

Mobilidade sustentável utilizando dados massivos

Relatório de atividades
março de 2016

Índice

1. Introdução	3
2. Plataformas de mobilidade como um elemento integral para o transporte intermodal	4
3. Megatendências que impactam os serviços de transporte	6
4. Manipulação de volume e da variedade de dados e de usuários	7
5. Protocolos de troca de dados de mobilidade.....	9
6. Contextualização da área de estudo	9
7. Objetivos e Metodologia do Projeto	10
7.1 Objetivos.....	10
7.2 Metodologia.....	10
8. Atividades desenvolvidas	11
9. Estudos de base para avaliação da mobilidade do campus da UFRJ	12
10. Considerações Finais	16
11. Referências.....	17

Ficha Técnica

Coordenação Fundo Verde - UFRJ

Suzana Kahn

Equipe Técnica do Fundo Verde - UFRJ

Lino G. Marujo

Alexandre G. Evsukoff

Elizabeth Lima

Andréa Santos

Revisão Final

Andréa Santos

1. Introdução

O setor dos transportes se encontra no início de um período de ruptura significativa, com novas tecnologias, demandas por produtos e serviços, transformando as expectativas de clientes e criando novas oportunidades. Assim sendo, ele representa um dos maiores setores da economia global e também um dos quais que estão mudando rapidamente. Sob a ótica do usuário, essas mudanças têm como principal direcionador o lançamento de smartphones e tecnologias baseadas na Internet, que tem possibilitado novos modelos de negócios como Uber, Lyft, e car2go. Mesmo os carros de autocondução não são mais ficção científica (Cornet, Mohr, Weig, Zerlin & Hein, 2012). O futuro do transporte – denominado mobilidade - vai muito além destes desenvolvimentos (Geertman, Ferreira, Jr., Goodspeed & Stillwell, 2015).

Deve-se entender a mobilidade com o foco no usuário e não em seus meios (veículos e vias), com o suporte crescente de tecnologias emergentes. O mercado de “mobilidade inteligente” está em rápido desenvolvimento, com clientes, autoridades de transporte, empresas e governos que compreendem o enorme potencial para criar e aproveitar grandes oportunidades, melhorando assim os resultados de produtividade e sustentabilidade, com uma abordagem centrada no usuário, para identificar requisitos de mobilidade como parte de um sistema mais amplo e integrado.

Entre as principais mudanças que influenciaram o setor dos transportes nos últimos anos, a introdução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) estão entre as mais proeminentes. A rápida evolução e a aplicação cada vez mais significativa das TICs no setor de transportes é uma tendência que quebra as fronteiras entre os diferentes modos de transporte: as TICs criam um nível intermediário entre os diferentes meios de transporte e os seus utilizadores, graças a uma nova forma de geração e coleta de dados. Para os usuários, o foco, portanto, não está mais no modo de transporte, mas sim na mobilidade. Como consequência, a mobilidade é cada vez mais vista como um serviço de informação, com o produto desse serviço sendo o transporte físico em vez de um produto de transporte com serviços adicionais (Finger, Bert & Kupfer, 2015).

De acordo com pesquisa realizada pela empresa IDC e pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), a penetração de smartphones no Brasil passou de 67,6% no primeiro trimestre de 2014 para 91,9% no primeiro trimestre de 2015 e aponta que 95% do mercado de celulares vendidos no Brasil já são smartphones¹. No uso dos smartphones, além de mídia e mensagens de texto, existem algumas categorias de aplicativos móveis que se destacam no Brasil. A primeira categoria é a dos aplicativos de mobilidade em grandes centros urbanos, que inclui ferramentas de navegação como o Waze, assim como, de contratação de táxi como o 99Taxi, e de aluguel de bicicletas como o Bike Sampa.²

¹ <http://www.teleco.com.br/smartphone.asp>

² <https://technibrazil.com.br/uso-de-smartphones-no-brasil>

Essas recentes transformações tecnológicas são significativas para o setor dos transportes. Santi et al. (2013) avaliaram os benefícios de serviços compartilhados de carros, e apontam para uma transformação na forma como os usuários do serviço irão viajar e o sistema de transporte que utilizarão para fazê-lo. Essa transformação já é latente, como as mesmas tecnologias digitais que reformularam outros setores da economia, de finanças ao varejo, e irão rapidamente reconectar as redes que fornecem o serviço “mobilidade” para centenas de milhões de pessoas.

As mudanças associadas com essas inovações estão sendo percebidas em todas as escalas - desde o planejamento de viagens individuais, até a concepção e gestão de sistemas de transporte de massa regionais. Portanto, a aplicação de dados inteligentes e os princípios de customização em massa para os ecossistemas de transporte vão permitir novos modelos de negócios - e fundamentalmente mudar a forma como viajamos.

2. Plataformas de mobilidade como um elemento integral para o transporte intermodal

O transporte intermodal não é uma novidade. Significa simplesmente a utilização de mais de um modo de transporte - carro, ônibus, bicicleta, a pé, de trem, metrô, avião, ou qualquer outro - em uma determinada rota. Utiliza-se o transporte intermodal porque é mais rápido, mais barato ou mais conveniente, e frequentemente, mais sustentável. Da mesma forma, os municípios e os governos têm interesse no transporte intermodal, que tem o potencial não só de reduzir o tráfego, como também as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) dos veículos particulares, e também para reformular radicalmente a gestão e disponibilidade de infraestrutura de transporte (Cervero, 2013).

