

Erros e incertezas em pesquisas de origem e destino: Explorando o potencial da tecnologia GPS

Marcelle Dorneles Ribeiro (PPGEP/UFRGS)

Ana Margarita Larrañaga (PPGEP/UFRGS)

Helena Beatriz Bettella Cybis (PPGEP/UFRGS)

Resumo

A tecnologia GPS está disponível amplamente atualmente e está sendo empregada em diversas áreas científicas. A utilização do sistema GPS em pesquisas de origem e destino é recente, ainda mais em pesquisas de viagens e estudos de transporte. No entanto, uma série de estudos atuais aponta sua viável aplicação e um grande sucesso na coleta de dados, principalmente de forma conjunta com um Diário de Viagem. No Brasil ainda não se encontram aplicações deste método na coleta de dados de viagens. O presente trabalho explorou o potencial da coleta de dados com dispositivos GPS para análise de comportamento de viagem, e analisou as diferenças entre dados de tempo e distância relatados e registrados pelo dispositivo. Para isto, foi determinada uma metodologia de coleta de dados a partir de um dispositivo GPS, de softwares gratuitos e de uma entrevista posterior pessoalmente com cada participante. A coleta de dados realizada na região metropolitana de Porto Alegre permitiu relacionar as informações registradas pelo dispositivo com as relatadas pelos participantes em aproximadamente 65% dos deslocamentos. Os deslocamentos descartados são provenientes de limitações da tecnologia (20%) e do relato equivocado dos entrevistados (15%). A maioria dos deslocamentos coletados válidos foram realizados pelo modo a pé, os quais foram analisados mais detalhadamente. A comparação entre relatos de entrevistados e valores registrados pelo GPS confirmou uma grande discrepância entre valores de distância e tempo de viagem. Projetos de planejamento de transportes se baseiam em dados obtidos de relatos dos indivíduos, entre outros, dados de tempo e distância percorridos. A compreensão sobre os limites destas informações é essencial para a confiabilidade dos resultados e para o desenvolvimento de medidas eficientes. Palavras chave: Pesquisas de origem e destino, GPS, planejamento de transportes.

1 Introdução

O crescimento da população e da frota de veículos em centros urbanos originou um expressivo aumento na demanda por realização de viagens. As grandes metrópoles se deparam com o desafio de gerenciar congestionamentos, exigindo a adoção de políticas inovadoras e intervenções específicas que possibilitem mitigar externalidades geradas na operação dos sistemas de transportes. A identificação e compreensão dos problemas existentes é essencial para implantar medidas eficientes (Zuppo, Davis Jr e Meirelles, 1996; Pluvinet, Gonzalez-Feliu e Ambrosini, 2012). No estabelecimento das bases para a definição de intervenções, dados de transporte fornecem informações aos tomadores de decisão sobre medidas efetivas a serem realizadas. Assim, a qualidade dos dados determina a adoção de intervenções eficientes, possibilitando minimizar os investimentos e a escolha de políticas baseadas em informação confiável.

As metodologias de coleta de dados de viagens tem evoluído nas últimas décadas. Entretanto, geralmente o levantamento destas informações é realizado a partir de Diários de Viagens, que compõem as pesquisas de Origem e Destino (pesquisas O/D) (Stopher e Shen, 2011). Este método obtém informações de viagens de relatos dos entrevistados, os quais geralmente são imprecisos e em alguns casos equivocados, principalmente com relação à distância e ao tempo das viagens (Stopher e Greaves, 2010). Avanços nas tecnologias de informação apresentaram métodos mais eficientes para a obtenção e processamento de dados. Estudos experimentais sobre a introdução da tecnologia GPS na coleta de dados de viagens tem sido realizados em diversas partes do mundo. Atualmente, está sendo analisada a coleta de dados através de GPS e de Diário de Viagens de forma conjunta. Este procedimento permite complementar as informações levantadas, minimizar os erros de duração e comprimento das viagens e captar as rotas reais de cada deslocamento (Stopher, FitzGerald e Xu, 2007).

Entretanto, a metodologia da utilização da tecnologia GPS na coleta de dados é recente e não está consolidada. No Brasil ainda não se encontram aplicações deste método na coleta de dados de viagens. Considerando os potenciais benefícios práticos associados com levantamentos apoiados nesta tecnologia, o aumento na aplicação dessas tecnologias em futuras pesquisas, é realmente necessário entender os benefícios e as limitações que estes métodos trazem para a obtenção de dados de transporte no Brasil.

O objetivo deste trabalho é explorar o potencial da coleta de dados com dispositivos GPS para análise de comportamento de viagem, e analisar as diferenças entre dados de tempo e distância relatados e registrados pelo dispositivo. Para isto, foi realizado um estudo na região metropolitana de Porto Alegre. Este trabalho contribui para o desenvolvimento de pesquisas de viagens baseados em GPS no Brasil, determinando uma metodologia de coleta de dados e analisando os benefícios e limitações da sua utilização. Ainda, o estudo realizado contribui na modelagem de demanda de transporte. Modelos de demanda se baseiam em dados obtidos de relatos dos indivíduos, entre outros, dados de tempo e distância percorridos. Conhecer a acurácia destas informações contribui significativamente para o desenvolvimento de medidas eficientes. Este documento está composto de cinco seções. A próxima seção descreve a evolução das pesquisas Origem e Destino, seguida pela apresentação da metodologia utilizada no estudo. A seção quatro apresenta o desenvolvimento da pesquisa realizada e a seção posterior as análises dos resultados obtidos, aprofundando o estudo nas viagens a pé. A seção final discute as conclusões do estudo.

