

UTILIZAÇÃO DE GPS NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS DE ORIGEM E DESTINO

Vinicius Motter
Ana Margarita Larrañaga
Helena Beatriz Betella Cybis

Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGE
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

Este trabalho analisa a implementação de dispositivos GPS aplicados à coleta de dados de viagens e avalia a aplicação desta tecnologia. Foi realizado um levantamento de informações com auxílio de GPS e através de entrevista domiciliar. A análise de dados compreendeu: (i) identificação das limitações apresentadas pelo GPS, (ii) comparação entre as informações obtidas por GPS e por entrevista domiciliar. As limitações tecnológicas evidenciadas foram: qualidade do sinal, efeito de “partida a frio”, união equivocada de etapas de viagem realizadas no mesmo modo, necessidade de um registro contínuo de dados, perdas de informação por mau uso do aparelho. A principal vantagem encontrada foi a precisão da tecnologia. Foi possível determinar horários, trajetos, distâncias e perfis de velocidades desenvolvidas de forma muito satisfatória a partir dos dados oriundos do dispositivo. O relato dos entrevistados mostrou erros significativos de percepção na mensuração de tempo e distância quando comparado com dados obtido através do GPS.

ABSTRACT

This paper examines the implementation of GPS devices to collect travel data and it evaluates the application of this technology. Data were collected with the aid of GPS and through home interviews. The data analysis included: (i) identification of the GPS limitations, (ii) comparison of the data obtained by the GPS and by household interview. Some technological limitations have been highlighted: signal quality, cold start effect, mistaken union of trips taken in the same way, continuous data record need, loss of data due to misuse of the device. The main advantage of the GPS device was the technology accuracy. The data obtained by the GPS made possible to determine schedules, routes, distances and velocity profiles developed with a very satisfactory level of accuracy. The respondents' reports showed perception errors in measuring time and distance.

1. INTRODUÇÃO

Na última década, a utilização de sistemas de posicionamento global (GPS) em pesquisas domiciliares de origem e destino tem aumentado significativamente. A função principal destes dispositivos é avaliar a precisão dos dados relatados em diários de viagens. As pesquisas tradicionais exigem que os participantes registrem ou relatem todas os seus deslocamentos a um entrevistador. Esses métodos de coleta enfrentam problemas tais como: tamanho da amostra (Stopher e Greaves, 2007), aumento da taxa de não resposta (Wilson, 2004); amostras não representativas (Stopher e Greaves, 2007); atividades e viagens esquecidas (Pearson, 2004; Wolf *et al*, 2003) e tempos de viagem imprecisos (Stopher *et al*, 2005). Ao mesmo tempo, as inovações tecnológicas durante a última década avançaram, permitindo melhorar a qualidade dos dados e reduzir o trabalho demandado na coleta de dados (Chen *et al*, 2010).

Projetos experimentais de coleta de dados com GPS têm sido realizados em países como Estados Unidos, Austrália e Áustria. O primeiro levantamento de dados utilizando esta tecnologia foi realizado em Austin, Texas em 1997. Neste estudo, 186 veículos foram equipados com GPS *data loggers* e as viagens foram reportadas através de entrevista telefônica (CATI- *Computer Assisted Telephone Interviewing*). Embora este estudo mostrasse que a abordagem era viável, a análise dos dados de GPS foi um desafio (Wolf, 2004). Os recentes avanços na tecnologia GPS

resultaram na introdução de unidades GPS mais leves, com maior autonomia, e permitiram a transição de dispositivos utilizados no rastreamento de veículos para a localização de pessoas. Esta melhoria da tecnologia tem proporcionado a oportunidade de coletar dados de GPS para todos os modos de transporte, principalmente a pé e transporte público.

Não existem, entretanto, estudos realizados exclusivamente com base na tecnologia GPS. A maioria dos realizados buscava validar pesquisas de viagens e avaliar mudanças no comportamento dos indivíduos em relação aos seus deslocamentos (Stopher, 2010). Estes estudos serviram para melhorar e mudar o desenho dos dispositivos e para desenvolver aplicativos de processamento mais sofisticados (Stopher *et al.*, 2008). Com estes desenvolvimentos em mente, o Departamento de Transportes da Cidade de Ohio (ODOT) encomendou a primeira pesquisa de viagem realizada unicamente com GPS. Este projeto foi encomendado como um estudo piloto, o qual está em andamento e provavelmente fornecerá uma riqueza de dados visando a mudanças e a melhorias na coleta e processamento dos dados (Stopher, 2010).

Embora existam registros de diferentes experiências para este fim em outros países, no Brasil ainda não se encontram aplicações dessa metodologia. Por este motivo, este trabalho foi concebido como uma forma de ajudar a preencher esta lacuna no país, com o intuito de facilitar a aplicação de dispositivos GPS na coleta de dados. O objetivo deste trabalho é analisar a implementação de dispositivos GPS aplicados à coleta de dados de uma Pesquisa O/D e avaliar as vantagens e desvantagens da aplicação desta tecnologia.

2. COLETA DE DADOS

A metodologia de coleta de dados aplicada no seguinte trabalho constou de duas etapas principais. Primeiramente, foram coletados os dados com auxílio do dispositivo GPS. Em seguida, foi realizada uma entrevista domiciliar relativa ao mesmo período. Dessa forma, foi possível comparar os resultados obtidos com ambos procedimentos de coleta, avaliando as vantagens e desvantagens do levantamento de dados com dispositivos GPS.