Recentes tecnologias lançadas nos últimos dois anos, reforçam o uso do transporte intermodal, realizado em grande escala e em tempo real. Por exemplo, o OpenTripPlanner³, uma plataforma *open-source*, ou seja, um *software* de código aberto para planejamento de viagens que combina o transporte público, a pé, de bicicleta, e as viagens de carro. O projeto tem atraído a atenção de desenvolvedores e usuários e é apoiado por órgãos públicos, startups e consultorias.

As grandes empresas fabricantes de automóveis também se juntaram a essa tendência. Moovel⁴, uma ferramenta de planejamento de rotas desenvolvido pela Daimler, classifica por meio de ofertas de diferentes serviços de mobilidade para o transporte de usuários entre os pontos de partida e destinos escolhidos. Apresenta rotas alternativas de uma forma transparente e comparável que inclui serviços como transporte público, táxis, carros compartilhados ou bicicletas compartilhadas.

³ <http://www.opentripplanner.org/> - OpenTripPlanner (OTP) é uma plataforma de código aberto para o planejamento multimodal de viagens multi-agentes. Segue um modelo cliente-servidor, baseado em mapas de interfaces web, bem como uma API para uso por aplicativos de terceiros. OTP se baseia em padrões de dados abertos, incluindo GTFS para o trânsito e OpenStreetMap para redes viárias. Lançado em 2009, o projeto tem atraído uma próspera comunidade de usuários e desenvolvedores, recebendo apoio de órgãos públicos, startups e consultorias de transporte similares. Implantações de OTP já existem em todo o mundo e OTP é também o mecanismo de roteamento por trás de diversas aplicações para smartphones populares.

⁴ <https://www.moovel.com/worldwide>

Ferramentas como estas exibem um entendimento avançado de transporte intermodal. Contudo, elas só se referem ao planejamento de uma viagem, não para a sua execução, tampouco ao sistema. Passageiros em um itinerário intermodal ainda devem obter bilhetes separados para cada etapa da viagem. Eles também precisam estar familiarizados com os detalhes de cada opção de mobilidade. Por exemplo, eles devem saber que as taxas de transporte público são fixas, as taxas de táxi podem variar e que precisam de baldeações.

Além disso, os operadores de serviços de transporte geralmente agem de forma independente, em vez de forma colaborativa. Para eles, as plataformas de transporte intermodais são apenas um canal adicional de vendas. Para alguns deles, tais plataformas introduzem uma nova forma de concorrência também (o benefício da não-informação). Para oferecer aos clientes uma experiência integrada que inclui não apenas planejar, mas o acompanhamento da viagem, estes sistemas independentes terão de adotar uma perspectiva mais holística. Eles terão de encontrar uma maneira de combinar o planejamento, o uso integrado, preços e pagamentos, tudo de forma integrada.

A figura 1 apresenta um exemplo de uma plataforma IMA (*Integrated Modular Architecture*), arquitetura de gerenciamento de informações em tempo real, que consiste numa plataforma de mobilidade intermodal móvel, padrão aberto, que oferece uma série de vantagens, como informações sobre o tempo de deslocamento de viagens, por meio de transporte, custos e infraestrutura disponível, com os usuários e os diferentes fornecedores de serviços.

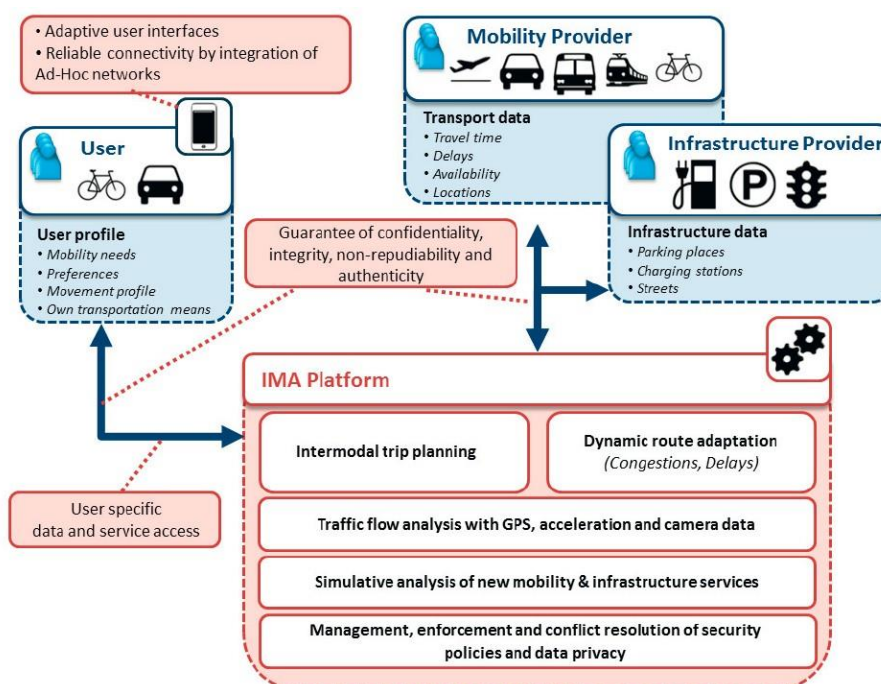


Figura 1. Esquema de fluxo de informações do Assistente de Mobilidade Intermodal.

Fonte: Masuch, Lützenberger & Keiser (2013).