2 A evolução da Pesquisa de Origem e Destino

Tradicionalmente, o levantamento de dados de viagens é realizado através de Diários de Viagens, os quais são questionários aplicados em uma entrevista domiciliar com moradores de uma zona determinada. Na entrevista são obtidas informações referentes aos deslocamentos realizados pela população num dia útil típico, tais como origem, destino, horário de início, horário de fim, motivo, modo de transporte utilizado, comprimento e duração de cada deslocamento. Adicionalmente, são solicitadas informações sobre as características socioeconômicas dos entrevistados. Assim, o objetivo principal de uma pesquisa O/D é obter informações sobre o padrão de deslocamentos dos residentes de uma área de estudo, que permitam a caracterização dos deslocamentos diários e, por meio da formulação de modelos, a projeção das viagens em horizontes futuros, para planejamento de expansão ou reestruturação da rede de transportes (Wolf, Oliveira e Thompson, 2003).

Várias cidades brasileiras realizaram pesquisas O/D para fundamentar estudos de melhorias no sistema de transportes, dentre as quais estão Belo Horizonte, Brasília, Fortaleza, Goiânia, Natal, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e Porto Alegre (ANTP, 2004, Giustina, 2005). A primeira pesquisa O/D realizada na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) ocorreu no ano de 1974, abrangendo apenas uma parte da RMPA. Em 1986 foi conduzida a segunda pesquisa, contemplando a mesma região de estudo. A terceira pesquisa aconteceu em 1997 e contemplou todos os municípios da RMPA. A última pesquisa O/D realizada no município de Porto Alegre ocorreu em 2003.

A partir do ano 2000, os dispositivos GPS vêm sendo utilizados para validar pesquisas O/D realizadas e, mais recentemente, na utilização conjunta com Diários de Viagem, para analisar o comportamento dos entrevistados (Murakami e Wagner, 1999; Stopher e Greaves, 2010). Os primeiros estudos realizados com a utilização de GPS para a obtenção de dados de viagem analisaram exclusivamente os automóveis e os veículos de transporte coletivo (Wolf, 2004; Stopher, FitzGerald e Zhang, 2008; Oliveira et al., 2011). Mas, a partir de 2008, uma série de pesquisas aponta a grande eficácia do uso conjunto de GPS e Diários de Viagens para outros modos. A tecnologia disponível permite a obtenção de dados em deslocamentos curtos, tais como nos deslocamentos a pé até uma parada de ônibus ou ao estacionamento, geralmente desprezados em Diários de Viagens.

3 Procedimentos Metodológicos

Os estudos realizados sobre a implementação de dispositivos GPS na coleta de dados de viagens apontam uma grande eficácia. A utilização de Diários de Viagem e dispositivos GPS em forma conjunta aumentam a acurácia das informações obtidas, complementando as informações e minimizando os erros. A partir do registro do GPS podem ser obtidos com precisão horários, comprimentos e rotas dos deslocamentos, e através do relato do entrevistado, informações sobre modo de transporte utilizado e motivo do deslocamento (Bohte e Maat, 2009; Stopher et al., 2010; Lee e Wolf, 2010; Bricka et al., 2011; Houston et al., 2011; Gong et al., 2011; Oliveira et al., 2011; Lee et al., 2012; Stopher et al., 2012).

No presente trabalho foi realizada uma coleta de dados de viagens em forma conjunta, utilizando dispositivos GPS e Diários de Viagem na região metropolitana de Porto Alegre. O estudo constou de quatro etapas principais: (i) escolha do dispositivo GPS; (ii) determinação dos programas computacionais a serem empregados e (iii) estabelecimento da metodologia de coleta; (iv) análises dos dados. Estas etapas são descritas a seguir.

3.1 Dispositivo GPS utilizado

A escolha do dispositivo GPS teve como base um estudo realizado por Lee e Wolf (2010). Nesse estudo, os autores verificaram o desempenho de uma série de aparelhos GPS existentes no mercado, para a aplicação de

uma Pesquisa O/D no Reino Unido no ano de 2008. Após a avaliação de 32 aparelhos de marcas distintas, concluíram que 3 dispositivos – *GPS data loggers* – atenderam de forma satisfatória aos requisitos impostos por eles: (i) Atmel BTT-08; (ii) Globalsat DG-100 e; (iii) Transystem i-Blue 747a+. Os requisitos analisados foram características técnicas, tais como capacidade da memória do aparelho, autonomia da bateria, ergonomia, assim como características da entrega do produto e preço. A partir desse estudo, foram analisadas algumas características específicas desses três dispositivos, tais como disponibilidade dos fornecedores, preço, agilidade na entrega e simplicidade de uso. Esta análise levou à escolha do dispositivo Transystem i-Blue 747a+ para esta pesquisa. Além da rápida entrega e preço acessível, este aparelho apresenta fácil utilização.

Uma questão importante na definição da metodologia de coleta diz respeito aos critérios de registro das trajetórias. O dispositivo apresenta diferentes formas de registro. Após uma série de testes no aparelho, foi adotado um critério misto de registro, que combina tempo e distância. No início do movimento, ou um novo deslocamento, o registro de dados é realizado ao ser superada uma distância pré-estabelecida. Nos períodos de repouso, o dispositivo registra a posição por intervalo de tempo.

3.2 Programas Computacionais Utilizados

A exportação e tratamento dos dados coletados com o GPS demandou a utilização de três *softwares* diferentes. A configuração e exportação de dados do dispositivo GPS foi realizada através do *software BT747*, fornecido pelo fabricante em conjunto com o dispositivo. O processamento de dados foi realizado utilizando o aplicativo *GPS Trackmaker*. A escolha deste software envolveu testes com diversos *softwares* gráficos disponíveis, visando extrair os melhores resultados. Dentre os testados, o escolhido foi o *GPS Trackmaker* por ser um software gratuito que permite, com satisfação simplicidade, a edição de dados e a caracterização de viagens. A visualização final dos dados coletados foi realizada através do *software Google Earth*, *software* gratuito que possibilita a geração de mapas bidimensionais e visualização da área com imagens de satélite.

