

Análise da Capacidade de Dados de uma Rede de Ônibus Urbanos

Daniel S. Dias e Luís Henrique M. K. Costa

Resumo—Torna-se cada dia mais comum o acesso à Internet em meios de transportes, criando uma demanda crescente por conexões móveis. Redes tradicionais para a comunicação móvel, como redes celulares, apresentam capacidade limitada e alto custo para os usuários. Nesse contexto as redes veiculares permitem interconectar veículos, usuários e pontos de infraestrutura e, em conjunto com a tecnologia de redes tolerantes a atrasos e desconexões (DTN) transportar informações mesmo sem cobertura em toda a cidade. O presente trabalho analisa a possibilidade de criação de redes veiculares tolerantes a atraso na cidade do Rio de Janeiro utilizando as posições reportadas pelos ônibus, através das informações do GPS, para determinar a viabilidade de transmissão de dados entre ônibus durante um dia.

Palavras-Chave—Redes veiculares, localização dos ônibus, transferência de dados.

Abstract—Internet access inside transportation systems is becoming commonplace, creating an ever growing demand for mobile connectivity. Traditional networks for mobile communication such as cellular networks, have limited capacity and high cost to the user. In this context, vehicular networks allow to interconnect vehicle, users and infrastructure and, through the combination with delay and disruption tolerant networks (DTN), to transport information even if the network does not cover the whole city. This paper examines the possibility of creating delay tolerant vehicular networks in the city of Rio de Janeiro using the positions reported by bus, through the GPS information, to determine the data transmission viability between buses in a day.

Keywords—Vehicular network, bus location, data transfer.

I. INTRODUÇÃO

Meios de transporte, particulares ou públicos, são atualmente um local de acesso à Internet por seus ocupantes. Equipamentos com múltiplas conexões para o entretenimento dos passageiros, como centrais multimídias, tablets, celulares, é uma tendência. Como resultado, a comunicação no ambiente veicular emergiu como uma área promissora para a pesquisa. As tecnologias de transmissão de dados em um veículo podem aliar comunicações com elevado alcance, como tecnologias de celulares 4G, a comunicações de curto alcance, como o IEEE 802.11 e Bluetooth.

As comunicações de curto alcance, além de serem utilizadas para enviar dados aos passageiros, podem ser utilizadas de forma oportunística para a comunicação com veículos próximos e com a infraestrutura da via. Entre outras aplicações, pode-se também aliviar a carga de dados nas redes de telefonia celular durante um engarrafamento. Utilizando redes oportunísticas veiculares, dados podem ser trocados não

somente entre os veículos próximos para uso imediato, como na sinalização de um acidente ou para manter um comboio em rota [1], [2]. Estas redes também podem ser utilizadas para distribuir diversos tipos de dados, incluindo o acesso oportunista à Internet e envio de dados de sensoriamento coletados pelos veículos para a Internet [3]. Assim, os veículos tornam-se um meio de geração e transporte de dados em um contexto de Internet das coisas (*Internet of Things*) e podem ser utilizados para criação de diferentes aplicações e serviços de cidades inteligentes [4], [5].

Ônibus podem ser usados como plataformas de sensoriamento do ambiente, com detectores de condições atmosféricas, de velocidade de tráfego, entre outros, além de poderem coletar dados de sensores instalados pela cidade. Esses dados, após coletados, podem ser transportados e enviados oportunamente através de um ponto de interface entre redes para a Internet, local em que serão processados para a tomada de decisões. O caminho inverso também é útil, permitindo que passageiros de um ônibus recebam informações da Internet, inclusive as coletadas por outros ônibus, e que os monitores contidos nos ônibus possam exibir informações como propagandas ou o horário de chegada de acordo com o trânsito atual.