Cada usuário será informado, de forma dinâmica, sobre as recomendações individuais para rotas intermodais de suas viagens com base em seu perfil, e a análise e combinação de informações semanticamente descritas dos prestadores de serviços. As interfaces de usuário adaptáveis permitem a utilização de diferentes tipos de dispositivos móveis para a interação com o sistema. Em caso de disponibilidade limitada de redes celulares, redes ad-hoc serão utilizadas especialmente para a transmissão de grande quantidade de dados em tempo mínimo.

Portanto, a mobilidade como um serviço, objetiva o fornecimento de uma única plataforma que combine todas as opções de serviços de transporte e as apresenta ao usuário em uma maneira simples e completamente integrada.

3. Megatendências que impactam os serviços de transporte

Percebe-se atualmente um conjunto de megatendências tendo impacto sobre a concepção e a prestação de serviços de transporte. A urbanização e as mudanças climáticas são os dois principais fatores que estão tendo um enorme impacto sobre áreas como a capacidade de transporte público, prioridade, eficiência de combustível e a crescente utilização de modos de viagem ativos (Tabela 1) (Burrows & Bradburn, 2014).

O aquecimento global é uma realidade que coloca em risco a vida no planeta e tem uma relação direta com o aumento da emissão de gases poluentes, principalmente, dos GEE que são derivados da queima dos combustíveis fósseis (Schipper, Marie-Lilliu & Gorham, 2000).

A fim de garantir o crescimento econômico sem comprometer o clima do planeta, organizações de todo o mundo têm buscado alternativas para reduzir a emissão de tais poluentes, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂) que é o principal gás do efeito estufa. Dessa forma, as cidades possuem um papel significativo, pois dispõem da característica de atrair pessoas em busca de bens, serviços, oportunidades de emprego e qualificação profissional (Rode, 2013). Com isso, têm-se a intensificação da demanda por transportes, bem como a intensificação de seus impactos ambientais e sociais.

Sendo assim, a mobilidade urbana, representa um desafio para a sociedade, não apenas em termos de deslocamento de pessoas, mas também sob a ótica dos impactos ambientais e sociais. Da mesma forma, a cidade universitária da UFRJ se transforma então em um laboratório vivo de mobilidade por suas características de volume de pessoas e tráfego.

Tabela 1. Megatendências das mudanças globais e suas consequências no transporte.

Drivers	Urbanização	Mudanças climáticas e sustentabilidade	Demografia	Desenvolvimento tecnológico
Tendências	Congestionamento Demanda por novas infraestruturas Qualidade do ar Mudanças em mercados e nos hábitos	Qualidade do ar Escassez de recursos Ações regulatórias Foco em resiliência	Crescimento populacional Envelhecimento <i>Millennials</i> ⁵	Personalização Serviços on-demand Crescente penetração de smartphones
Consequências	Pressão nas redes de transporte Investimentos Regulação e limites a poluição	Eficiência de combustível Múltiplas fontes de energia Regulação e limites a poluição Mudança de comportamento	Pressão na capacidade dos transportes Risco de isolamento, falta de acesso a mobilidade Falta de financiamento par a suporte do poder público Acesso vs propriedade	Desenvolvimento de novos e inovadores serviços e produtos Novos modelos de negócio Análise de dados massivos

4. Manipulação de volume e da variedade de dados e de usuários

Um desafio apresentado pela mobilidade como um serviço é desenvolver processos de atendimento eficientes que possam lidar com a grande variedade resultante da personalização dos requisitos dos serviços. Para que isso ocorra, se faz necessário reprogramar os sistemas de mobilidade de forma dinâmica, com base nas necessidades atuais dos clientes, que emergem de seus smartphones em qualquer lugar e a qualquer momento (Anwar, Volkov & Rus, 2013; Woensel, Kerbache, Peremans & Vandaele, 2008).

⁵ A Geração Y, também chamada geração do milênio (*Millennials*) ou geração da Internet, é um conceito em Sociologia que se refere aos nascidos após 1980. Essa geração desenvolveu-se numa época de grandes avanços tecnológicos e prosperidade econômica, e facilidade material, e efetivamente, em ambiente altamente urbanizado, imediatamente após a instauração do domínio da virtualidade como sistema de interação social e midiática (Wikipedia, 2016).

Este processo exige uma série de desenvolvimentos de diversas naturezas: protocolos e interfaces de programação de aplicações, *Application Programming Interface* (APIs), para a troca de informações em tempo real em sistemas de mobilidade individuais, novos meios de transporte, tais como veículos urbanos de autocondução e compartilhados, interfaces físicas mais avançadas, tais como estações de trem, ônibus ou aeroportos, e novas ofertas de serviços que utilizem as tecnologias mais avançadas (WIRED, 2015).

Por exemplo, uma viagem otimizada dentro de uma cidade teria as seguintes características: um carro autônomo, encaminhado dinamicamente iria apanhar um cliente e levá-lo "*just in time*" para uma estação de metrô, para que o tempo de espera na plataforma seja mínimo. Os trens do metrô também podem ser operados de forma responsiva, sob demanda. Em vez de ter um trem com vários carros, que realiza algumas viagens por hora, o transporte público pode consistir de unidades menores, flexíveis que são despachados sob demanda. Em uma estação de trem perto do destino, o passageiro pode pegar um veículo elétrico autônomo, num sistema de compartilhamento. Para economizar energia e espaço de estrada, este veículo pode juntar-se com outros veículos dirigindo na mesma direção.