3.3 Metodologia de Coleta de Dados

A metodologia de coleta de dados adotada consistiu na utilização de informação dada pelo próprio entrevistado, através de relatos orais (entrevistas) e informação registrada no *data logger* sobre todos os deslocamentos realizados nos dois dias anteriores. Este período de coleta foi determinado com base na bateria útil do aparelho e resultados obtidos num estudo piloto. A autonomia de funcionamento do dispositivo permite a coleta durante o período de dois dias minimizando a interação entre o entrevistado e o GPS. Além disso, a pesquisa piloto mostrou que dois dias é um tempo máximo admissível para reduzir o risco de esquecimento das viagens realizadas pelos entrevistados.

Destaca-se que nesse estudo foi analisada cada etapa da viagem, e não somente a viagem da sua origem inicial ao destino final. Entende-se por viagem o movimento de uma pessoa entre uma origem inicial e um destino final, feito para satisfazer um determinado motivo. Etapa da viagem se refere ao deslocamento ou parte de viagem feita num modo de transporte. Assim, deslocamentos curtos, geralmente de acesso a outros modos de transporte, como por exemplo em direção à parada de ônibus ou ao estacionamento, frequentemente realizados a pé, também foram coletados. A determinação do início e do fim de cada etapa de viagem ocorre na mudança do modo de transporte utilizado. Por exemplo, uma viagem com duas mudanças de modo (a pé-ônibus, ônibus-a pé) consta de três etapas: a pé até a parada de ônibus (etapa 1), de ônibus até a próxima parada (etapa 2) e a pé da parada até o destino final (etapa 3). Mas, um deslocamento foi considerado como etapa de viagem se tivesse comprimento de no mínimo 30 metros, obtido através de testes com o aparelho. A metodologia proposta foi aplicada com o objetivo de obter dados sobre todos os deslocamentos realizados, inclusive os geralmente esquecidos nos relatos de viagens tradicionais. Esses são geralmente menos importantes em modelagens em amplas regiões, mas úteis em pesquisas de microrregiões e comportamentais (Clifton e Muhs, 2012).

Os entrevistados foram orientados a levar o dispositivo consigo em todos os deslocamentos durante dois dias, em um bolso, por exemplo. Foram ainda instruídos a ligar o aparelho no início da manhã do primeiro dia da coleta e desligá-lo no fim do último dia da coleta. Sendo assim, não era necessária a interação do entrevistado com o aparelho em nenhum outro momento, evitando assim, a manipulação dos dados ou esquecimento de ligar ou desligar o aparelho.

Após os dois dias de coleta, foi realizada uma entrevista face-a-face com o participante, no qual era perguntado sobre as etapas de viagens realizadas, indicando os horários de início e fim, a distância, o modo de transporte utilizado e o motivo de cada deslocamento. Durante a entrevista as informações dos usuários não foram questionadas, as respostas reportadas pelos entrevistados foram registradas sem discussão ou intervenção por parte do entrevistador. O formulário utilizado na entrevista está apresentado na Figura 1. Dentre os possíveis

métodos de entrevista decidiu-se adotar a entrevista face-a face. Métodos alternativos como entrevistas por telefone ou internet apresentam baixas taxa de respostas e dificuldade na obtenção de dados (Bohte e Maat, 2009; Stopher et al., 2010; Lee e Wolf, 2010; Bricka et al., 2011; Houston et al., 2011; Gong et al., 2011; Oliveira et al., 2011; Lee et al., 2012; Stopher et al., 2012).

Viagem	Modo de Transporte Utilizado	Motivo da Viagem										Dist. (m)	Horário	
		Trabalho	Voltar p/ casa	Escola / Estudo	Compras / Refeição	Assuntos Pessoais	Levar/ pegar pessoas	Lazer/ recreação	Saúde	In/Voltar Estacion./ parada de ônibus	Outros		Início	Fim
Viagem 1														
Viagem 2														
Viagem 3														
Viagem 4														

Figura 1 – Formulário de pesquisa

3.4 Análise dos Dados

A análise foi caracterizada por duas abordagens distintas. Primeiro, foram analisadas as limitações e dificuldades apresentadas pela tecnologia GPS. Posteriormente, foi realizada a comparação entre as informações obtidas por GPS e as coletadas por entrevista pessoal. A análise comparativa foi aprofundada no estudo dos deslocamentos a pé. Deslocamentos por este modal tem uma participação expressiva no sistema de transportes da cidade e geralmente são subdimensionados em pesquisas de origem-destino tradicionais.

4 Desenvolvimento da Pesquisa

O presente estudo visa a verificação da metodologia de coleta de dados proposta e a análise dos resultados obtidos a partir da mesma. Para tanto, foi determinada a área de abrangência do estudo, o tamanho da amostra e o perfil dos participantes. Após a realização da coleta e formação do banco de dados consolidado foi identificado o número de etapas de viagens válidas para, posteriormente, proceder à análise dos resultados.

4.1 Área de Estudo e Tamanho da Amostra

A área de estudo nesse trabalho foi limitada pela região metropolitana de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, no Brasil. A amostra foi composta por 58 indivíduos. A escolha dos participantes foi realizada procurando obter diversidade entre as características pessoais dos indivíduos e regiões por eles frequentados. Entre os aspectos levados em conta para a seleção, podem ser citados: gênero, idade, grau de instrução, facilidade na utilização de tecnologia, local de residência, local de trabalho, entre outros. A amostra obtida é grande e diversificada suficiente para fazer inferências sobre distorções entre os registros e relatos obtidos. Os participantes levaram o GPS consigo por dois dias, do mês de abril de 2011 ao mês de junho de 2011 ou do mês de abril de 2012 ao mês de abril de 2013. O espaço amostral foi de um período de 116 dias não consecutivos. Nesse período, os entrevistados realizaram no total 1.036 etapas de viagens.