A comunicação dos ônibus com a central pode ser realizada por redes celulares. Estas, apesar de possuírem grande alcance, podem apresentar áreas sem cobertura ou congestionadas, são onerosas e possuem baixa capacidade de transmissão de dados. Outra maneira de realizar essa comunicação é através de redes locais sem-fio, como redes IEEE 802.11, que são menos onerosas, possuem maior capacidade de transmissão de dados, porém alcance menor. Além disso, redes tolerantes a atrasos e desconexões (*Delay and Disruption Tolerant Networks* – DTN) permitem o armazenamento e posterior transmissão dos dados em cenários desconectados.

O principal objetivo deste trabalho é investigar a capacidade de transmissão de dados de uma rede DTN utilizando comunicações do padrão IEEE 802.11, tomando como nós móveis os ônibus na cidade do Rio de Janeiro. Uma rede comunitária formada pelos ônibus permite diferentes aplicações de cidades inteligentes, como já mencionado, porém as aplicações específicas dependem da capacidade desta rede. Para realizar esta análise de capacidade, o trabalho utiliza os dados de localização em tempo real dos ônibus, disponibilizados pela prefeitura do Rio de Janeiro. A partir destes dados e utilizando ferramentas estatísticas para análise de grandes dados, como a linguagem R, foram aplicados conceitos de redes complexas para a formação de um grafo dirigido, onde os vértices e as arestas possuem pesos relativos aos ônibus, e em seguida foram aplicadas técnicas de clusterização. Na

Daniel e Luís, Grupo de Teleinformática e Automação - PEE/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Este trabalho foi realizado com recursos do CNPq, CAPES e Faperj.

análise, são examinados possíveis cenários de transferências de arquivos utilizando os ônibus urbanos. A análise indica uma grande capacidade de transferência de dados entre regiões da cidade do Rio de Janeiro, chegando a dezenas de terabytes por dia entre distâncias menores do que um quilômetro, e próximas a um terabyte em regiões que distam mais de 40 quilômetros.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A Seção II descreve os bancos de dados disponíveis na literatura e faz uma breve análise dos dados coletados. A Seção III descreve a metodologia de detecção dos locais de maior concentração de tráfego de ônibus, assim como as métricas para avaliar a capacidade da rede. A partir das informações obtidas, são investigadas soluções para a transferência de dados utilizando os ônibus. Finalmente, a Seção IV conclui o artigo e apresenta direções de trabalhos futuros.

II. COLETA DE DADOS DE LOCALIZAÇÃO DOS VEÍCULOS

Estão presentes na literatura dois tipos de dados de localização de veículos: dados gerados através de modelos matemáticos de deslocamento e dados de trajetórias coletados do mundo real.

Para os dados sintéticos, normalmente são escolhidas regiões, como uma cidade ou um bairro, em que todas as ruas e sinalizações de trânsito foram mapeadas. A partir de modelos de deslocamento são gerados traços de deslocamento dos veículos em um intervalo de tempo. Em muitos casos, a escolha dos parâmetros - quantidade de carros, frequência de carros, velocidade, rotas, entre outros - e do modelo de deslocamento não é feita de forma ótima. Isso não permite obter o rigor estatístico necessário para representar a distribuição macro do tráfego, mas apenas captura com confiança curtos espaços de tempo ou pequenas áreas urbanas. Por essas razões, os dados disponibilizados com essa abordagem geralmente são limitados a poucos quilômetros de área e a curtos intervalos de tempo [6], [7].

Os dados coletados no mundo real são obtidos através da gravação direta das posições de veículos durante o seu deslocamento. Dados desse tipo normalmente são obtidos pelo monitoramento de frotas de empresas [8]. Não é possível a coleta de dados de todos os veículos que circulam em uma cidade por vários motivos, principalmente pelo direito à privacidade dos motoristas, e pela heterogeneidade dos veículos, nem todos possuem equipamentos de GPS ou possibilidade de compartilhamento dos dados de deslocamento.