A criação de um ecossistema integrado como este exigiria serviços de mobilidade personalizados para enfrentar dois desafios. Em primeiro lugar, as empresas têm de identificar oportunidades de personalização que criam valor para o cliente. Em vez de oferecer infinitas opções, eles têm que determinar quais opções são mais importantes - e que limitações os clientes vão aceitar. Em segundo lugar, eles precisam estabelecer processos robustos de produção (operação) que podem lidar com uma variedade quase infinita de combinações intermodais.

Além destes, existem novos obstáculos que quaisquer fornecedores de produtos personalizados em massa terão que superar, incluindo, mas dificilmente limitado, as dificuldades das negociações do contrato devido aos diferentes interesses e modelos de negócios dos prestadores de serviços de mobilidade, obrigações legais que surgem a partir de uma rede de valor conectada (por exemplo, se o trem se atrasar e perder o avião, quem vai pagar por isso?), os acordos sobre os preços, o processamento de pagamentos através de vários meios, e as complexidades das relações de trabalho que inevitavelmente surgem de uma reorganização radical de rotas e horários.

Existem ferramentas de planejamento de viagem que fornecem opções aos usuários em relação aos serviços oferecidos pelos prestadores de serviços de mobilidade, mas que não consideram as necessidades específicas de cada usuário. A criação de qualquer tipo de serviço de mobilidade personalizado exigirá o desenvolvimento de uma solução que considere as preferências individuais dos clientes durante o processo de configuração da viagem, que podem ter multicritérios.

Estas preferências podem, às vezes, referirem-se expressamente a uma ferramenta de planejamento de viagem - em outras palavras, um configurador para as próximas viagens. Uma solução ideal seria também fazer suposições razoáveis, a partir de estatísticas, com base nas características de mobilidade conhecidas do usuário (Çolak, Alexander, Alvim, Mehndiretta & Gonzalez, 2015; Toole, Colak, Alhasoun, Evsukoff & Gonzalez, 2014).

5. Protocolos de troca de dados de mobilidade

Um dos facilitadores mais importantes da mobilidade como um serviço é a variedade de iniciativas diferentes de protocolos de troca de dados de mobilidade, tais como, padrões de estruturas de dados e APIs que permitem a troca de dados de demanda e de capacidade em tempo real entre todos os elementos de um sistema. TransXChange⁶, por exemplo, é um padrão de dados do Reino Unido para o intercâmbio de rotas e horários de ônibus e informações correlatas. A interface do serviço de informações em tempo real é um protocolo XML desenvolvido por vários países europeus que permite que computadores distribuídos façam a troca de informações sobre os veículos dos serviços de transporte público. A Especificação Geral de Feeds de Transporte Público (GTFS) do Google tem um objetivo similar e define um formato comum para horários de transportes públicos e informações geográficas associadas.

Os feeds GTFS permitem que as agências de transporte público publiquem suas informações e que os desenvolvedores criem aplicativos que utilizem esses dados com interoperabilidade e em real-time⁷. Estes protocolos e interfaces são a forma de união dos elementos individuais de um sistema de mobilidade integrado. A intensificação do intercâmbio de dados vai levar ao surgimento de uma "Internet da mobilidade", que pode ser orientada aos objetos da mobilidade, tais como os veículos, que não só enviam dados, mas também se tornam programáveis por ela.

Este novo sistema também oferece oportunidades para redesenhar os serviços de mobilidade de pessoas e de produtos, se por um lado o transporte intermodal de pessoas tem assumido características de um serviço de mobilidade, as cadeias de fornecimento e métodos de distribuição logísticos podem ser integradas por meio dessas novas metodologias. Por exemplo, pode representar um ganho de eficiência para varejistas ou distribuidores embarcarem suas entregas em veículos de passageiros que passem pelos pontos de entrega de alguma maneira - em vez de criar um roteiro de entrega sob medida para um único item ou unidade de carga. Alguns exemplos já estão ocorrendo, onde varejistas oferecem entrega em domicílio no mesmo dia com base nos serviços de entrega oferecidos por empresas de mobilidade, tais como Uber, MyTaxi e Tiramizoo⁸.

6. Contextualização da área de estudo

Atualmente circulam na Cidade Universitária da UFRJ, em média, 90.000 mil pessoas/dia em uma área de aproximadamente 5,2 km², equivalente a uma cidade média da Europa. O Plano Diretor 2020 da universidade estima que em 2016 este número esteja em torno de 109.000 mil pessoas/dia, com uma circulação viária de 25.000 veículos/dia.

⁶ <https://www.gov.uk/government/collections/transxchange>

⁷ <https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=pt-br>

⁸ Veja por exemplo projeto da Eindhoven University of Technology chamado CargoHitching <https://cargohitching.wordpress.com/>

Com isso, investimentos em acessibilidade e mobilidade são necessários, bem como, uma nova concepção de transporte coletivo, seja por sistemas dedicados (BRT, VLT, etc.) ou novas linhas de ônibus, assim como, o acesso hidroviário para a Cidade Universitária. Internamente é preciso ampliar as opções de transporte com a operação de modos mais eficientes e de baixo impacto ambiental.