A população alvo desta pesquisa era composta por residentes de Porto Alegre. Esta pesquisa teve caráter exploratório, e a amostragem foi definida por critérios de conveniência. Em função da natureza exploratória da pesquisa, o estudo contou com apenas um dispositivo para a coleta. Consequentemente, existiu uma preocupação com relação a furto, quebra e má-utilização em geral. O emprego de pessoas de confiança do grupo de pesquisa visou a minimizar este risco. A escolha dos entrevistados, entretanto, foi realizada procurando obter diversidade entre as pessoas, assim como entre as regiões por elas frequentadas. 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. O tamanho da amostra também foi influenciado pelos motivos anteriores, assim como pelo tempo disponível para a pesquisa.

A escolha do aparelho utilizado foi baseada numa pesquisa de mercado realizada no Reino Unido por Lee e Wolf (2010). Nessa pesquisa, os autores avaliaram 32 aparelhos de marcas diferentes. Após extensivos testes, concluíram que três dispositivos (*GPS data loggers*) atendiam de forma satisfatória os requisitos: (i) Atmel BTT-08; (ii) Globalsat DG-100; (iii) Transystem i-Blue 747a+. A partir desse estudo, foram analisadas algumas características específicas desses três dispositivos, tais como disponibilidade dos fornecedores, preço, agilidade na entrega e dados

técnicos. Os dados técnicos analisados foram capacidade da memória, autonomia da bateria e ergonomia. O processo de análise levou à adoção do dispositivo da Transystem Inc., o **i-Blue 747a+** (Figura 1).



Figura 1: Dispositivo GPS Transystem i-Blue 747a+

Conforme mostram as especificações técnicas, o dispositivo possibilita diferentes formas de aquisição de dados. O aparelho pode registrar um ponto de localização: a) ao apertar de um botão; b) a cada intervalo pré-estabelecido de tempo; c) ao ser superada uma barreira de velocidade; d) ao ser vencida uma determinada distância. As barreiras de registro são independentes entre si. Cada vez que o *data logger* recebe informações dos satélites, os critérios são calculados com relação ao último ponto registrado. Caso se constate que uma ou mais barreiras foram atingidas, o dispositivo guarda um novo ponto na sua memória, podendo identificar, inclusive, o motivo pelo qual o dado foi salvo. Dessa maneira, foi necessário identificar qual seria o melhor critério de registro a ser utilizado para este estudo.

As alíneas “a” e “c” foram descartadas. A primeira, para realizar uma coleta de dados com GPS de uma forma automatizada, que não dependa da memória do usuário. A segunda, para poder registrar os deslocamentos a pé, geralmente os mais passíveis de esquecimento nas pesquisas tradicionais. Esses deslocamentos são realizados a baixas velocidades, e a imprecisão característica do aparelho gera velocidades acima da velocidade média de circulação de um pedestre. Assim, a decisão se limitou aos critérios das alíneas “b” e “d”. Ao serem analisados isoladamente ambos apresentaram alguns problemas. Efetuar registros apenas através de intervalo de tempo implica uma grande quantidade de dados registrados, muito deles inúteis. Por exemplo, no caso de um indivíduo que sai de casa cedo e permanece em seu local de trabalho durante uma manhã inteira, os únicos dados aproveitáveis seriam os relativos à sua viagem casa-trabalho. Todos os outros dados registrados durante o período deveriam ser apagados posteriormente. Além disso, poderiam também comprometer a capacidade de memória do aparelho. Do mesmo modo, uma coleta de dados baseada apenas na distância percorrida não pareceu ser a melhor solução. Não seria possível assegurar o bom funcionamento do aparelho para um indivíduo que realiza poucas viagens. Mais precisamente, caso esse realizasse apenas duas viagens durante o dia (casa-trabalho-casa) e permanecesse no local de trabalho durante o dia inteiro, seriam coletados os dados apenas no início da manhã e no final da tarde. Como, então, assegurar que o lapso temporal entre o último registro da manhã e o primeiro da noite deveu-se à ausência de viagens, e não a mau funcionamento do aparelho, ou descarga da bateria? Como garantir que o usuário passou o dia no trabalho e que o aparelho esteve ligado durante todo o período?

Assim, a solução adotada para registro dos deslocamentos envolveu a combinação dos critérios das alíneas “b” e “d” através de um critério misto de registro. A partir do momento em que o entrevistado iniciava um movimento, ou um novo deslocamento, o *data logger* registrava dados utilizando a barreira de distância. Nos períodos de repouso, o dispositivo registrava sua posição por intervalo de tempo. Assim, foi possível unir as vantagens de ambos os critérios, reduzindo a quantidade de pontos inúteis e, tendo certeza do bom funcionamento do aparelho. Decisões

importantes também envolveram a definição quantitativa dos critérios a serem utilizados. A barreira de distância não poderia ser muito pequena, para reduzir a criação de dados inválidos oriundos da imprecisão do aparelho. Do mesmo modo, o intervalo de tempo não poderia ser muito curto, a fim de evitar a perda do registro de pequenas paradas. Após alguns testes, foram obtidos bons resultados utilizando 30m como o parâmetro de distância e 121s como o de tempo. Além disso, foi definido que o dispositivo iniciaria uma nova *track* (deslocamento) caso se passassem mais de 120s sem o registro de nenhum ponto. Assumiu-se que seria mais fácil unir etapas que eventualmente fossem erroneamente separadas do que procurar possíveis inícios e fins de viagens dentro de um bloco de informações.