Na literatura estão disponíveis dados de deslocamento de frotas de ônibus, de táxis e de carros de empresas. Uma das primeiras fontes de dados coletados através do sistema de localização dos veículos a ser disponibilizada publicamente foi a dos ônibus de Seattle [9], que apresenta o movimento de 1.200 ônibus, com um intervalo de coleta de dois minutos. Dados similares foram colhidos em Chicago, com 1.648 ônibus e com intervalos de atualizações de quarenta segundos [10]. Outra fonte de dados foi o testbed DieselNet [11], que consistiu em equipar uma pequena quantidade de veículos (trinta) com equipamentos para monitorar o seu deslocamento a cada segundo. Outras análises, com táxis e frotas empresariais, foram feitas em São Francisco [12] e em Xangai [13]. Uma análise

mais detalhada dos dados de deslocamento disponíveis na literatura é feita por Uppoor *et al.* [8].

A. Dados coletados na cidade do Rio de Janeiro

Apesar de existirem bancos de dados que capturam movimentos de ônibus, as cidades possuem características distintas de malha rodoviária e de sistema de transportes. A cidade do Rio de Janeiro é uma das metrópoles do Brasil, possuindo em 2010 pouco mais de seis milhões de habitantes [14]. A cidade, segundo dados de 2012, tem aproximadamente 1.200 km² de área e mais de 11.000 km de vias [15], por onde circularam, em 2014, 2.576.947 veículos, sendo destes 17.723 ônibus. De acordo com dados operacionais dos ônibus, obtidos na página da Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro [16], em outubro de 2014 havia 725 linhas de ônibus ativas, com a frota de 9.028 veículos, nos quais foram feitas 1.832.461 viagens naquele mês, percorrendo mais de 72 milhões de quilômetros e transportando mais de 117 milhões de passageiros.

Dados em tempo real das posições informadas pelos ônibus, atualizados a cada minuto, além de dados de pontos de ônibus, trajetos de ônibus e outros dados de mobilidade da cidade são disponibilizados pela prefeitura do Rio de Janeiro, no portal de dados abertos da cidade [17]. Assim, neste trabalho decidiu-se pela coleta destes dados, por se tratar de dados da movimentação real dos veículos de transporte público, além da possibilidade de coleta de dados de um número de veículos maior que os disponíveis na literatura.

B. Análise de padrões dos dados coletados

A primeira informação relevante sobre os dados coletados é a quantidade de atualizações diárias. Uma atualização corresponde ao envio de um dado de posicionamento por um veículo. Na Figura 1 é possível observar o número de atualizações no dia 7 de outubro de 2014. O maior número de atualizações ocorre das 5h às 20h, próximas ao horário comercial, que é das 8h às 17h.

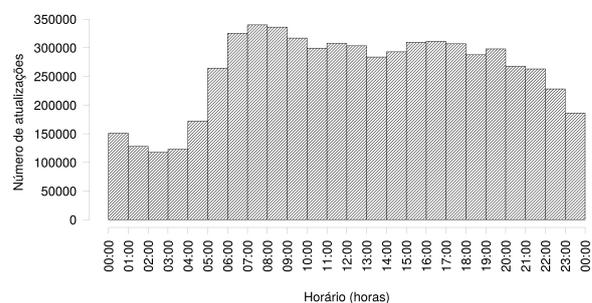


Fig. 1. Atualização durante 24h do dia 07/10/2014.

Outra característica importante é o intervalo entre dados de localização dos ônibus. A Figura 2 apresenta no eixo da direita um histograma com as informações de intervalo de atualização medidas no banco de dados. A maior concentração é de intervalos de atualização próximos a um minuto. Já o gráfico de linha representa a probabilidade cumulativa dos intervalos de

atualização. Observa-se que 90% dos intervalos de atualização são menores que 5 minutos. Vale mencionar que estes intervalos de atualização, em tese, deveriam ser constantes e iguais a 1 minuto, intervalo previsto entre atualizações enviadas pelos ônibus. No entanto, por razões diversas como falhas de transmissão, alguns dados de localização não são armazenados no banco de dados da prefeitura.

