

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DAS BICICLETAS DO SISTEMA BIKE RIO LOCALIZADAS NA ZONA SUL DO RIO DE JANEIRO COM A REDE DE ÔNIBUS DA CIDADE

Julia Hosken de Moura (CEFET/RJ)
juliahosken@hotmail.com

Patricia Aurelia de Sousa (CEFET/RJ)
patriciaurelia@gmail.com

Peter Fernandes Wanke (COPPEAD)
peter@coppead.ufrj.br

Rafael Garcia Barbastefano (CEFET/RJ)
barbastefano@gmail.com

Diego Moreira de Araujo Carvalho (CEFET/RJ)
d.carvalho@ieee.org



Resumo: Este artigo visa analisar o impacto na mobilidade urbana da integração das bicicletas compartilhadas do sistema Bike Rio com a rede de ônibus da zona sul da cidade do Rio de Janeiro em 2014. Para atingir este objetivo foi desenvolvido o P-space Aumentado, que consiste na conexão entre pontos de ônibus que podem ser alcançados via bicicleta, segundo distâncias específicas entre as estações de bicicletas e as paradas de ônibus. Além disso, foram utilizadas propriedades de redes sociais para comparar a situação atual da rede de ônibus (P-space) na zona sul da cidade do Rio de Janeiro com o modelo desenvolvido integrando o bikeshare nesta rede (P-space Aumentado). Como resultado foi possível observar que a utilização de bicicletas compartilhadas como alimentadoras da rede de ônibus da cidade reduz em média o número de baldeações necessárias para se deslocar pela cidade e aumenta o número de possibilidades de trajetos, além de possuir o benefício de ser um meio de transporte sustentável.

Abstract: This article aims to analyze the impact on urban mobility of the integration of the Bike Rio system of bikeshare with the bus network of the south zone of the city of Rio de Janeiro in 2014. To achieve this goal was developed P-space Increased, which consists of the connection between bus stops that can be reached by bicycle, according to specific distances between bicycle stations and bus stops. In addition, social network properties were used to compare the current situation of the bus network (P-space) in the south zone of the city of Rio de Janeiro with the model developed integrating bikeshare in this network (P-space Increased). As a result, it was possible to observe that the use of bikeshare as feeders of the city's bus network reduces on average the number of transfers necessary to move around

the city and increases the number of routes possibilities, besides having the benefit of being a sustainable transportation.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Análise de Redes Sociais. Rede de Transporte Público. Bikeshare.

1. Introdução

Sistemas de transporte público podem ser modelados por meio de grafos e, dessa forma, é criada uma rede de transporte público (RTP). A construção da RTP pode ser feita de várias maneiras de acordo com as particularidades de cada sistema público de transporte. Cada tipo de topologia de rede pode ser definido por *spaces* preestabelecidos em estudos anteriores. Ao analisar os *spaces*, é possível observar comportamentos característicos da rede e trazer informações sobre circunstâncias pertinentes ao transporte público. Existem quatro modelos de *spaces* na literatura (VON FERBER *et al.*, 2009).

Embora não tenha sido usada a denominação *space*, a primeira representação prática desta topologia foi proposta em um estudo sobre o sistema ferroviário indiano (SEN *et al.*, 2003). O tipo de topologia de rede aplicado ao sistema ferroviário indiano foi denominado *L-space* em um estudo posterior sobre 22 RTPs da Polônia (SIENKIEWICZ; HOLYST, 2005). O *L-space* é um grafo em que os nós são pontos de parada ou estações de ônibus, metrô, trem ou bicicleta e as arestas denotam pontos consecutivos em uma rota ou linha.

Outra topologia de rede é o *B-space*. O *B-space* é representado por um grafo bipartido, ou seja, apresenta dois conjuntos de nós diferentes. Um conjunto representa pontos de parada e o outro representa linhas ou rotas. O *P-space* é a projeção do *B-space* que consiste no grafo unimodal referente ao conjunto de vértices de pontos de parada. Dessa forma, todos os pontos de parada que pertencem a uma mesma linha estarão conectados entre si. O *P-space* e o *L-space* apresentam o mesmo conjunto de vértices (SIENKIEWICZ; HOLYST, 2005). A projeção do *B-space* relativa às linhas de ônibus é chamada de *C-space* e conecta as linhas que compartilham pontos de parada. A topologia de rede de interesse nesse estudo é o *P-space*.