Definidos os critérios de coleta, foi realizado o levantamento das informações utilizando o GPS e através de entrevistas. Uma vez escolhido o entrevistado, um dia antes do início da coleta de dados, o entrevistador realizava uma visita ao seu domicílio. O pesquisador entregava o dispositivo, o seu guia de utilização pessoal e realizava uma breve explanação sobre o estudo que estava sendo realizado. Recebido o aparelho, o entrevistado era solicitado a carregá-lo consigo (a todos os lugares onde fosse) durante o período de dois dias. Além disso, deveria mantê-lo ligado durante a totalidade do dia e recarregar a sua bateria todas as noites. Um dia após o término do período de coleta, o pesquisador retornava ao domicílio do participante, a fim de buscar o *data logger*. Ademais, buscava obter informações de controle, como a efetiva utilização do dispositivo durante todo o período, eventuais perdas de informação por descarga de bateria, assim como possíveis problemas ou dificuldades encontradas no decorrer dos dois dias.

Obtidas essas informações, o pesquisador coletava dados através de uma técnica mais tradicional, ou seja, por entrevista. A fim de evitar que os entrevistados se esforçassem além da normalidade para não esquecer viagens realizadas, o conteúdo da entrevista só era revelado nesse momento. O questionário utilizado permitiu levantar informações sobre todos os deslocamentos efetuados pelos entrevistados nos dois dias anteriores, modo de transporte utilizado, motivo da viagem, distância e horário de início/fim. Neste estudo, viagem refere-se ao movimento de uma pessoa entre uma origem inicial e um destino final para satisfazer um determinado motivo. Etapa de viagem refere-se ao deslocamento ou parte de viagem realizada num modo de transporte. Quando ocorre mudança de modo ou motivo, inicia-se uma nova etapa. Finalizada a coleta de dados, as informações do dispositivo eram carregadas em um computador e iniciado o processamento dos dados.

3. ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

O *software* do próprio fabricante, recebido juntamente com o produto, embora de fácil utilização, apresentou aplicações limitadas. A configuração e exportação dos dados do *data logger* foi realizado através do aplicativo BT747, também utilizado em dispositivos similares ao deste estudo. Esse programa foi escolhido por ser gratuito e oferecer uma gama mais variada de aplicações. Maiores informações, assim como o próprio *software*, encontram-se disponíveis na sua página institucional (De Weerd, 2011).

O processamento dos dados foi realizado no programa GPS *Trackmaker* (Figura 2, 3a). A apresentação final dos dados foi realizada no *Google Earth* (Figura 3b). O aplicativo GPS *Trackmaker* permitiu, com satisfatória simplicidade, a edição de dados e a caracterização de etapas de viagens. Assim, foi possível a eliminação de pontos incorretos e imprecisos, a definição

de início e fim de cada etapa das viagens, além de outras intervenções que se mostraram necessárias. O *Google Earth* permitiu a visualização final dos dados, melhorando a estética de apresentação dos dados em relação ao aplicativo anterior. O *Google Earth* é um aplicativo excelente em termos de apresentação, mas não permite modificar as informações importadas. Por esse motivo, foi preciso utilizar o programa *GPS Trackmaker* na edição dos dados previamente à sua visualização final. O *GPS Trackmaker* apresenta uma versão gratuita e está disponível no seu site institucional (Geo Studio Tecnologia, 2011).

A primeira fase de edição de mapas foi vital para a caracterização dos deslocamentos dos participantes. A Figura 2 traz um exemplo de arquivo de dados brutos, visualizado nesse aplicativo. Como mostra a figura, o aplicativo codifica os trajetos registrados por cores para facilitar a visualização dos dados. Nesta fase do processamento foi necessário realizar dois procedimentos: (i) eliminação dos dados inválidos e (ii) determinação dos pontos de início e fim de cada etapa de viagem. Estes procedimentos são descritos a seguir.