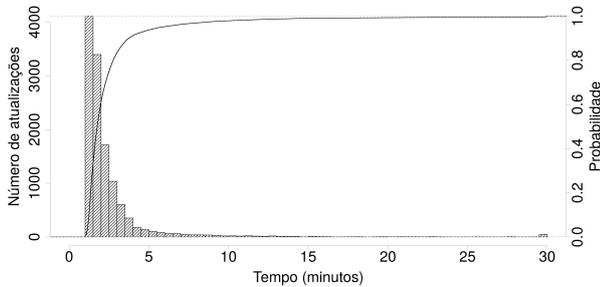


Fig. 2. Tempo médio de intervalo de atualização.

Pode-se analisar a conectividade de um ônibus durante um período de 24 horas ao se detectar quais são os encontros possíveis. Durante um dia, um ônibus pode informar a sua posição até 60 vezes por hora, por 24 horas, ou seja, até 1.440 vezes. Em cada uma dessas posições, dependendo do local em que ele se encontre, ele pode estar no alcance de centenas de outros ônibus. O banco de dados coletado no dia 23 de outubro de 2014, uma quinta-feira, possui 6.226.714 entradas de dados, com o tamanho de 346 megabytes, reportando a localização de 12.456 códigos de ônibus distintos.

A partir da análise dos dados de localização pode-se identificar padrões presentes no sistema de transporte da cidade. É possível determinar as localizações em que os ônibus permanecem por um período maior de tempo. Estes podem ser pontos finais, garagens dos ônibus, mas também áreas de tráfego intenso e locais de transferência entre linhas de ônibus.

III. ANÁLISE DOS DADOS

Como o custo computacional para analisar todos os encontros de cada ônibus é elevado, foi criado um grafo no qual cada vértice é uma região da cidade e cada região recebeu um peso de acordo com o número de veículos que passam por ela. Para a formação das regiões, dividiu-se o mapa da cidade em regiões de igual tamanho, em que cada entrada presente no banco de dados é mapeada em uma região chamada de quadrante. Um quadrante é a região da cidade limitada por um quadrado de lado L , delimitado através de coordenadas de GPS. A Figura 3 mostra a cidade dividida em quadrantes de 300 m de lado. Para fins de análise dos dados, os resultados a seguir utilizam clusters de 300 m.

A. Algoritmo de formação de clusters

Assume-se que um veículo está em um determinado quadrante se o dado de localização obtido do GPS estiver dentro dos limites desse quadrante. Em seguida, os quadrantes com maior concentração de ônibus são classificados como

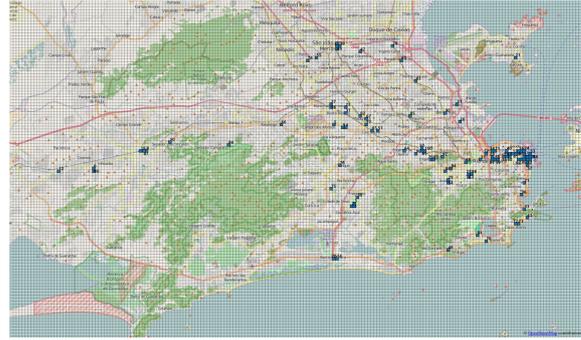


Fig. 3. Mapa da cidade do Rio de Janeiro com o grid e os cluster de 300 m.

“clusters”. A Figura 3 destaca os 100 clusters de maior concentração de ônibus na cidade do Rio de Janeiro.

Após a definição dos clusters, pode-se obter a distância entre pares de clusters, medida em quilômetros e em linha reta. Obtém-se assim uma matriz 100×100 com as distâncias entre os clusters (a matriz foi omitida do texto por questões de espaço). Pode-se, a partir da distância e número de viagens de ônibus entre dois clusters, inferir a capacidade de transporte de dados deste enlace de comunicação virtual.