7. Objetivos e Metodologia do Projeto

7.1 Objetivos

- Avaliar as iniciativas sustentáveis para a mobilidade dentro do campus sob o conceito de *living lab*, ou seja, um novo tipo de ambiente voltados para ideias inovadoras e práticas sustentáveis;
- Comparar os indicadores de mobilidade sustentável entre diferentes campi de outras universidades ao redor do mundo;
- Criar uma plataforma de mobilidade sustentável que permita o monitoramento em longo prazo dos indicadores na cidade universitária da UFRJ.

7.2 Metodologia

1º Semestre de 2015

- Avaliação de todas as iniciativas de mobilidade no campus da Ilha do Fundão; e
- Estabelecimento de uma linha de base para o campus, como por exemplo as emissões de CO₂ e outros indicadores específicos.

2º Semestre de 2015

- Estabelecimento de uma plataforma de indicadores de sustentabilidade com a interação com outros campi e/ou cidades;
- Revisão das novas tecnologias de mobilidade que estão sendo implementada no campus da UFRJ e em outros campi;
- Avaliação de cada tecnologia proposta e a avaliação do ciclo de vida de cada uma, objetivando a alimentação da plataforma de indicadores de mobilidade.

1º Semestre de 2016

- Análise de cada prática proposta para a alimentação da plataforma de indicadores de mobilidade;
- Avaliação dos custos e identificação das necessidades para desenvolvimento e lançamento das novas tecnologias ao mercado;
- Alimentação da plataforma de monitoramento de indicadores da mobilidade sustentável, em longo prazo, especialmente as emissões de carbono.

2º Semestre de 2016

- Avaliação final de todas as iniciativas consideradas: divulgação dos resultados e da plataforma de indicadores de mobilidade sustentável;
- Interação com outros campi e cidades que continuariam o processo.

8. Atividades desenvolvidas

- **Definição dos quesitos de transporte**

Foi feita a avaliação e definição dos quesitos de transporte que irão integrar o software que fará a coleta automática de origens e destinos dos usuários. Os quesitos básicos apontados são: tempo de viagem, tempo parado, tempo estimado de chegada e roteiros com possibilidades de troca modal.

- **Mapeamento das funcionalidades**

As funcionalidades seriam integradas a outros aplicativos já disponíveis no mercado tais quais, Waze, Moovit, além dos dados oriundos do Centro de Controle de Operações do Rio (COR).

- **Análise de dados GIS**

Foi feito um apanhado de dados georeferenciados da cidade do Rio de Janeiro, bem como, os GTFS fornecidos pela Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR) para esse estudo, onde se encontram as linhas e itinerários dos ônibus urbanos, bem como, a localização dos pontos e os horários.

- **Levantamento de algoritmos otimizadores de rotas comuns utilizadas por grupos de usuários**

As atuais abordagens para a resolução de problemas de mobilidade intermodais aplicam principalmente conceitos que são oriundos da teoria dos grafos (Michael J. Neely, 2010; Saha Ray, 2013), contudo, formular problemas como de programação inteira é também uma estratégia comum (Crainic & Kim, 2007).

O cálculo da melhor combinação de rotas é principalmente processado de acordo com os fatores de tempo, custos ou conforto, entre outros critérios. O aspecto ecológico é mais ou menos negligenciado na literatura. As abordagens baseadas em teoria dos grafos, permitem transferir esses parâmetros para uma função de custo, e definem o problema de otimização como um problema de caminho mais curto. Para a solução deste, diferentes algoritmos vêm sendo utilizados, tal como o algoritmo de Dijkstra⁹, além de *branch-and-bound* e metaheurísticas (Ayed, Galvez-Fernandez, Habbas & Khadraoui, 2011).

⁹ https://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_de_Dijkstra

- **Preparação de um informativo sobre o aplicativo de mobilidade “Grilo Verde”**

Está em fase final de elaboração um informativo do Fundo Verde sobre o aplicativo de mobilidade “Grilo Verde”, onde serão apontadas suas funcionalidades e a forma como esses dados serão coletados, tratados e a segurança da informação relativa ao aplicativo.

9. Estudos de base para avaliação da mobilidade do campus da UFRJ

Para realização do levantamento de dados para definição da linha de base da mobilidade da Cidade Universitária, primeiramente, realizou-se uma pesquisa de campo do tipo origem/destino (O/D) a fim de identificar o padrão de viagens daqueles que se dirigem ou partem da Ilha do Fundão em suas viagens. Com os dados oriundos da pesquisa, foi possível levantar a quilometragem percorrida por cada modo e por cada grupo de usuários. A partir daí, pode-se identificar o consumo de combustível, bem como as emissões de CO₂ correspondente (Oliveira, Gonçalves & D’Agosto, 2015).

Para a construção da matriz O/D foi realizada uma pesquisa origem-destino que foi aplicada no período de 24/05/2014 ao dia 13/06/2014, pelos pesquisadores do Laboratório de Transporte de Carga (LTC), do Programa de Engenharia de Transporte (PET) da COPPE/UFRJ. Para isso, foi elaborado um questionário com a finalidade de levantar características socioeconômicas e o padrão de viagens daqueles que se dirigem ou partem da Cidade Universitária da UFRJ (Ilha do Fundão) em suas viagens.

O questionário foi elaborado por meio da ferramenta informatizada *Google Docs* sendo enviado aos potenciais respondentes pelos seguintes canais de comunicação:

- (1) listas de correio-eletrônico da instituição (e-mail);
- (2) rede do *Facebook*;
- (3) disponibilizado no site do Fundo Verde UFRJ; e
- (4) solicitando divulgação em páginas da internet de unidades da UFRJ.