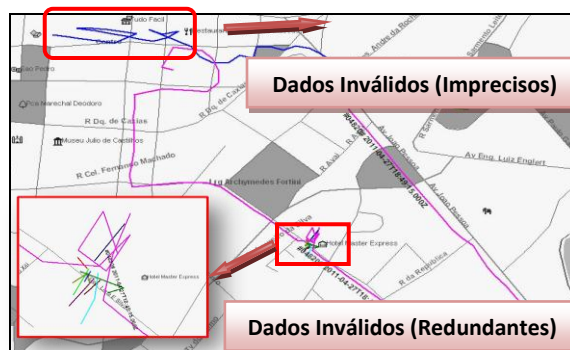


Figura 2: Exemplo de arquivo de dados brutos

Os dados inválidos encontrados foram divididos em duas categorias: redundantes e imprecisos. Os redundantes foram definidos como aqueles coletados pelo dispositivo quando o entrevistado se encontrava em repouso, não realizando nenhum deslocamento. O registro deles poderia ocorrer tanto pelo critério pré-estabelecido de tempo, quando por uma imprecisão característica, que descrevia pequenos movimentos inexistentes. Como pode ser visto na Figura 2, esses dados puderam ser facilmente identificados e suprimidos, uma vez que representavam um aglomerado de pontos sobre uma mesma localidade. Os dados imprecisos foram os de mais difícil identificação. Sem conhecer previamente a origem e o destino das viagens dos indivíduos, não era possível visualizar e determinar facilmente se certas etapas de uma viagem realmente teriam ocorrido ou não. Dessa forma, foi realizada uma análise conjunta entre o perfil de velocidades do deslocamento registrado e o trajeto percorrido. Existindo a suspeita sobre a imprecisão de determinado segmento de deslocamento, como o apresentado na Figura 2, analisavam-se as velocidades descritas no trecho em questão. Caso elas apresentassem valores considerados acima da normalidade (houve casos com velocidades acima de 500km/h no centro de Porto Alegre), o trecho era desconsiderado. Posteriormente, era observado o trajeto percorrido nesse segmento. É pouco provável que indivíduos realizassem seus deslocamentos passando pelo topo de edifícios ou atravessando terrenos privados, ao invés de utilizar a malha viária do município. Por outro lado, o ponto final de uma etapa de viagem normalmente coincide com o ponto de partida da etapa (ou viagem) subsequente. Assim, os dados imprecisos foram identificados e ajustados.

Após a supressão dos dados inválidos foi realizada a caracterização de viagens, determinando os pontos de início e fim de cada etapa a partir dos dados registrados pelo dispositivo e sua análise posterior. Neste sentido, duas possibilidades de registro mereceram especial atenção: (i) a separação errônea de uma única etapa em duas; (ii) a junção errônea de duas etapas distintas. O critério de registro de dados adotado, no qual cada parada superior a 120s foi interpretada pelo dispositivo como novo início de etapa de viagem, permitiu solucionar o primeiro problema.

À exceção de um ou dois casos, todos os pontos de partida apontados pelo dispositivo foram, de fato, inícios de etapas. A fim de contornar o segundo problema, foi realizada uma análise semelhante à efetuada na identificação de dados imprecisos. Esse problema poderia surgir devido à pequena diferença de tempo entre o fim de uma etapa e o início da subsequente, inferior a 120s. Por exemplo, uma viagem trabalho-domicílio, composta por duas etapas, uma primeira etapa a pé (trabalho-estacionamento) e outra etapa de automóvel (estacionamento-domicílio). Provavelmente, o tempo transcorrido entre a chegada do indivíduo ao automóvel e sua eventual partida seja inferior a 120s. Assim, o dispositivo interpretaria erroneamente essas duas etapas como apenas uma. A análise do perfil de velocidades do deslocamento permitiu perceber uma grande variação de velocidade entre diferentes segmentos. Assim, as etapas que haviam sido equivocadamente unidas foram separadas.

Uma vez identificadas todas as etapas de viagem, foi inserido no arquivo um ponto de interesse (*waypoint*) para o início e fim de cada uma. Além disso, informações relativas a horário e distância foram postas em destaque. A Figura 3a mostra o arquivo de um dia de coleta, após essa primeira fase de processamento. Finalizada a efetiva caracterização das etapas de cada viagem, passou-se a uma fase puramente estética, a qual tinha como objetivo aprimorar a visualização dos dados. Assim, o arquivo final obtido pelo *GPS Trackmaker* foi convertido para um formato compatível com o do aplicativo *Google Earth*. O formato adotado foi o “.kml”.



Figura 3a: Após a 1º fase de processamento **Figura 3b:** Após a 2º fase de processamento

Uma vez inseridas nesse aplicativo, as viagens do dia receberam um tratamento visual. Nesse ponto, estabeleceram cores e espessuras para facilitar a compreensão dos dados colocados sobre a imagem de satélite. Além disso, os pontos de início e término de cada etapa ganharam destaque com marcadores específicos, respeitando a sua ordem de realização no dia, assim como o código de cores pré-estabelecido. A Figura 3b apresenta o resultado final do processamento de dados de um dia de pesquisa.

4. RESULTADOS

A etapa de análise deste trabalho 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 domiciliar. Os resultados são apresentados a seguir.

4.1 Limitações e dificuldades relativas ao emprego da tecnologia GPS

As limitações tecnológicas e dificuldades encontradas foram agrupadas em cinco categorias: (i) qualidade do sinal e precisão dos dados obtidos; (ii) efeito de “partida a frio”; (iii) união equivocada de etapas de viagem distintas realizadas no mesmo modo de transporte; (iv) registro permanente de dados; (v) perdas de informação relativas ao uso do aparelho. Estas categorias são comentadas a seguir.

A qualidade do sinal condiciona as informações obtidas pelo *data logger*. Todos os dispositivos GPS possuem uma imprecisão característica, que varia de acordo com a qualidade da antena do aparelho, bem como com a quantidade de satélites disponíveis no momento da aquisição de dados. Em áreas abertas, o iBlue 747a+ demonstrou uma precisão satisfatória. Embora o traçado dos deslocamentos não coincidisse exatamente com o da malha viária da cidade, o erro foi pequeno e não prejudicou a análise das rotas percorridas pelo usuário (Figura 3b). Informações detalhadas sobre deslocamentos de pedestres, tais como pontos de travessia de ruas ou lado da calçada onde o deslocamento ocorre, não foram possíveis de determinar. Além disso, o *data logger* não respondeu bem aos chamados “cânions urbanos”. Os cânions urbanos são áreas densamente construídas, com grande concentração de altos edifícios. No centro de Porto Alegre, em especial, a qualidade de recepção de sinal do dispositivo mostrou-se precária, impossibilitando em alguns momentos a determinação da trajetória de viagens. A Figura 4a exemplifica o efeito do cânion urbano na coleta de dados. Observam-se na figura dois deslocamentos, representados com as cores vermelha e azul. O traçado vermelho apresenta erros de precisão acentuados, mas é possível identificar a rota percorrida pelo entrevistado. Isso já se torna impossível no traçado azul. Uma alternativa para contornar esse problema seria a utilização de um dispositivo com antena mais potente, o que poderia implicar o aumento do tamanho do dispositivo. Outra alternativa seria mapear a disponibilidade de satélites e utilizar o dispositivo apenas em horários que apresentassem o maior número possível, contrariando os fins deste tipo de pesquisa.