A escolha de um quadrante como cluster está ligada diretamente à quantidade de pontos que o banco de dados contém naquele quadrante durante o tempo observado. Dessa forma, o cluster denominado 1 é o quadrante do mapa que tem a maior quantidade de ônibus que informam estar na sua abrangência geográfica. A Figura 4 mostra a quantidade de entradas presentes no banco de dados cuja localização está no quadrante do respectivo cluster.

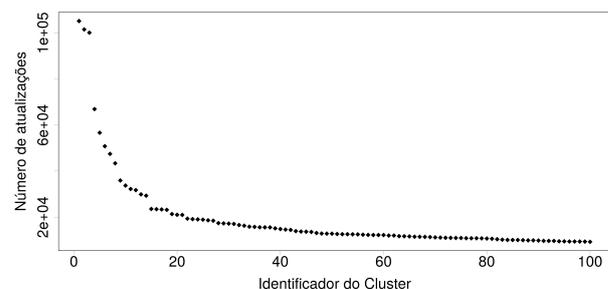


Fig. 4. Número de atualizações por cluster.

B. Definição de viagens de ônibus

Uma viagem é definida analisando-se a linha temporal de cada um dos ônibus que informou a sua localização em um cluster A e que posteriormente informou sua localização em outro cluster B. A partir do cluster A, denominado “origem”, é selecionado o primeiro horário informado por aquele ônibus. Em seguida, no cluster B (“destino”), é selecionado o primeiro horário com diferença de tempo positiva (horário posterior ao selecionado na origem). Assim contabiliza-se uma viagem. A Figura 5(a) exhibe a função densidade de probabilidade (PDF – *Probability Density Function*) da quantidade de viagens entre

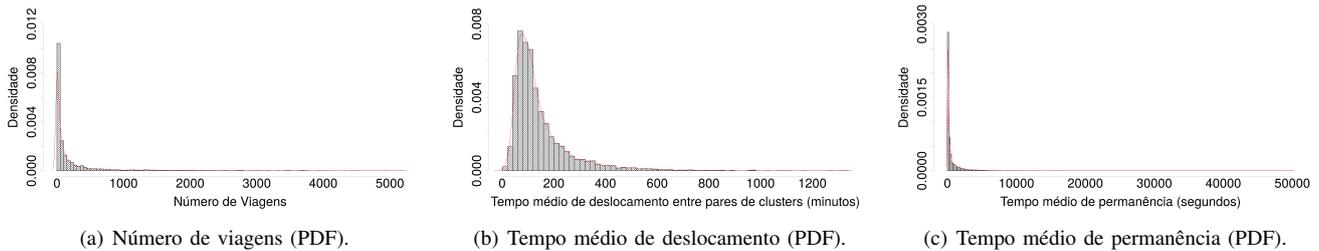


Fig. 5. Análise de dados entre pares de clusters.

os pares de clusters. Clusters mais próximos normalmente apresentam elevada quantidade de viagens. Entretanto, a maioria dos clusters identificados apresentam baixas (abaixo de 500) quantidades de viagens.

O tempo que decorre desde que o ônibus informou a sua localização em um cluster até a última vez que a localização é informada naquele cluster é considerado o tempo de permanência. Somente intervalos com interrupção menor do que 5 minutos são utilizados para contabilizar o tempo de permanência em um cluster. O tempo médio de deslocamento é determinado a partir do somatório do tempo de todas as viagens, dividido pelo número de viagens que ocorrem entre os clusters. A Figura 5(b) mostra a PDF do tempo de deslocamento entre pares de clusters. Cada barra representa 20 minutos de intervalo, sendo o pico de probabilidade de tempo médio de viagens entre 60 e 80 minutos.