O questionário consta de 28 questões, das quais:

- As quatro primeiras são informações gerais sobre o usuário entrevistado;
- Da 5ª à 18ª são perguntas visando a compreensão do padrão das viagens de entrada e saída do campus e dentro do mesmo;
- Da 20ª a 24ª são perguntas, utilizando a Técnica de Pesquisa Declarada, buscando comportamento da população quando apresentado cenários ou alternativas hipotéticas aos entrevistados (Implantação do VLT, barcas e bicicletas);
- Para finalizar o questionário, foram feitas as quatro últimas perguntas buscando um perfil da ocupação do transporte individual, mais particularmente, do carro.

Foram obtidas 8.521 respostas até o dia 13 de junho de 2014. Após análise da consistência das

respostas, foram excluídas aquelas decorrentes de má interpretação das questões ou respondidas de forma inválida. Desta forma, o questionário ofereceu 8.486 respostas que são efetivamente utilizadas como resultado da pesquisa O/D.

A população estimada da Cidade Universitária, nos dias úteis, é um número em torno de 60 mil pessoas. Tal valor foi obtido com base na pesquisa visual de carregamento realizada na Cidade Universitária, que foge ao escopo deste relatório. A pesquisa permitiu estimar o número de viagens de ônibus, bem como, sua demanda (lotação) diária. A partir dessa informação, a demanda foi extrapolada para os demais modos.

Com base na pesquisa, foi possível identificar as origens e os destinos mais declarados pelos frequentadores do Campus. Essas localidades mais procuradas ficam evidenciadas por meio das Figuras 2 e 3.

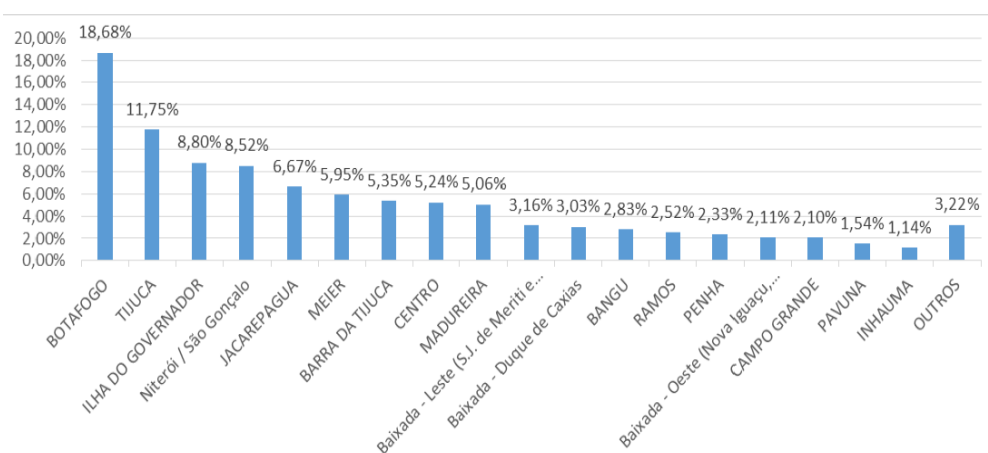


Figura 2. Distribuição percentual das principais origens declaradas. Fonte: Oliveira et al. (2015).

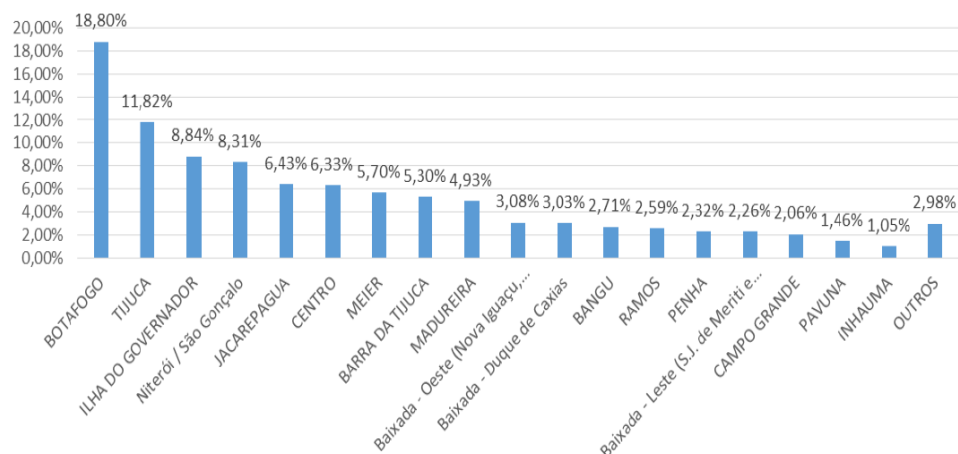


Figura 3. Distribuição percentual dos principais destinos declarados. Fonte: Oliveira et al. (2015).

A Ilha do Fundão está ligada às principais regiões da cidade, tais como:

- Zona Oeste – Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes – por meio da Linha Amarela e do sistema de BRT Transcarioca;
- Zona Norte por meio das Linhas Amarela e Vermelha;
- Centro da Cidade, Zona Sul, Baixada Fluminense, Niterói e Norte Fluminense pela Linha Vermelha e Avenida Brasil.

As ligações rodoviárias permitem os deslocamentos tanto por motocicleta, automóvel individual, ônibus e caminhões.