O *P-space* foi definido no mesmo estudo realizado na Polônia (SIENKIEWICZ; HOLYST, 2005). A pesquisa foi feita em 22 cidades polonesas de tamanhos variados e todas as RTPs apresentaram comportamento de mundo pequeno. Além disso, foi o primeiro estudo a comparar diversos sistemas de transporte público utilizando ferramentas de redes complexas em um mesmo país.

Em um estudo feito em 3 cidades chinesas sobre RTP de ônibus, foram calculadas algumas propriedades do *P-space* e foi observado que a distribuição dos graus seguia uma

distribuição exponencial (XU *et al.*, 2007). Também foi visto que o grau de certa estação e o número de linhas de ônibus que por ela passavam apresentavam correlação positiva.

As bicicletas compartilhadas vêm ganhando espaço como meio de transporte ao redor do mundo. A implementação desse sistema de transporte é uma proposta sustentável e não poluente de locomoção de pessoas. O *Bike Rio* é o sistema de bicicletas compartilhadas da cidade do Rio de Janeiro, sendo um projeto de sustentabilidade da Prefeitura do Rio de Janeiro implementado em outubro de 2011. As bicicletas compartilhadas da cidade do Rio de Janeiro estão posicionadas em pontos estratégicos e facilitam o deslocamento nos centros urbanos. Porém, o meio de transporte mais utilizado para deslocamentos diários é o ônibus.

Este artigo visa analisar o impacto do uso de bicicletas compartilhadas na topologia da rede de transportes de ônibus da zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Para tal feito, é desenvolvida uma modelagem que integra bicicleta e ônibus de acordo com a distância entre as estações de bicicletas e as paradas de ônibus. Propriedades de redes sociais são calculadas com o intuito de comparar as redes elaboradas, ou seja, antes e depois da aplicação do método estabelecido para construção da rede.

A motivação para esta análise se deve à percepção de como o uso da bicicleta compartilhada pode gerar maneiras alternativas de se locomover pela cidade do Rio de Janeiro, com foco na zona sul, gerando melhorias para a RTP de ônibus. Dessa maneira, o passageiro poderia optar pelo trajeto mais rápido desviando de áreas congestionadas ou evitar linhas lotadas em horário de pico, por exemplo.

A seguir, o conceito de *bikeshare* e suas aplicações são enfatizados. Em seguida, são explicadas algumas propriedades de análise de redes sociais utilizadas neste estudo. Na seção seguinte, a metodologia é descrita, assim como o modelo utilizado para criar a rede aumentada. Por fim, apresentam-se os resultados e as considerações finais.

2. *Bikeshare* (bicicletas compartilhadas)

De acordo com Fishman (2016), programas de *bikeshare* são formas de fornecimento de bicicletas que podem ser alugadas pelo próprio usuário em diversas estações distribuídas pela cidade.

Sendo assim, *bikesharing* é uma alternativa de transporte sustentável que pode ser definido como o uso compartilhado de uma frota de bicicletas, permitindo a integração da

bicicleta com o sistema de transporte da cidade, tornando o ciclismo mais conveniente e atrativo para os usuários (SHAHEEN *et al.*, 2010).

A primeira geração de programas de *bikeshare*, chamada de *White Bike*, foi lançada em Amsterdam em 1965, neste sistema os usuários podiam coletar e abandonar a bicicleta em qualquer local sem realizar um pagamento, por isso houve muitos casos de vandalismo e roubo. Já na segunda geração as estações eram posicionadas em locais específicos e exigiam pagamento realizado por *coin-deposit systems*, porém ainda assim ocorriam roubos, devido ao anonimato dos usuários. Para resolver este problema, na terceira geração o pagamento passou a ser feito por *smartcard* e várias outras melhorias tecnológicas foram implementadas, como bloqueio eletrônico das bicicletas nas estações e acesso pelo celular. Na futura quarta geração prospecta-se que serão aprimoradas a eficiência e usabilidade do sistema, com melhorias no rastreamento, instalação e distribuição das bicicletas (DEMAIO, 2009).

