v. 130, p.42-56, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2017.05.039>.
- STRAVA – Página oficial. 2016. Disponível em < <https://www.strava.com/?hl=pt-BR>>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- UNIÃO INTERNACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Transporte público: creación de empleo verde y fomento del crecimiento inclusivo**. Brussels, Belgium: UITP, enero 2013.
- WAZE – Página oficial. 2016. Disponível em < <https://www.waze.com/pt-BR/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- WORLD PANEL, Kantar. **Smartphone OS sale market share**. 2016. Disponível em: <<http://www.kantarworldpanel.com/global/smartphone-os-market-share/>>. Acesso em: 12 jun. 2016.
- XIAOMI GLOBAL COMMUNITY. **Redmi 3 Specifications**. 2017. Disponível em: <<https://xiaomi-mi.com/redmi-3/xiaomi-redmi-3-2gb16gb-dual-sim-classic-gold/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

APÊNDICE A – AJUSTES PARA CALIBRAGEM DO APLICATIVO

1. Salvar os resultados utilizando a data e hora em que foi finalizada a pesquisa;
2. Identificar pelo nome o resultado na tela de resultados;
3. Atualizar a versão do Navigation SDK (MAPBOX, 2017b) para a versão 0.3.1;
4. Realizar testes gerando relatórios do comportamento do acelerômetro para melhorar a sua sensibilidade;
5. Otimizar a chamada da tela de paradas durante a frenagem do veículo;
6. Registrar as velocidades em cada instante de tempo obtidas durante a aplicação da pesquisa;
7. Otimizar a passagem automática dos pontos.