Os dados levantados correspondem a dias úteis e também a fins de semana. A Figura 2 apresenta as etapas de viagens – por todos os modos e motivos - realizadas pelos entrevistados. Na Figura 2, a intensidade do amarelo representa a quantidade de deslocamentos em cada via. Quanto mais forte, maior número de deslocamentos nesse trecho.



Figura 2 – Etapas de viagens realizadas

Pode-se identificar na Figura 2, que grande parte dos deslocamentos dos participantes envolveu a região central de Porto Alegre. Além disso, os deslocamentos ocorreram de forma significativa nas vias arteriais e coletoras da região. Os deslocamentos em vias locais ocorreram geralmente quando o participante se encontrava próximo a uma origem ou destino de alguma viagem.

4.2 Perfil dos Participantes

A maioria dos entrevistados (58%) tem entre 20 e 39 anos e 31% tem mais de 50 anos. No total, 53% é do sexo feminino. Cerca de 1/3 dos entrevistados tem Pós-Graduação completa, 28% têm curso Superior completo e 38% têm Ensino Médio completo, ou seja, não cursaram ou não terminaram um curso de Graduação. Atualmente, aproximadamente 55% não estudam, 24% realizam algum curso superior, 16% têm curso superior completo estudam Pós-Graduação e 5% estudam outra categoria de curso, tal como cursos preparatórios para concursos. Ainda, 93% trabalham atualmente e 7% são aposentados, pensionistas ou estão desempregados. A Figura 3 apresenta o perfil dos entrevistados

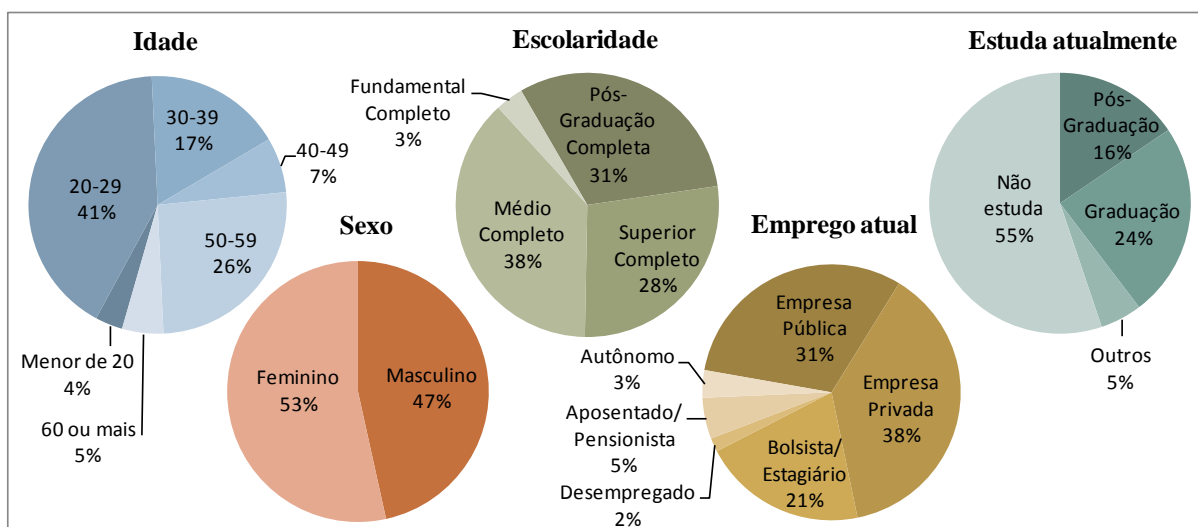


Figura 3 – Perfil dos entrevistados

4.3 Problemas detectados da Tecnologia GPS

A utilização da tecnologia GPS pode representar melhoras significativas nas coletas de dados de Pesquisas O/D. Entretanto, foram detectados uma série de dificuldades na coleta de dados devido a problemas oriundos da própria tecnologia. Os problemas encontrados foram provenientes de duas naturezas distintas: (i) a qualidade do sinal e (ii) o efeito da partida a frio. Dessa forma, as viagens em que foram detectados equívocos de registros foram consideradas inválidas e não foram incluídas na análise (Stopher, FitzGerald, Greaves, e Biddle, 2006; Stopher e Greaves, 2010; Stopher e Shen, 2011).

4.3.1 Qualidade do Sinal

Todos os dispositivos GPS possuem uma imprecisão característica, que varia de acordo com a qualidade da antena e a frequência do aparelho, bem como com a quantidade de satélites disponíveis no momento da aquisição de dados. Consequentemente, alguns pontos foram gravados com coordenadas de um local muito próximo a ele, e não com as coordenadas exatas de localização. Esta imprecisão foi percebida analisando os resultados de deslocamentos a pé, nos quais não foi possível detectar o lado da calçada em que o pedestre circulava. O dispositivo registrava pontos em calçadas alternadas, indicando que o pedestre atravessou a rua várias vezes para percorrer um trecho curto. Os entrevistados foram procurados depois da pesquisa e, questionados sobre este ponto, relataram não terem atravessado a rua naqueles locais.

Além disso, o GPS não respondeu bem aos chamados *cânions urbanos*, isto é, às áreas densamente construídas, apresentando uma grande concentração de altos edifícios. No centro de Porto Alegre, em especial, a qualidade de recepção de sinal do dispositivo mostrou-se bastante precária. Esse fenômeno é denominado como Multicaminhamento e é causado pela reflexão indesejada do sinal por obstáculos próximos ao GPS ou à antena (Coelho, 2003; Wolf, Oliveira e Thompson, 2003). Dessa forma, a maioria das viagens realizadas no centro da cidade tem sua trajetória cortada por falta de pontos intermediários.