O tempo médio de permanência refere-se ao tempo que um ônibus permanece dentro do raio de alcance de um ponto de acesso sem-fio, assumido nesta análise como 300 metros. O tempo médio de permanência serve para determinar a quantidade de dados que pode ser enviada ao ônibus enquanto ele está no raio de alcance de um ponto de acesso. Assume-se que em cada cluster seja instalado um ponto de acesso. A Figura 5(c) mostra a PDF do tempo médio que um ônibus, viajando entre pares de clusters, permanece no alcance do cluster de origem. É importante mencionar que o tempo de permanência é medido para viagens de ida e para viagens de volta individualmente, ambas representadas nessa figura.

C. Transferências de dados

O transporte de dados pelos ônibus pode ser feito de diversos meios. Analisa-se neste trabalho dois tipos: o primeiro, uma rede sem-fio para enviar informações aos ônibus ou aos usuários em um ônibus; o segundo, o transporte físico de algum meio portador de informações, como o embarque de uma mídia como um pen-drive quando o ônibus permanece em um cluster.

No primeiro tipo, uma das arquiteturas de rede possíveis seria implantar um ponto de acesso à rede sem-fio em um cluster para que os ônibus que estiverem nos arredores do cluster tenham a capacidade de transferir dados. Pontos de acesso de redes sem-fio do padrão IEEE 802.11 estão em constante evolução. Atualmente, o padrão IEEE 802.11ac define taxas de transmissão de até 2.167 Mbps. Entretanto, para a presente análise foi escolhida uma capacidade de transmissão mais conservadora, do padrão IEEE 802.11g:

54 Mbps. Para determinar a capacidade das transmissões, foi usado o tempo total que os ônibus permanecem no cluster, ou seja, enquanto estão no alcance do ponto de acesso. A Figura 6 mostra, em GB, a PDF da quantidade de dados totais que pode ser transmitida entre os ônibus e pontos de acesso 802.11g localizados nos clusters. A quantidade de dados transmitidos considera somente os ônibus que fazem viagens entre os pares de clusters relacionados.

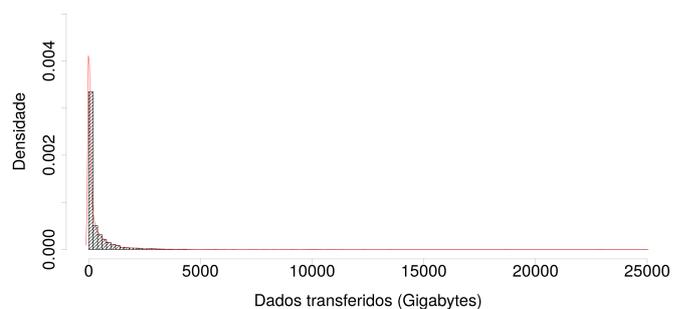


Fig. 6. Transmissão de dados sem-fio (GB).

No segundo meio de transmissão, é simulado o transporte nos ônibus de uma mídia de dados. Para determinar a quantidade de dados transportados, o número total de viagens dos ônibus entre dois clusters é utilizado. A Figura 7 mostra, em GB, a PDF da contabilização da transferência física de mídias. Foi estipulado para essa simulação que é possível transferir 4 GB de dados por viagem, típico de um pendrive de baixo custo ou de um DVD. Assume-se apenas que a mídia fosse embarcada no ônibus no cluster de origem e desembarcada ao chegar ao seu destino.

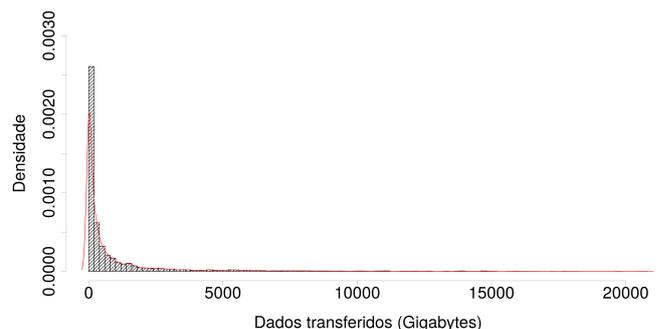


Fig. 7. Transmissão de dados por pendrive (GB).