Atualmente, a maioria dos programas de *bikeshare* operam seguindo o modelo da terceira geração, utilizando como base do sistema a tecnologia da informação (TI). Essas avançadas tecnologias permitem o rastreamento de informações do sistema e dos usuários e a retirada e devolução das bicicletas nas estações. Sendo necessário cadastro no programa (fornecendo informações para identificar os usuários e realizar o pagamento do serviço) para desbloquear as bicicletas nas estações (SHAHEEN *et al.*, 2010).

Segundo DeMaio (2009), nos últimos anos, os programas de bicicletas compartilhadas têm sido cada vez mais analisados devido às iniciativas para aumentar a utilização de bicicletas, reduzir os impactos ambientais do uso excessivo de automóveis, melhorar a qualidade de vida da população e aprimorar a conexão das bicicletas com outros meios de transporte.

No Rio de Janeiro o sistema de *bikeshare* é pequeno, mas possui alta taxa de utilização, principalmente nos fins de semana e feriados, onde é usado geralmente por turistas, devido à localização de muitas estações próximas a praias e também pelo clima da cidade. Durante a semana é utilizado com maior frequência no horário de ida e volta do trabalho (O'BRIEN *et al.* 2014).

Para Hu e Liu (2014), o sistema de bicicletas compartilhadas visa aumentar a acessibilidade da população, ligando as comunidades locais às estações de metrô e pontos de ônibus da cidade, de modo a priorizar transportes coletivos que contribuem para redução do trânsito e emissão de poluentes.

Os principais benefícios oriundos da utilização de *bikeshare* são mais opções de meios de transporte, economia financeira, aumento do uso de transporte público e alternativo, benefícios para saúde dos usuários, integração com outros meios de transporte e redução da emissão de gases poluentes e congestionamentos (SHAHEEN *et al.*, 2010).

Os principais desafios dos programas de *bikeshare* são a escolha dos locais de instalação das estações de bicicletas, definição de uma estratégia de roteirização para redistribuição das bicicletas entre as estações, que inclua a localização dos depósitos onde são expedidos os caminhões para coleta e entrega de bicicletas de modo a balancear a demanda e a oferta (evitando que as estações fiquem completamente cheias ou vazias), e também a gestão eficiente do custo e sustentabilidade financeira de toda a operação (HU; LIU, 2014).

De acordo com Fishman *et al.* (2014), as principais barreiras para a utilização de *bikeshare* são os fatores relacionados à conveniência (dirigir ser mais conveniente e as longas distâncias entre as estações e casa/trabalho) e o receio de andar de bicicleta na pista junto com os demais veículos, devido à falta de segurança. Já os fatores que motivam a utilização de bicicletas compartilhadas são a maior quantidade de ciclovias (segurança) e conveniência.

Condições climáticas também influenciam na quantidade e duração das viagens realizadas de *bikeshare*. Fatores como a chuva, alta umidade, ventos de alta velocidade, má iluminação e temperaturas extremas (frio ou calor intenso) provocam a redução do número e duração das viagens de bicicleta (GEBHART; NOLAND, 2014).

Segundo Langford *et al.* (2013), a distância da viagem é um empecilho para os programas de *bikeshare*, por isso, em alguns países, estão sendo integradas ao sistema de *bikeshare* as bicicletas elétricas (*e-bikes*). Elas operam de forma semelhante às bicicletas comuns, de modo que a maior diferença é que as *e-bikes* possuem um motor elétrico que fornece energia extra para complementar a energia fornecida pelo usuário, aumentando assim, sua velocidade sem causar um desgaste maior do usuário o que permite também o aumento da distância percorrida em menor tempo. Além disso, possuem vantagens similares as das bicicletas comuns, pois ainda requerem que o usuário forneça energia pedalando, propiciando benefícios para sua saúde, além de não agredirem o meio ambiente.

3. Análise de redes sociais

Segundo Wasserman e Faust (1994), a Análise de Redes Sociais (ARS) busca compreender as ligações (arestas ou arcos) entre atores sociais (vértices) e as implicações

desses vínculos. Esses atores podem ser indivíduos, empresas, entre outros. Dessa forma, a partir da ARS é possível definir de forma precisa importantes conceitos sociais e testar teorias sobre relações sociais estruturadas.

Neste artigo serão utilizadas algumas propriedades de redes sociais para analisar as redes geradas do *P-space* e *P-space* Aumentado. Sendo elas o grau médio, distância média entre vértices, densidade e diâmetro.