4.3.2 Efeito da Partida a Frio

O efeito da partida a frio diz respeito ao tempo que o GPS despense para determinar a sua localização ao ser ligado, ou ao receber novamente o sinal dos satélites, em caso de tê-lo perdido (Stopher e Shen, 2011). Isso normalmente ocorreu na primeira utilização no dia, ou quando a pessoa passa um determinado período dentro de um lugar fechado, em que o dispositivo não consegue definir sua posição rapidamente. Dessa forma, o maior problema ocasionado por essa limitação foi a perda de informações relativas ao início de viagens.

Entretanto, uma vez ocorrida a perda de informação, o impacto na interpretação dos dados não foi grande. Muitas vezes, o início de uma etapa de viagem está localizado no fim da etapa anterior e, caso seja a primeira do dia, seu ponto inicial normalmente é o da residência, ou o mesmo da última viagem do dia anterior. Além disso, o intervalo de tempo que o GPS registra um ponto é pequeno, sendo possível inferir a rota realizada pelo entrevistado.

4.3.3 Validade das Etapas de Viagens realizadas

Devido à qualidade do sinal e/ou ao efeito da partida a frio, algumas etapas de viagem foram invalidadas. Das 1.036 etapas coletadas, 213 enfrentaram problemas tecnológicos, correspondendo a aproximadamente 20% do total das etapas coletadas. Ainda, das 213 etapas invalidadas, 111 foram descartadas por serem curtas demais. Isto é, não era possível determinar o local exato da troca de modo de transporte. Os participantes foram orientados a relatar deslocamentos maiores de 30 metros.

Além dos problemas tecnológicos citados anteriormente, outros problemas identificados fizeram desconsiderar alguns deslocamentos. Dentre estes, o esquecimento do GPS durante o deslocamento, esquecimento de carga da bateria do dispositivo e o relato de viagens não realizadas (inexistentes), porém relatadas pelos participantes durante a entrevista, foram os mais importantes. Estas etapas descartadas representam aproximadamente 15% das etapas de viagens coletadas (157 etapas de viagens). A Figura 4 apresenta a porcentagem das etapas de viagens coletadas, classificadas em válidas e inválidas, mostrando o motivo do descarte.

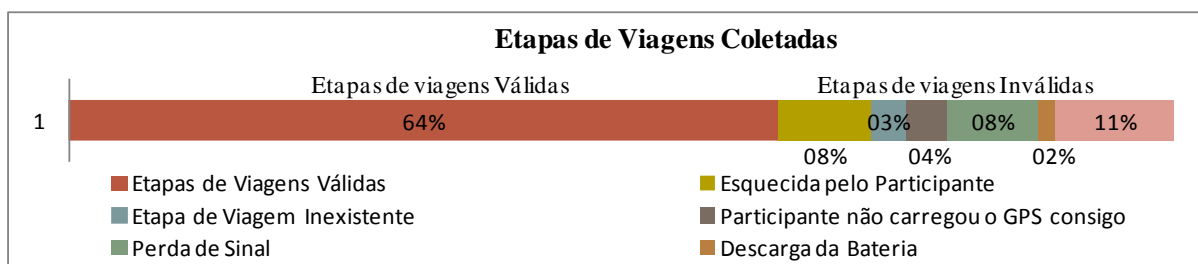


Figura 4 – Etapas de Viagens Coletadas

5 Análise dos Resultados

Conforme apresentado no capítulo anterior, 665 das etapas de viagens foram consideradas válidas para análises, representando 64% das etapas de viagens coletadas. Nas análises a seguir foram consideradas unicamente as etapas de viagens válidas. As análises efetuadas referem-se ao modo de transporte utilizado, obtidos através do relato dos entrevistados, e à comparação entre registro e relato dos deslocamentos a pé. Os deslocamentos a pé merecem especial atenção, por representarem uma parte significativa das viagens coletadas e por serem subdimensionados em pesquisas de origem-destino tradicionais.

5.1 Análise dos Deslocamentos Realizados

A análise de dados levantados mostrou a distribuição modal dos deslocamentos realizados pela população amostrada. Os deslocamentos realizados por automóvel representaram 32%, por ônibus 11% e 57% pelo modo a pé. O número de deslocamentos a pé foi superior aos deslocamentos realizados por outros modos. O alto percentual se deve principalmente ao fato que grande parte dos deslocamentos a pé são deslocamentos de acesso a outros modos de transporte, como deslocamento à parada de transporte coletivo ou ao estacionamento.

Portanto, foram estratificadas as viagens a pé conforme o motivo da viagem (Figura 5). Aproximadamente metade (46%) dos deslocamentos a pé foram de acesso a outros modais. Os deslocamentos restantes apresentaram motivos diversos: Compras/Refeição (17%), Assuntos Pessoais (7%), Trabalho (12%), Estudo (4%), Lazer ou Recreação (4%), Levantar ou Pegar Pessoas (2%), Voltar para Casa (8%), Saúde (0%) e Outros

(0%). A Figura 5 apresenta a distribuição dos deslocamentos por modo de transporte e, para os deslocamentos a pé, a distribuição por motivo da viagem.