Na Figura 8, os pontos verdes representam a quantidade de dados transportados para o ônibus por rede sem-fio e os pontos laranjas representam a quantidade de dados transportados por mídias de 4 GB. O eixo Y representa a quantidade de dados em TB transportados entre os pares de clusters e o eixo X representa a distância em km entre esses pares de clusters. Dessa forma, a Figura 8 mostra a tendência da capacidade de transmissão de dados levando em consideração a distância. É possível observar uma redução no transporte dos dados de acordo com a distância dos pares de clusters. Um comportamento interessante é que apesar de os dados transportados por pendrive serem predominantemente maiores em distâncias inferiores a 10 km, para distâncias acima de 35 km, o transporte de dados através do método sem-fio pode alcançar quantidades maiores do que os transmitidos por mídia física.

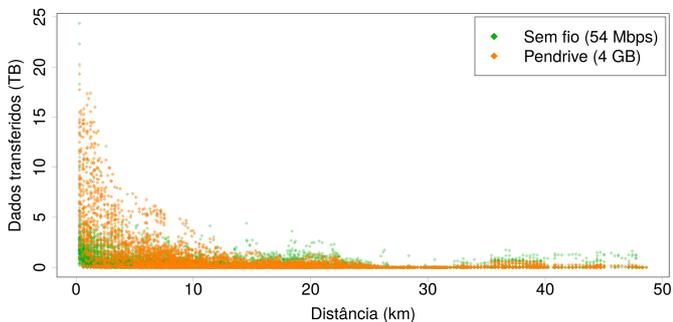


Fig. 8. Transmissão de dados (TB) por distância (km).

Como as tecnologias utilizadas para transportar dados são distintas, é possível utilizá-las simultaneamente. Logicamente assim seria possível obter uma transferência maior de dados. Como exemplo, um dos pares de clusters mais distantes, 12-15, soma 0,04 TB da comunicação sem-fio a 0,36 TB do pendrive (total 0,40 TB); já o sentido oposto, soma 1,25 TB da comunicação sem-fio a 0,34 TB do pendrive (total 1,59 TB).

IV. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho visou verificar a viabilidade da transferência de dados, na cidade do Rio de Janeiro, utilizando o transporte físico dos dados pelos ônibus da cidade. Ao transportar dados de forma oportunística para ônibus que estão em determinadas localidades, é possível a troca de quantidades expressivas de dados na ordem de dezenas de terabytes em um período de 24h. Apesar da transferência de dados diminuir de acordo com a distância dos dados a serem transportados, ao comparar o custo de implementação do transporte de dados por ônibus com o custo da criação de infraestruturas típicas de transporte de dados, é notável que preparar a estrutura nos ônibus e nos locais dos clusters é significativamente menos custoso do que instalar um cabeamento entre as localidades.

Como trabalhos futuros, novas métricas de transmissão de dados podem ser analisadas a partir dos dados colhidos, principalmente ao aumentar o intervalo de observação [18]. Conceitos de redes complexas devem ser estudados para determinar se há formação de comunidades com grande capacidade