De acordo com De Nooy *et al.* (2011), a densidade de uma rede é a proporção entre o número de linhas na rede pelo número máximo possível de linhas. Sendo assim, quanto maior for a rede menor será sua densidade, visto que a quantidade de linhas possíveis aumenta rapidamente com o número de vértices, enquanto que o número de linhas que cada vértice pode ter é limitado.

A distância geodésica (ou simplesmente distância) é o comprimento do menor caminho entre dois vértices, ou seja, é o número de arestas do caminho mínimo. Sendo assim, a distância entre dois vértices em uma rede equivale ao comprimento do caminho mais curto entre eles, caso não exista nenhum caminho entre um par de vértices a distância entre eles será infinita ou indefinida. Logo, a distância média de uma rede é a média das distâncias entre todos os pares de vértices da rede. A distância é uma medida muito relevante para análise de redes sociais, sendo usada para construção de subgrupos coesos e em algumas medidas de centralidade. Já o comprimento da maior distância geodésica entre qualquer par de vértices é chamado de diâmetro (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Em uma rede o grau de um vértice é o número de linhas incidentes no vértice, ou seja, representa o número de ligações presentes em cada vértice da rede. Vértices com grau elevado geram redes mais densas, devido ao fato dos vértices possuírem mais ligações entre si. Por esse motivo, o grau médio da rede pode ser utilizado para medir a coesão estrutural da rede, sendo mais apropriado para este fim do que a densidade, visto que não depende do tamanho da rede (DE NOOY *et al.*, 2011).

4. Metodologia

Os dados dos ônibus e estações de bicicletas da cidade do Rio de Janeiro utilizados neste estudo foram obtidos no Portal de Dados Abertos da Prefeitura do Rio de Janeiro (*data.rio*) e são referentes ao ano de 2014. Neste período, os dados das estações de bicicletas disponíveis eram, em sua maioria, pertencentes à zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Já os

dados de ônibus abrangiam toda a cidade. Dessa forma, para analisar a integração das bicicletas compartilhadas com os ônibus foram excluídos os pontos de ônibus que não pertenciam à zona sul da cidade. Para isso, delimitou-se a região utilizando um "retângulo" criado a partir da longitude e latitude das estações de bicicletas que se encontravam ao extremo da zona sul.

Inicialmente, foi realizado um pré-processamento dos dados de ônibus e estações de bicicletas. Este pré-processamento incluiu a exclusão de atributos irrelevantes à pesquisa em questão e pequenas alterações para realizar a leitura dos arquivos. Os atributos relevantes dos dados de ônibus eram a latitude e longitude dos pontos de parada e as linhas que passavam por cada ponto. Dessa forma, há informação suficiente para construir o *P-space*. Para os dados das bicicletas, os atributos pertinentes são apenas a latitude e longitude das estações de bicicleta.

Após a realização da limpeza dos dados, restaram 448 pontos de ônibus e 50 estações de bicicletas presentes na região da zona sul da cidade do Rio de Janeiro. Em seguida, são calculadas as arestas que pertencem ao *P-space* de acordo com os pontos de paradas de cada linha de ônibus. Os vértices da rede são os pontos de ônibus. Dessa maneira, criam-se arestas conectando todas as paradas de ônibus pertencentes a cada linha.

O próximo passo é descobrir as arestas que devem ser adicionadas ao *P-space* já calculado para a criação do *P-space* Aumentado. Para isso, deve-se calcular as distâncias entre estações de bicicleta e distâncias entre cada estação de bicicleta e cada ponto de ônibus. Foi utilizada a fórmula de *Haversine* para calcular as distâncias. Por fim, foram calculados o grau médio, densidade, diâmetro e a distância média para o *P-space* e *P-space* Aumentado.

A limpeza dos dados foi realizada no *software Excel*, a construção das redes foi feita na linguagem *Python* e o cálculo das propriedades das redes foi executado por meio do *software Pajek*.

5. Modelagem do problema

Neste artigo foi analisada a integração entre os ônibus e as bicicletas do programa *Bike Rio* em uma área que abrange grande parte da zona sul do Rio de Janeiro, de acordo com o cenário da cidade em 2014.