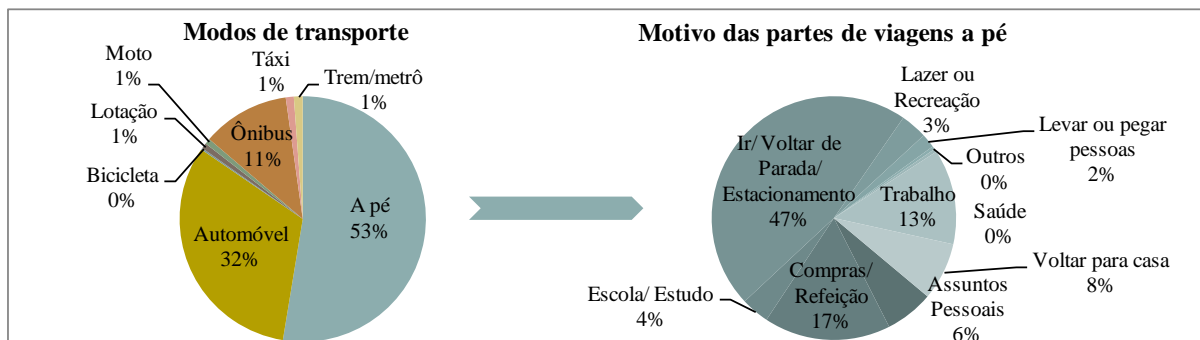


Figura 5 – Modos de transportes e motivo dos deslocamentos a pé

5.2 Análise das viagens a pé

Os deslocamentos a pé constituíram um total de 273. A maioria deles (99%) tem menos de dois mil metros de comprimento e duração menor que meia hora (99%), conforme registrado no GPS. Destaca-se também que 93% dos participantes realizaram pelo menos uma etapa da viagem a pé.

A Figura 6 apresenta um diagrama de dispersão entre as distâncias relatadas pelos entrevistados e as registradas pelo GPS para os deslocamentos a pé. No gráfico, estão diferenciados os deslocamentos a pé realizados para acessar a outros modos de transportes e os deslocamentos realizados exclusivamente a pé. A linha indicada no gráfico corresponde a resultados iguais de registro e relato. Quanto mais próximos os pontos se encontrarem da linha, mais próximos são os dados relatados e registrados.

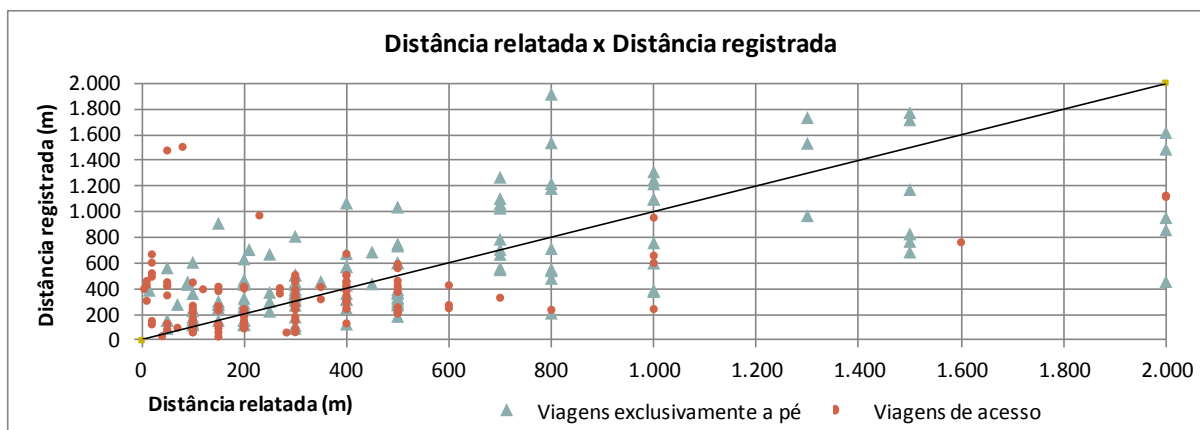


Figura 6 – Distância relatada pelo participante versus Distância registrada no GPS

O gráfico da Figura 6 mostra grande variabilidade nas diferenças entre distâncias relatadas e registradas, não sendo possível observar tendências. Em deslocamentos curtos, com distâncias menores que 500 metros, as distâncias reportadas são mais detalhadas, mostra que os indivíduos discretizam a distancia em unidades menores, indicando uma melhor percepção da distância percorrida. Em deslocamentos maiores que 500 metros os entrevistados tendem a relatar distâncias múltiplas de 100 metros.

Observa-se também que os deslocamentos de acesso a outros modos de transporte, tais como ir e voltar da parada de ônibus ou estacionamento, apresentam comprimentos menores do que os deslocamentos realizados exclusivamente a pé até o destino final. Praticamente 90% dos deslocamentos de acesso são menores que 600 metros.

A relação entre distância relatada e registrada foi analisada também analiticamente. O coeficiente de correlação de Pearson para estas variáveis foi 0,32, não indicando correlação entre as mesmas. A Tabela 1 sintetiza as diferenças entre distância relatada e registrada, classificando estas diferenças conforme o comprimento registrado do deslocamento (menor ou maior que 500 metros). Analisando a Tabela 1 é possível observar que,

para deslocamentos curtos, (menores que 500 m), o coeficiente de variação das discrepâncias dos relatos é expressivo, contudo não existe uma tendência para superestimação ou subestimação das distancias percorrida.

Tabela 1 – Diferença entre distância relatada e distância registrada

Dados		Superestimação de distância	Subestimação de distância
Distância superior à 500 metros	Media	157,87	-133,01
	Desvio Padrão	213,88	119,25
	Coeficiente de Variação	1,35	-0,90
	Frequencia	87,00	96,00
	“%”	48%	52%
Distância superior à 500 metros	Media	532,96	-741,02
	Desvio Padrão	375,50	1485,52
	Coeficiente de Variação	0,70	-2,00
	Frequencia	26	56
	“%”	32%	68%

Em relação a deslocamentos longos (maiores que 500 m) os entrevistados relataram ter caminhado uma distância menor do que a registrada pelo dispositivo. Isto indica uma tendência dos indivíduos a subestimar distâncias em deslocamentos a pé. Deslocamentos longos apresentam grandes discrepâncias entre distancias relatadas e efetivamente registradas. Ao comparar a magnitude destas diferenças através das médias, é possível notar uma tendência aos entrevistados cometer erros maiores e maior variabilidade ao subestimar distância (média = - 741,02; coeficiente de variação = -2,00) do que ao superestimar (média=532,96; coeficiente de variação = 0,70).