Outra limitação tecnológica encontrada na utilização do dispositivo foi devida ao efeito chamado de “partida a frio”. Este se refere ao tempo que o *data logger* necessita para determinar a sua localização no momento que é ligado, ou ao perder e recuperar o sinal dos satélites. Normalmente, isso ocorre na primeira utilização do dia, ou quando o indivíduo permanece durante um período dentro de um local fechado, onde o dispositivo não consegue definir sua posição. O grande problema ocasionado por essa limitação foi a perda de informações relativas ao início de viagens. O dispositivo apresentou um tempo de aquisição de sinal superior a um minuto em alguns casos, dependendo da localização do participante. Nesse intervalo, o entrevistado já havia iniciado seu deslocamento. Assim, o primeiro ponto registrado pelo aparelho não coincidiu com o efetivo início do deslocamento. A Figura 4b mostra como os dados relativos ao deslocamento entre o ponto de partida e o início do registro, indicados pela seta, foram perdidos. Esta perda de registro normalmente não compromete a informação obtida, pois normalmente o ponto de partida é identificável. O fim de um deslocamento normalmente coincide com o ponto inicial do seguinte. Caso seja o primeiro do dia, seu ponto inicial

normalmente é o de sua residência, ou o mesmo da última viagem do dia anterior. Além disso, a parcela não registrada do trajeto é, em geral, pequena, podendo ser estimada (segmento em verde na Figura 4b). Uma possível medida para contornar essa deficiência seria o emprego de um dispositivo mais potente, discutido no parágrafo anterior.

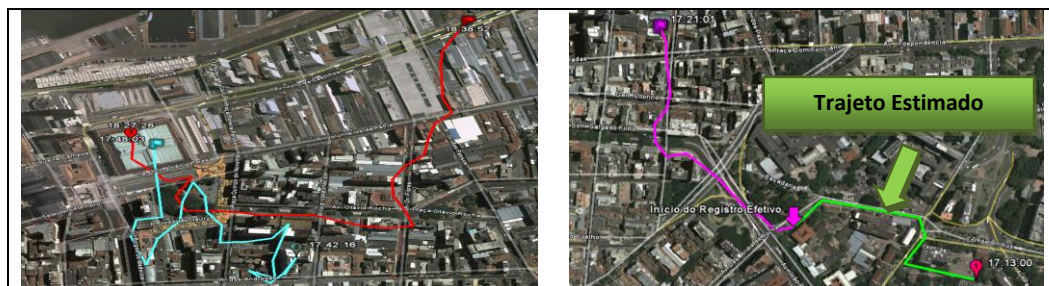


Figura 4a: efeito dos “cânions urbanos”

Figura 4b: efeito de “partida a frio”

Conforme mencionado na seção de processamento de dados, em algumas situações o dispositivo uniu equivocadamente duas etapas de viagem distintas. Isso ocorreu quando a diferença de tempo entre o fim de uma etapa e o início da seguinte foi muito pequena. No caso de duas etapas realizadas com modos de transporte distintos o erro foi facilmente identificável. Entretanto, quando essa falha ocorreu entre duas etapas realizadas com o mesmo modo (levar ou buscar outra pessoa, por exemplo) não foi possível separá-las sem o relato do entrevistado.

O registro permanente de dados revelou-se como uma limitação característica do iBlue 747a+. A fim de assegurar a coleta de todas as viagens, foi solicitado aos entrevistados que mantivessem o dispositivo ligado durante os dois dias de coleta. O aparelho possui uma autonomia própria de 32h de funcionamento, o qual gerou dois problemas: a necessidade de recarga de bateria todos os dias, durante o período de repouso do indivíduo, e excesso de dados inválidos, do tipo redundantes. A recarga da bateria depende do comprometimento e memória do entrevistado. O excesso de dados inválidos coletados dificulta o seu processamento. Talvez a utilização de um *data logger* diferente para estudos futuros, não necessariamente mais potente, minimize este problema. Nesse sentido, o emprego de um dispositivo similar ao utilizado por Stopher *et al.* (2010) seria interessante. Na pesquisa em questão, o aparelho utilizado possuía um sensor de vibração, acionando-se quando em movimento e desligando-se quando em repouso. Isso com certeza aumentaria a autonomia da bateria e diminuiria o número de dados inválidos.