Na Figura 1 estão em destaque as estações do *Bike Rio* localizadas na zona sul do Rio de Janeiro no ano de 2014. Esta região foi escolhida por abranger a maioria das estações de

bicicletas da cidade, sendo demarcada de modo a cobrir a área com maior concentração de estações de bicicletas na zona sul do Rio de Janeiro. A região de interesse (zona sul da cidade) destacada na Figura 1 foi delimitada a partir das coordenadas das estações localizadas nos extremos da área destacada. Sendo assim, foram selecionadas as estações com longitude entre -43.229874 e -43.165550 e latitude entre -22.989112 e -22.929137.

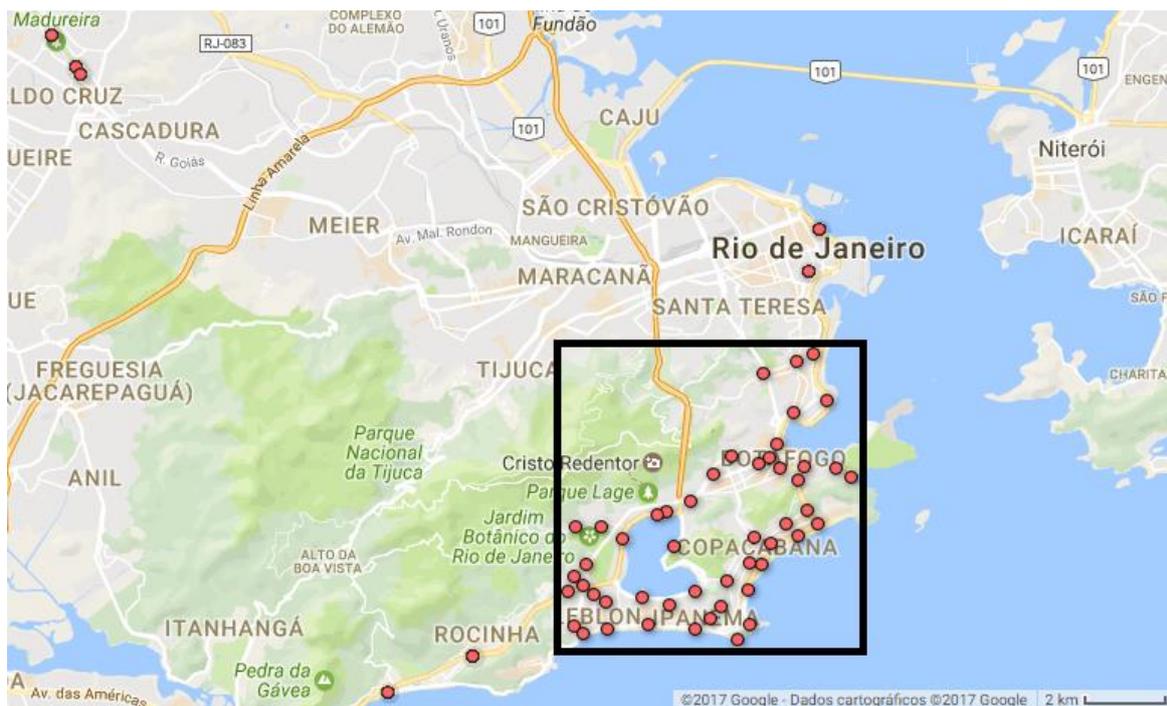


Figura 1 - Estações do *Bike Rio* no Rio de Janeiro em 2014

No total foram selecionadas 50 estações de bicicletas, dessa forma, apenas 7 estações ficaram fora desta região de interesse, sendo 2 estações localizadas no Centro da cidade, 3 em Madureira e outras 2 isoladas das demais na zona sul do Rio de Janeiro.

Na Figura 2 são apresentados os pontos de ônibus situados na mesma área da zona sul do Rio de Janeiro delimitada na Figura 1. No ano de 2014, utilizado como base neste estudo, foram identificados 448 pontos de ônibus nesta região.



Figura 2 - Pontos de ônibus na zona sul do Rio de Janeiro em 2014

Após a demarcação da região a ser estudada foi elaborado o *P-space*, que consiste em um grafo que liga os pontos de parada com pelo menos uma linha de ônibus em comum. Após a elaboração do *P-space* foram identificadas as localizações de todas as estações do *Bike Rio*. Com esses dados foi elaborado o *P-space* Aumentado, que integra as bicicletas do *Bike Rio* com os ônibus da cidade a partir da utilização dessas bicicletas alugadas como alimentadoras dos ônibus.