A Figura 7 apresenta um diagrama de dispersão entre as durações de deslocamentos relatados pelos entrevistados e os registrados pelo GPS para os deslocamentos a pé. Analisando as discrepancias entre durações relatadas e registradas apresentadas na Figura 7, é possível notar grande variabilidade nas mesmas. Da mesma forma que observado no relato de distâncias, observa-se que os entrevistados tendem a aproximar tempos de viagens em valores múltiplos de 5 minutos. Para tempos de viagem muito curtos, menores que 5 minutos, ainda observa-se um maior discernimento no relato do tempo de viagem.

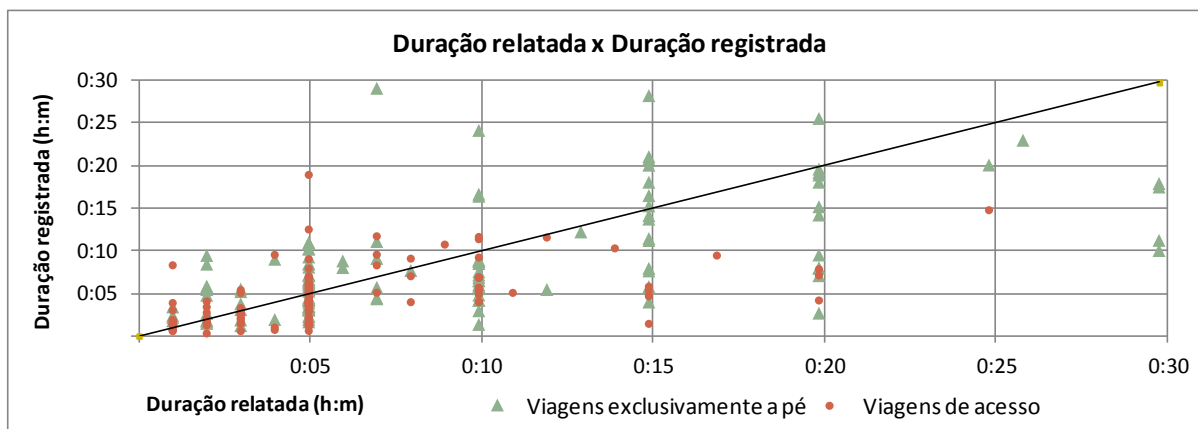


Figura 7 – Duração relatada pelo participante versus Duração registrada no GPS

Para deslocamentos menores que 5 minutos, observa-se uma concentração de pontos abaixo da reta. Este comportamento indica que os entrevistados tendem a superestimar a duração caminhada em deslocamentos curtos (menores que 5 minutos). O mesmo acontece com deslocamentos maiores a 15 minutos. Assim como foi observado na análise da distância reportada, os entrevistados relataram informação mais detalhada em deslocamentos menores, indicando melhor percepção do tempo de caminhada. Observa-se também na Figura 7 que os deslocamentos de acesso a outros modos de transporte apresentam durações menores do que os deslocamentos realizados exclusivamente a pé até o destino final.

A relação entre duração relatada e registrada também foi analisada analiticamente. O coeficiente de correlação de Pearson para estas variáveis foi 0,58, indicando correlação entre estas variáveis. As diferenças entre duração relatada e registrada é apresentada na Tabela 2, estratificando as diferenças conforme duração registrada (menor ou maior que 5 minutos).

Tabela 2 – Diferença entre duração relatada e duração registrada

Dados		Superestimação de duração	Subestimação de duração
Duração inferior à 5 minutos	Media	2,67	-0,96
	Desvio Padrão	3,22	0,79
	Coefficiente de Variação	1,21	-0,83
	Frequencia	97	21
	%	82%	18%
Duração superior à 5 minutos	Media	5,11	-4,24
	Desvio Padrão	4,57	5,37
	Coefficiente de Variação	0,89	-1,27
	Frequencia	70	75
	%	48%	52%

Analisando a Tabela 2 é possível observar que, para deslocamentos curtos, (menores que 5 minutos), os entrevistados tendem a superestimar a duração caminhada. Este mesmo resultado foi observado analisando o diagrama de dispersão. Em relação a deslocamentos longos (maiores que 5 minutos) não se observa uma tendência para superestimação ou subestimação das durações de caminhada. Entretanto, ao comparar a magnitude destas diferenças através das médias, é possível notar grandes discrepâncias entre durações relatadas e efetivamente registradas.

6 Conclusão

A metodologia estabelecida de coleta de dados de viagens segregadas pelo modo de transporte com a utilização conjunta do sistema GPS com o Diário de Viagens apresentou resultados satisfatórios. O dispositivo GPS escolhido atendeu às necessidades da pesquisa, bem como os programas computacionais utilizados. O período de obtenção de dados de 2 dias mostrou-se suficiente e eficaz para a formação de um banco de dados confiável, uma vez que esse tempo foi suficiente tanto para a bateria do aparelho, quanto para a memória dos participantes. A entrevista de forma pessoal após o término da coleta foi essencial para minimizar erros de preenchimento dos formulários.

Dessa forma, com o banco de dados consolidado, as informações registradas pelo aparelho puderam ser relacionadas com as informações relatadas pelos participantes em aproximadamente 65% das etapas de viagens coletadas. As etapas de viagens descartadas são provenientes de limitações da tecnologia (20%) e do relato equivocado dos entrevistados (15%). Sendo assim, dos 1.036 deslocamentos coletados, dos 58 participantes da pesquisa, 665 foram considerados válidos.