Quanto aos modos de transporte utilizados, a Figura 4 mostra que, aproximadamente, metade das viagens, tanto entrando, quanto saindo da Ilha do Fundão, são realizadas utilizando, pelo menos em parte do trajeto, o ônibus convencional como modo de transporte e cerca de 15%, o carro (automóvel individual).

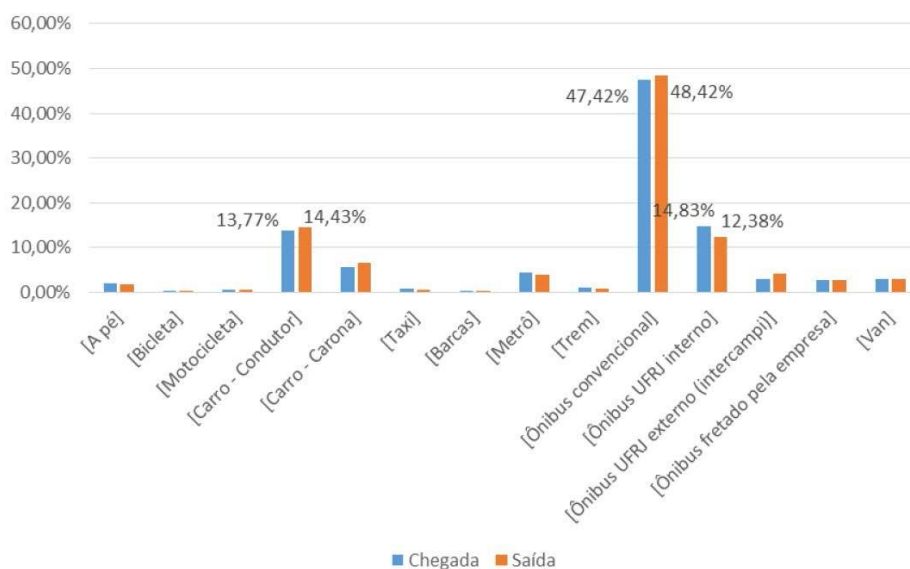


Figura 4. Distribuição modal das viagens dos entrevistados. Fonte: Oliveira et al. (2015).

Com base nos dados de origem/destino e o modo utilizado para chegada e saída da Cidade Universitária, foi possível então avaliar o consumo total de energia para esses deslocamentos. Afim de comparar o consumo mensal da Cidade universitária da UFRJ, identificou-se o consumo total de Gasolina C, AEHC, GNV e Diesel do Estado do Rio de Janeiro para o ano de 2015, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Consumo total Gasolina, AEHC, GNV e Diesel do Estado do Rio de Janeiro (COPPETEC, 2011)

Combustível	Consumo
Gasolina C (l)	173.205.291
AEHC (l)	99.048.718
GNV (m ³)	80.191.071
Diesel (l)	211.710.992

A Tabela 3 apresenta a participação do consumo mensal de combustível da Cidade Universitária em relação ao consumo mensal do estado do Rio de Janeiro.

Tabela 3. Comparação do consumo mensal: Cidade Universitária/Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: Oliveira et al. (2015)

Combustível	Participação
Gasolina C (l)	0,44%
AEHC (l)	0,10%
GNV (m ³)	0,03%
Diesel (l)	0,13%

A “baseline” das emissões de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ, para o ano de 2015, foi obtida a com a pesquisa O/D realizada no segundo semestre de 2014, a partir da distância estimada do centroide das regiões da cidade do RJ até as unidades da Ilha do Fundão, juntamente com os dados sobre as frotas cativa e contratada, referente ao primeiro semestre de 2015. Apesar do lapso de tempo decorrido da pesquisa O/D, pode-se considerar como insignificante as alterações em relação ao número de alunos, funcionários (externos e UFRJ) e professores, as características das viagens. Como resultados podem se explicitar os seguintes:

- Emissão total (frota contratada, frota cativa e pesquisa O/D) de CO₂ – 2.199.626 kgCO₂
- Emissão de CO₂ – Frota Contratada (ônibus interno) – 45.088 kgCO₂
- Emissão de CO₂ – Frota Cativa – 201.276 kgCO₂
- Emissão de CO₂ – Aluno – 1.386.609 kgCO₂
- Emissão de CO₂ – Professor – 234.396 kgCO₂
- Emissão de CO₂ – Funcionário UFRJ – 143.368 kgCO₂
- Emissão de CO₂ – Funcionário Externo – 188.889 kgCO₂

Para se obter um painel de indicadores que seja alimentado em tempo real e que, de fato, seja mais abrangente com relação a amostra dos respondentes da pesquisa O/D, o aplicativo para smartphone será lançado junto à comunidade da UFRJ no primeiro semestre de 2016, para coletar os dados de origem e destino e as distâncias percorridas em cada modo de transporte.

10. Considerações Finais

Este relatório apresentou os conceitos preliminares sobre a mobilidade inteligente, o uso de dados a partir do uso crescente de smartphones, e a “Internet das Coisas” (*Internet of Things* - IoT), uma rede crescente de dispositivos do cotidiano, como fundamentos dos estudos de mobilidade da Ilha do Fundão por parte da equipe do Fundo Verde UFRJ.