Além dos problemas relativos à tecnologia e características do aparelho foram encontradas dificuldades na utilização do dispositivo. A pesquisa foi desenvolvida com um grupo de entrevistados relacionados aos pesquisadores, ambiente muito mais favorável do que o normal. Mesmo assim, muitos dados foram perdidos por problemas diretamente ligados aos usuários, ocorridos durante as coletas. O primeiro deles, abordado no parágrafo anterior, se refere à necessidade de recarga do dispositivo durante o período de repouso do indivíduo. Conforme era de se esperar, alguns participantes não se lembraram de recarregar o equipamento, o que ocasionou algumas perdas de informação. Ainda, alguns usuários esqueceram levar o *data logger* consigo em todas as viagens realizadas. Esses dois problemas mostram as dificuldades de realizar uma coleta de dados totalmente automatizada, independente de entrevistas complementares. Por fim, algumas pessoas não compreenderam que o dispositivo deveria permanecer ligado durante a totalidade do dia, sendo desativado apenas à noite. Alguns entrevistados acionaram e desligaram

o dispositivo a cada viagem realizada. Esse comportamento certamente pode ter gerado a perda de dados, provavelmente as instruções transmitidas não tenham sido totalmente claras.

4.2 Análise das informações obtidas dos dispositivos GPS complementadas por aquelas obtidas nas entrevistas

Nesta etapa foram examinadas as perdas de informação, assim como as divergências verificadas entre os relatos orais (entrevistas) e os registros no dispositivo. A comparação e complementação das informações relatadas nas entrevistas e as registradas pelos dispositivos GPS permitiu identificar os deslocamentos efetivamente realizados pelos entrevistados. A caracterização dos deslocamentos da amostra é apresentada na Tabela 1. As informações sobre o modo são oriundas das entrevistas, não foi possível extraí-las a partir da análise dos dados obtidos pelos dispositivos.

Tabela 1: Caracterização dos deslocamentos da amostra

Nº entrevistados	13			
Nº etapas de viagens efetivamente realizadas	223			
Proporção de viagens a pé (%) (inclui acesso aos modos motorizados)	55,45			
Proporção de viagens modo motorizado individual (%)	34,12			
Proporção de viagens modo motorizado coletivo (%)	10,43			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Nº etapas de viagens/pessoa.dia	8,58	2	16	3,85

A tabela acima mostra que mais da metade das etapas relatadas foram a pé, valor muito mais alto que o levantado na pesquisa de origem-destino realizada na cidade. Isto se deve a dois motivos. Primeiro, grande parte dos deslocamentos foi realizada no centro de Porto Alegre. Essa região apresenta o maior percentual de deslocamentos a pé em relação aos deslocamentos totais originados no bairro (Larrañaga e Cybis, 2010). Segundo, na pesquisa de entrevistas domiciliares (EDOM, 2004) só foram considerados deslocamentos com mais de 5 quadras. Por outro lado, a tabela mostra que, na amostra selecionada, o percentual de deslocamentos realizados por modo motorizado individual foi superior ao percentual por transporte coletivo. Esta proporção não se verifica na população (EDOM, 2004), indicando que a amostra analisada no trabalho não é representativa da população.

A estratificação das etapas de viagens identificadas por motivo mostra que os principais motivos relatados pelos entrevistados foram “ir ou voltar de estacionamento/ parada de ônibus” (21%), “trabalho” (18%), “compras ou refeição” (17%) e “voltar pra casa” (16%). Essas informações, assim como as relativas ao modo de transporte, puderam ser obtidas apenas por relato dos participantes.

4.2.1. Perdas de informação

As Figuras 5a e 5b mostram a perda de informação, em relação aos deslocamentos efetivamente realizados pelos usuários, percebida ao longo da pesquisa. De um total de 223 deslocamentos efetivamente realizados, os deslocamentos esquecidos representaram 5,4% do total e os não registrados atingiram o patamar de 30,0%. Os deslocamentos esquecidos referem-se aos deslocamentos não relatados na entrevista, mas capturados pelos dispositivos GPS. Os deslocamentos não registrados são aqueles relatados na entrevista, mas não capturados pelos dispositivos em função de problemas como os discutidos no item 4.1. Uma das principais expectativas na utilização de GPS neste tipo de pesquisa é o registro de deslocamentos não

reportados. Neste trabalho, as perdas ocasionadas por falhas de registro foram muito superiores às perdas por deslocamentos não reportados.

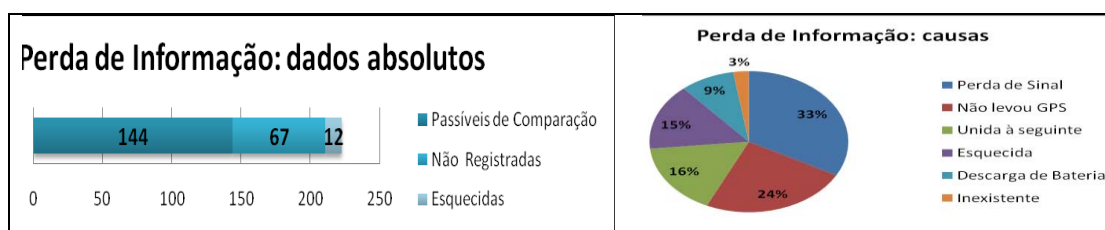


Figura 5a: Dados absolutos

Figura 5b: Causas principais

Entretanto, alguns fatores merecem destaque. A motivação dos entrevistados foi muito superior à encontrada em situações normais de pesquisa. Embora eles não fossem informados que seriam submetidos a entrevistas após a conclusão da coleta com GPS, ficou evidente que tiveram uma preocupação maior que o normal em relatar os deslocamentos efetuados. Provavelmente o grau de esquecimento de deslocamentos foi inferior ao habitual. A perda de dados originada por deslocamentos não reportados, etapas de viagens esquecidas, correspondeu a 15% do total das perdas e 3% representou etapas de viagens relatadas pelo usuário, mas que não ocorreram (inexistentes).