de troca de dados ou para otimizar a comunicação ao prover uma melhor conexão em locais onde a rede apresenta um alto valor de centralidade [19]. Algoritmos de roteamento e de disseminação de dados podem ser aplicados sobre os padrões de movimentações presentes nos dados [20], [21]. Por fim, a continuidade da análise possibilitará a criação de um mapa de uma cidade inteligente para o Rio de Janeiro, viabilizando a interação com outras tecnologias sem-fio para determinar a penetração da rede.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Festag, *Cooperative intelligent transport systems standards in Europe*. IEEE Transactions on Mobile Computing, v. 13, n. 5, pp. 1061-1075, 2014.
- [2] J. Wan et al., *Context-aware vehicular cyber-physical systems with cloud support: architecture, challenges, and solutions*. IEEE Communications Magazine, v. 52, n. 8, pp. 106-113, 2014.
- [3] J. Lloret, et al., *Group-based protocol and mobility model for VANETs to offer internet access*. Journal of Network and Computer Applications v. 36, n. 3, pp. 1027-1038, 2013.
- [4] X. Jiang e D. HC. Du, *BUS-VANET: A bus vehicular network integrated with traffic infrastructure*. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, v. 7, n. 2, pp. 47-57, 2015.
- [5] B. Baron, et al., *Virtualizing vehicular node resources: Feasibility study of virtual machine migration*, *Vehicular Communications*, doi: 10.1016/j.vehcom.2016.04.001
- [6] C. Lochert, et al., *A routing strategy for vehicular ad hoc networks in city environments*. Intelligent Vehicles Symposium, pp. 156-161, 2003.
- [7] F. BAI e B. Krishnamachari, *Spatio-temporal variations of vehicle traffic in VANETs: facts and implications*. Proceedings of the sixth ACM international workshop on Vehicular InterNetworking, pp. 43-52, 2009.
- [8] S. Uppoor, et al., *Generation and analysis of a large-scale urban vehicular mobility dataset*. IEEE Communications Magazine, v. 52, n. 12, pp. 166-172, 2014.
- [9] J. G. Jetcheva, et al., *Design and evaluation of a metropolitan area multi-tier wireless ad hoc network architecture*. Mobile Computing Systems and Applications, pp. 32-43, 2003.
- [10] M. Doering, et al., *A new mobility trace for realistic large-scale simulation of bus-based DTNs*. Proceedings of the 5th ACM workshop on Challenged networks, pp. 71-74, 2010.
- [11] J. Burgess, et al., *MaxProp: Routing for Vehicle-Based Disruption-Tolerant Networks*. INFOCOM, pp. 1-11, 2006.
- [12] Hoque, Mohammad Asadul, et al., *Analysis of mobility patterns for urban taxi cabs*. ICNC, pp. 756-760, 2012.
- [13] M. Sede, et al., *Routing in large-scale buses ad hoc networks*. Wireless Communications and Networking Conference, pp. 2711-2716, 2008.
- [14] IBGE. "Cidades - Rio de Janeiro". Disponível em: cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330455, último acesso em Abril de 2016.
- [15] ARMAZÉM DE DADOS. "Rio em síntese." Disponível em: www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/, último acesso em Abril de 2016.
- [16] FETTRANSPOR. "Mobilidade em Números." Disponível em: www.fetranspor.com.br/mobilidade-urbana-setor-em-numeros, último acesso em Abril de 2016.
- [17] DATA.RIO. "Transporte e mobilidade da cidade do Rio de Janeiro." Disponível em: data.rio/organization/0a61fd92-731e-4bd6-ae08-ba8bf5093f0c?groups=transporte-e-mobilidade, último acesso em Abril de 2016.
- [18] A. d. J. dos Santos, et al., *Capacity analysis of a delay and disruption tolerant network in the Amazon basin*. GHS, pp. 1-6, 2014.
- [19] D. Naboulsi, M. Fiore, *On the instantaneous topology of a large-scale urban vehicular network: the cologne case*. Proceedings of the fourteenth ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, pp. 167-176, 2013.
- [20] S. R. Cavalcanti, et al., *Veer: A trajectory-based peer selection algorithm for networks of vehicles*. Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net), pp. 1-8, 2010.
- [21] N. Belblidia, et al., *EPICS: Fair opportunistic multi-content dissemination*. IEEE Transactions on Mobile Computing, v. 14, n. 9, pp. 1847-1860, 2015.