A maioria dos deslocamentos coletados válidos foram realizados pelo modo a pé. A expressiva observação dos deslocamentos a pé se deve ao fato que há pelo menos uma etapa de viagem a pé em grande parte das viagens por automóvel ou por transporte coletivo. Os deslocamentos realizados exclusivamente a pé até o destino final ocorreram principalmente por motivo de compras e refeição ou a trabalho e elas apresentaram comprimento e duração variados.

A comparação entre relatos de entrevistados e valores registrados pelo GPS confirmou uma grande discrepância entre valores de distancia e tempo de viagem. Foi identificada a forte tendência dos participantes em declarar valores de distância múltiplos de 100 m e os tempos múltiplos de 5 minutos. Isto, conforme relatado por diversos autores na literatura, se deve à limitada capacidade de percepção dos indivíduos. Em projetos de planejamento de transportes, frequentemente informações sobre tempos e distâncias de viagem são obtidos a partir de relatos de entrevistados. Estes dados são frequentemente utilizados em modelos para previsão de demanda por transportes e outras finalidades. A compreensão sobre os limites destes dados obtidos é essencial para a confiabilidade dos resultados destas aplicações.

Referências Bibliográficas

- ANTP. 2004. Associação Nacional dos Transportes Públicos. Pesquisa de origem e destino, o mais completo instrumento para levantar dados de demanda de viagens. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- BOHTE, W. E MAAT, K. 2009. Deriving and validating trip purposes and travel modes for multi-day GPS-based travel surveys: A large-scale application in the Netherlands. Anais Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 17, p. 285-297.

- BRICKA, S. G., SEN, S., PALETI, R. E BHAT, C. R. 2011. An analysis of the factors influencing differences in survey-reported and GPS-recorded trips. *Journal of Transportation Research Part C* 21, p. 67–88.
- CLIFTON, K. E MUHS, C. D. 2012. Capturing and representing multimodal trips in travel surveys: A review of the practice. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th, Washington, D.C., Cd-Rom*
- COELHO, A. C. S. 2003. Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- GIUSTINA, C. D. 2005. Uma análise da demanda de Shopping Centers de Porto Alegre a partir de dados provenientes de pesquisas domiciliares de origem e destino. Dissertação de mestrado. Engenharia de Produção. Universidade Federal do Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- GONG, H., CHEN, C., BIALOSTOZKY, E. E LAWSON, C. T. 2012. A GPS/GIS method for travel mode detection in New York City. *Computers, Environment and Urban Systems*. V. 36, p. 131–139.
- HOUSTON, D., ONG, P., JAIMES, G. E WINER, A. 2011. Traffic exposure near the Los Angeles–Long Beach port complex: using GPS-enhanced tracking to assess the implications of unreported travel and locations. *Journal of Transport Geography* 19, p. 1399–1409.
- LEE, M.; WOLF, J. GPS. 2010. Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 89th. Washington, D.C., Cd-Rom*.
- LEE, M., FUCCI, A., LORENC, P. E BACHMAN, W. 2012. Using GPS data collected in households travel surveys to assess physical activity. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th, Washington, D.C., Cd-Rom*
- MURAKAMI E. E WAGNER D. P., 1999, Can using global positioning system (GPS) improve trip reporting? *Journal of the Transportation Research Part C* 7. 149±165
- OLIVEIRA, M. G. S., VOVSHA, P., WOLF, J., BORITKER, Y., GIVON, D. E PAASCHE, J. 2011. GPS-assisted prompted recall household travel survey to support development of advanced travel model in Jerusalem, Israel. *Journal of the Transportation Research Board. Washington, D.C. p.16-23.*
- PLUVINET P, GONZALEZ-FELIU J, AMBROSINI C, ET AL. 2012. GPS data analysis for understanding urban goods movement. *Procedia Social and Behavioral Science*. 39:450-462.
- STOPHER, P. R. E SHEN, L. 2011. An In-Depth Comparison of GPS and Diary Records. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting 91th, Washington, D.C., Cd-Rom*
- STOPHER, P. R. E GREAVES, S. 2009. Missing and Inaccurate Information from Travel Surveys – Pilot Results, 32nd Australasian Transport Research Forum ATRF 2009, Auckland, New Zealand.
- STOPHER, P. R., FITZGERALD, F. E XU, M. 2007. Assessing the accuracy of the Sydney Household Travel Survey with GPS. *Transportation*. 34:723–741
- STOPHER, P., FITZGERALD, C. E ZHANG, J. 2008. Search for a global positioning system device to measure person travel. *Transportation Research Part C*, p.350–369.
- STOPHER, P., WARGELIN, L., MINSER, J., TIERNEY, K., RHINDRESS, M. E O’CONNOR, S. 2012. GPS-based household interview survey for the Cincinnati, Ohio region. *Anais Annual Transportation Research Board Meeting, 91th, Washington, D.C., Cd-Rom*
- STOPHER, P., FITZGERALD, F., GREAVES, S. E BIDDLE, T. 2006. What can we Learn from GPS Measurement of Travel? 29th Australasian Transport Research, Sydney, Austrália.
- WOLF, J., OLIVEIRA, M. E THOMPSON, M. 2003. Impact of underreporting on mileage and travel time estimates: results from global positioning system-enhanced household travel survey transportation research record. *Journal of the Transportation Research Board* 1854, p.189–198.
- WOLF, J. 2004. Applications of new technologies in travel surveys. 7th International Conference on Travel Survey Methods, Costa Rica.
- ZUPPO, C. A., DAVIS JR. C. A. e MEIRELLES, A. A. C. 1996. Geoprocessamento no Sistema de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte. *Anais GIS Brasil. Curitiba, Paraná.*