Alguns resultados da pesquisa de origens e destinos foram demonstrados e há uma clara necessidade de atualização dessa pesquisa, o que poderá ser feita de forma automática pelo uso do aplicativo. As funcionalidades projetadas do aplicativo, denominado “**Grilo Verde**”, já existem em outros aplicativos comerciais, de forma difusa, o que aponta para a oportunidade de junção dessas funcionalidades em um único aplicativo, que além de estimar tempo de viagem, horários de chegada, etc., também será capaz de avaliar a pegada de carbono de cada viagem do usuário.

Como resultados preliminares do projeto que calculou a *baseline* de emissões dos usuários, foi indicado que as regiões de Botafogo, Barra da Tijuca, Niterói/São Gonçalo e Tijuca Vila/Isabel representam 58,85% da emissão mensal de CO₂ da Cidade Universitária da UFRJ, apontando para uma oportunidade no uso do aplicativo que poderá monitorar de forma on-line esse indicador de emissão.

Sendo a frota própria e cativa da UFRJ a maior responsável pelas emissões mensais de CO₂ (83%), uma estratégia de compartilhamento dos veículos e mudança para biocombustíveis ou frota elétrica pode ser vantajosa, pois os combustíveis gasolina e diesel respondem por 92% das emissões de CO₂.

Como próximos passos, se tem a elaboração da plataforma de monitoramento dos indicadores de mobilidade sustentável na Cidade Universitária da UFRJ, e início de seu monitoramento, e a definição das tecnologias e das práticas de mobilidade sustentável que terão seu desempenho monitorado, bem como, a identificação de seus custos para implantação e manutenção.

11. Referências

- Anwar, A., Volkov, M., Rus, D. (2013). ChangiNOW : A Mobile Application for Efficient Taxi Allocation at Airports. *16th IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems - (ITSC)*, (14062735), 694 – 701. <http://doi.org/10.1109/ITSC.2013.6728312>
- Ayed, H., Galvez-Fernandez, C., Habbas, Z., Khadraoui, D. (2011). Solving time-dependent multimodal transport problems using a transfer graph model. *Computers & Industrial Engineering*, 61(2), 391–401. <http://doi.org/10.1016/j.cie.2010.05.018>
- Burrows, A., Bradburn, J. (2014). *Journeys of the Future: introducing mobility as a service*. London, UK. Retrieved from <http://goo.gl/APZ7VS>
- Cervero, R. (2013). Mobility and Urban Form. *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility. Global Report on Urban Settlements 2013*, 75–106.
- Çolak, S., Alexander, L. P., Alvim, B. G., Mehndiretta, S. R., Gonzalez, M. C. (2015). Analyzing cell phone location data for urban travel: current methods, limitations and opportunities. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2526, 1–13.
- COPPETEC. (2011). *Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro.
- Cornet, A., Mohr, D., Weig, F., Zerlin, B. Hein, A.-P. (2012). *Mobility of the future*. Munich, GER. Crainic, T. G., Kim, K. H. (2007). Intermodal Transportation. In C. Barnhart & G. Laporte (Eds.), *Handbook in Operations Research & Management Science* (Vol. 14). Elsevier.
- Finger, M., Bert, N., Kupfer, D. (2015). *Mobility-as-a-Service: from the Helsinki experiment to a European model?* Florence, ITA.
- Geertman, S., Ferreira, Jr., J., Goodspeed, R., Stillwell, J. (Eds.). (2015). *Planning Support Systems and Smart Cities* (1st ed.). New York, USA: Springer International Publishing.
- Masuch, N., Lützenberger, M., Keiser, J. (2013). An open extensible platform for intermodal mobility assistance. *Procedia Computer Science*, 19(Ant), 396–403. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2013.06.054>
- Michael J. Neely, J. W. (2010). *Stochastic Network Optimization with Application to Communication and Queueing Systems*. Morgan and Claypool Publishers. Retrieved from <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=52CE1CBC4507FAF17630B0762BE8BCF1>
- Oliveira, C. M. de, Gonçalves, D. N. S., D’Agosto, M. de A. (2015). *Diagnóstico dos transportes e indicadores de emissão de CO2 da Cidade Universitária da UFRJ*. Rio de Janeiro.
- Rode, P. (2013). *Megacity Mobility Culture: How Cities Move on in a Diverse World*. Springer.
- Saha Ray, S. (2013). *Graph theory with algorithms and its applications*. India: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-81-322-0750-4>
- Santi, P., Resta, G., Szell, M., Sobolevsky, S., Strogatz, S., Ratti, C. (2013). Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks. *PNAS*, 111(37), 13290–13294. <http://doi.org/10.1073/pnas.1403657111>

- Schipper, L., Marie-Lilliu, C., Gorham, R. (2000). *Flexing the Link Between Transport and Green House Gas Emissions*. International Energy Agency. Paris, France: International Energy Agency.
- Toole, J. L., Colak, S., Alhasoun, F., Evsukoff, A., Gonzalez, M. C. (2014). The path most travelled: Mining road usage patterns from massive call data. *arXiv:1403.0636*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1403.0636>
- Wikipedia. (2016). Millennials - Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved February 24, 2016, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Millennials&oldid=706258519>
- WIRED. (2015). The Future of Mobility. Retrieved February 24, 2016, from <http://www.wired.com/brandlab/2015/12/the-future-of-mobility/>
- Woensel, T. Van, Kerbache, L., Peremans, H., Vandaele, N. (2008). Vehicle routing with dynamic travel times: A queueing approach. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 990 – 1007. <http://doi.org/DOI: 10.1016/j.ejor.2007.03.012>