No esquema apresentado na Figura 3, o *P-space* são os círculos em verde e amarelo que representam os pontos de ônibus e as estações de bicicletas são os triângulos em vermelho.

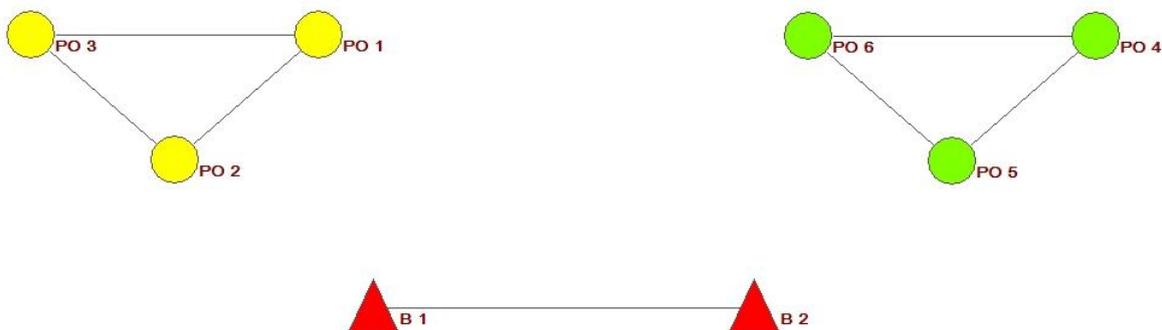


Figura 3 - *P-space* e estações de bicicletas compartilhadas

Para geração do *P-space* Aumentado foram ligados os pontos de ônibus às estações de bicicletas que se encontravam a uma distância r . E também foram conectadas entre si as estações de bicicletas localizadas a uma distância R , como pode ser observado na Figura 4.

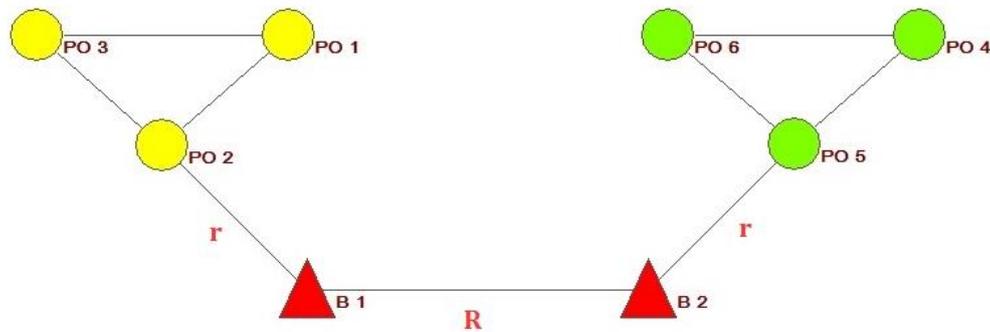


Figura 4 - Integração do *P-space* com as estações de bicicletas compartilhadas

Por fim, quando respeitados os requisitos de distância citados no parágrafo anterior, os pontos de ônibus conectados por meio das estações de bicicletas são ligados entre si, formando assim o *P-space* Aumentado, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 - *P-space* Aumentado

Dessa forma, para obter o *P-space* Aumentado foram criadas duas matrizes ($M1$ e $M2$), a matriz $M1$ apresenta as distâncias entre os pontos de ônibus e as estações de bicicletas, enquanto que a matriz $M2$ mostra as distâncias das estações de bicicletas entre si.

Após isso, foram classificadas em ordem crescente pela distância, sendo filtradas apenas as distâncias menores ou iguais a um raio previamente definido (r para as distâncias entre pontos de ônibus e estações de bicicletas e R para as distâncias entre estações de bicicletas). Neste artigo foram estabelecidos como parâmetros $r \leq 500$ m e 1 km $\leq R \leq 5$ km, tendo em vista que é possível percorrer de bicicleta de 1 km a 5 km sem muito esforço no intervalo de 1 hora (tempo máximo de duração de cada viagem) e também é aceitável uma caminhada de até 1 km ($2r$) do ponto de ônibus à estação de bicicleta origem e da estação de bicicleta destino a outro ponto de ônibus.