Além disso, a perda de dados causada por não registro das informações pode ser reduzida. Analisando a Figura 5b, percebe-se que 33% dessa perda corresponde à descarga de bateria ou ao esquecimento do dispositivo pelo entrevistado. Melhor treinamento de futuros participantes permitiria reduzir esse percentual. Por outro lado, um terço dessas informações (33%) foi perdido por má qualidade de sinal, devido aos problemas relatados na seção anterior: (i) qualidade do sinal e precisão dos dados obtidos; (ii) efeito de “partida a frio”. É possível que, por interpretação equivocada das instruções de utilização do aparelho, em alguns deslocamentos os entrevistados tenham esquecido acionar o dispositivo, ocasionado o seu não registro. Não é possível afirmar em quantos e em quais deslocamentos esse problema efetivamente ocorreu. Assim, essas perdas de informação foram atribuídas à falha do aparelho. Melhor treinamento dos entrevistados pode ajudar a reduzir esta perda. Por fim, 16% dos deslocamentos foram erroneamente unidos ao seguinte, devido à limitação descrita na seção anterior.

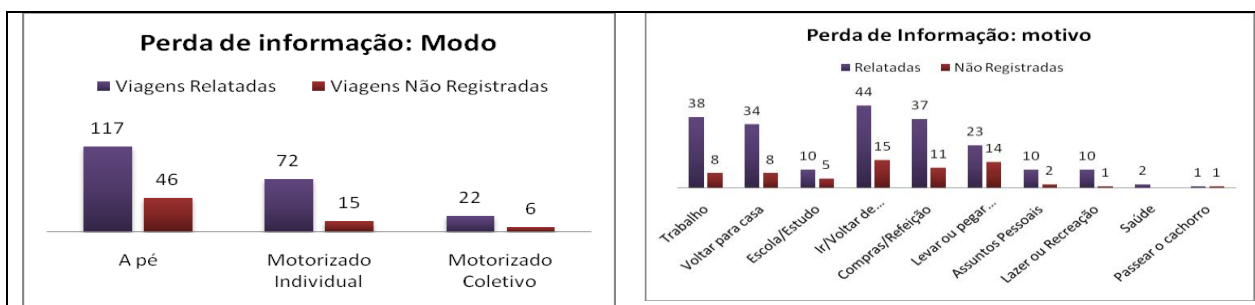


Figura 6a: Perda de informação por modo

Figura 6b) perda de informação por motivo

A Figura 6a apresenta a perda de informação por modo de transporte. Observa-se que, dentre todos os modos, os deslocamentos a pé, apresentaram maiores discrepâncias de registros. Mais de um terço das etapas a pé relatadas não foram registradas. Estes deslocamentos são mais curtos e, consequentemente, mais sensíveis à qualidade de sinal e ao efeito de partida a frio. Nos modos

motorizados, a perda foi menor. Esses deslocamentos possuem duração e distância maiores e eventuais problemas são mais facilmente contornados. A estratificação das perdas de informação por motivo do deslocamento é apresentada na Figura 6b. Grande parte das etapas realizadas a pé, as mais sensíveis ao registro, são de acesso aos modos. Os deslocamentos com o motivo de levar ou pegar outras pessoas não foram corretamente registrados. Nesse caso, as etapas foram erroneamente unidas às seguintes, conforme descrito anteriormente.

4.2.2. Divergências entre relato dos entrevistados e registro por GPS

As variáveis analisadas foram Horário, Distância e Duração, pois estas são as únicas informações coletáveis por ambos os métodos. Nesse ponto, a tecnologia GPS é muito precisa. Ressalvadas as limitações tecnológicas, foi possível determinar horários, trajetos, distâncias, duração de viagens e perfis de velocidades desenvolvidas de forma –satisfatória a partir dos dados oriundos do dispositivo. Assim, as informações registradas foram adotadas como referência, excluindo-se viagens esquecidas ou não registradas. O relato dos entrevistados foi utilizado para avaliar os erros de percepção, na mensuração de tempo e distância, por parte dos entrevistados.

Com relação aos horários de início e fim, os erros não apresentaram uma tendência muito acentuada. Pouco menos da metade das etapas de viagem foram relatadas com início antecipado, e em pouco mais de 50% delas, as pessoas acreditaram ter chegado a seu destino antes. A análise das variáveis distância e duração evidencia que em praticamente 60% das etapas de viagem, as pessoas relataram uma distância maior que a registrada. No que se refere à duração, em dois terços das etapas, os participantes acreditaram ter gasto um tempo superior ao armazenado no dispositivo GPS. Este estudo revelou a tendência dos indivíduos a superestimar tempo e distância de viagem. A Figura 7 apresenta as distribuições dos erros de estimativa dos entrevistados em relação a distâncias e tempos de viagens, quanto confrontados com dados coletados por GPS.

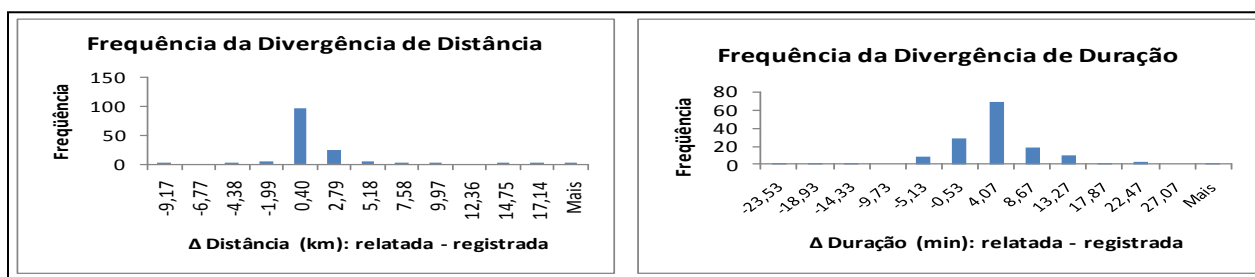


Figura 7: Distribuição das Divergências relato- registro

5. CONCLUSÕES

A principal vantagem encontrada na utilização de GPS para na realização de pesquisas origem-destino foi a precisão dos dados obtidos através desta tecnologia de coleta. Foi possível determinar horários, trajetos, distâncias, duração de viagens e perfis de velocidades desenvolvidas de forma muito satisfatória a partir dos dados oriundos do dispositivo. O relato dos entrevistados mostrou erros significativos de percepção na mensuração de tempo e distância. Além disso, esta tecnologia de coleta demanda tempos menores de envolvimento de pessoal de campo diretamente com os entrevistados.

Entretanto, algumas limitações tecnológicas e dificuldades foram evidenciadas: (i) a qualidade do sinal e precisão dos dados obtidos pode ser um elemento importante principalmente em “cânions urbanos”; (ii) o efeito de “partida a frio” do equipamento pode levar a distorções nas informações

sobre a origem das viagens; (iii) a união equivocada de etapas de viagem distintas realizadas no mesmo modo de transporte; (iv) a necessidade de um registro contínuo de dados e (v) as perdas de informação por uso falta de recarga da bateria. A utilização de dispositivos aperfeiçoados e a melhor orientação dos entrevistados podem contribuir para reduzir esses problemas.

Neste trabalho, não foi possível obter informações sobre modo e motivo das viagens a partir dos dados registrados com GPS. Em futuras pesquisas, informações relativas ao uso do solo, assim como o cadastro dos principais endereços frequentados pelos participantes, poderiam ser utilizados para a criação de um sistema automatizado de identificação do propósito das viagens efetuadas. Igualmente, algoritmos de análise do perfil de velocidades dos deslocamentos poderiam ser incluídos para inferir o modo de transporte utilizado.

Este estudo mostra que a tecnologia GPS tem potencial para, futuramente, substituir as entrevistas domiciliares e que existem muitas oportunidades para aprimoramento dos procedimentos e automação do processamento de dados desta tecnologia de coleta.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Chen, C.; Gong, H.; Lawson, C., and Bialostozky, E. (2010) Evaluating the Feasibility of a Passive Travel Survey Collection in a Complex Urban Environment: Lessons Learned from the New York City Case Study. *Transportation Research Part A*.
- De Weerd, M. (2011) GPS Data Logger Software: BT747. Disponível em: <<http://www.bt747.org>>. Acesso em: 06 abril 2011.
- EDOM (2004) Pesquisa de Origem e Destino de Porto Alegre - Entrevista Domiciliar - EDOM 2003. *Relatório Técnico*. EPTC/Magna/TIS, Porto Alegre.
- Geo Studio Tecnologia Ltda. (2011) GPS TrackMaker. Disponível em: <<http://www.gpstm.com/index.php?lang=port>>. Acesso em: 06 abril 2011.
- Google Inc. (2011) Google Earth. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 06 abril 2011.
- Larrañaga, A.M.; Cybis, H.B. (2010) Impacto da estrutura urbana na escolha modal In: XXIV ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2010, Salvador. *Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes 2009*.
- Lee, M.; Wolf, J. (2010) GPS Feasibility Study: GPS equipment review/pretest. In: TRB Conference, 89th, Atlanta.
- Pearson, D., 2004. A comparison of trip determination methods in GPS-enhanced household travel surveys. In: 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Stopher, P.; Greaves, S. (2007) Missing and Inaccurate Informations From Travel Surveys: pilot results. Sidney: Institute of Transport and Logistics Studies, The University of Sidney,
- Stopher, P.; Prasad, C.; Zhang, J. (2010) Comparing GPS and Prompted Recall Data Records. In: World Conference on Transport Research, 12, Lisboa, WCTR Society.
- Stopher, P., Jiang, Q., FitzGerald, C., 2005. Processing GPS data from travel surveys. In: 28th Australasian Transport Research Forum, Sydney, Australia.
- Stopher, P. R.; Wargelin, L. (2010) Conducting a Household Travel Survey With GPS: reports on a pilot study. In: World Conference on Transport Research, 12, Lisboa, WCTR Society.
- Transystem inc. (Taiwan). 747A+. (2010). Disponível em: <<http://www.transystem.com.tw/product.php?b=G&m=pe&cid=4&sid=21&id=59>>. Acesso em: 18 mar. 2011.
- Wilson, J., 2004. Measuring Personal Travel and Goods Movement (Transportation Research Board Special Report 277). Transportation Research Board, Washington, DC.
- Wolf, J. (2004) Applications of New Technologies in Travel Surveys. In: International Conference on Transport Survey Quality And Innovation, Costa Rica.
- Wolf, J., Oliveira, M., Thompson, M., 2003. Impact of underreporting on mileage and travel time estimates – results from Global Positioning System enhanced household travel survey. *Transportation Research Record* 1854, 189–198.