A partir dessa classificação são ligados na rede por meio de uma aresta os pontos de ônibus que respeitam a restrição de $r \leq 500$ m e que podem ser interligados por estações de bicicletas que respeitam a restrição de $1 \text{ km} < R \leq 5 \text{ km}$. Dessa forma é gerado o *P-space* Aumentado.

6. Análise dos resultados

O modelo desenvolvido neste estudo permitiu a geração de resultados interessantes sobre o impacto na mobilidade urbana proveniente da integração das bicicletas do programa *Bike Rio* localizadas na zona sul da cidade do Rio de Janeiro com os ônibus da cidade.

Na Figura 6 é possível observar mais precisamente a localização de cada uma das 50 estações de bicicletas distribuídas na área analisada da zona sul do Rio de Janeiro. Como se pode notar essas estações estão posicionadas próximas umas das outras, de modo a facilitar o deslocamento de seus usuários e aumentar o número de opções de destino das viagens.

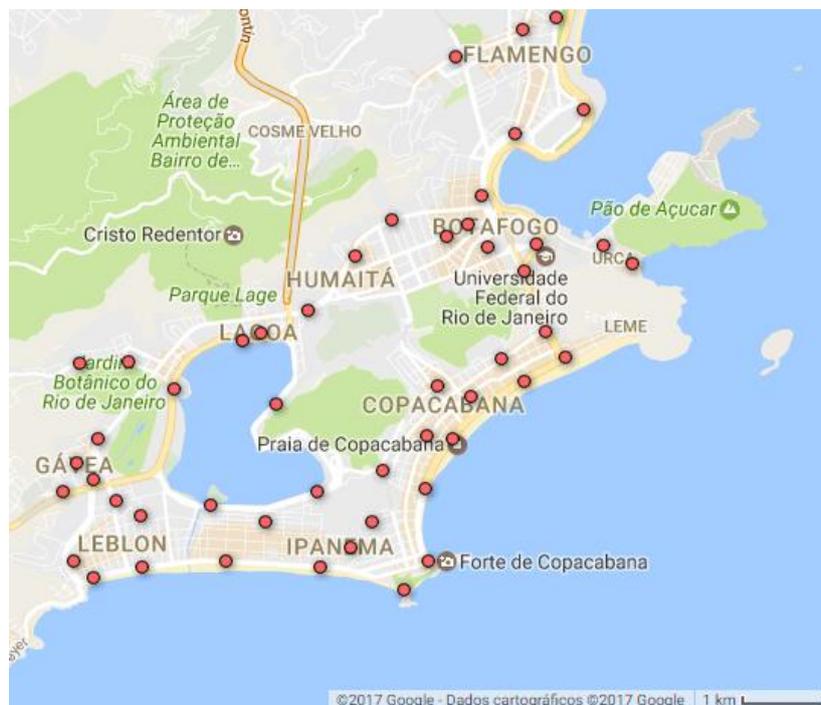


Figura 6 - Estações do *Bike Rio* na zona sul do Rio de Janeiro em 2014

As informações obtidas sobre a rede *P-space* Aumentado da zona sul do Rio de Janeiro referente aos dados do ano de 2014 encontram-se na Tabela 1. Para esta primeira análise os parâmetros foram fixados em seus valores máximos ($R = 5 \text{ km}$ e $r = 500 \text{ m}$), sendo

r equivalente à distância caminhada entre o ponto de ônibus e a estação de bicicleta, e vice-versa, e R representa a distância percorrida de bicicleta entre estações.

Tabela 1 - Propriedades das redes *P-space* e *P-space* Aumentado

Propriedades da Rede	<i>P-space</i>	<i>P-space</i> Aumentado
Número de arestas	30281	65985
Densidade	0,30	0,66
Grau Médio	135,18	294,58
Distância Média	1,86	1,42
Diâmetro	5	5

A Tabela 1 indica as propriedades das redes do *P-space* e *P-space* Aumentado, sendo estas o número de arestas, a densidade, o grau médio, a distância média e o diâmetro. A única propriedade que manteve o mesmo valor para ambas as redes foi o diâmetro que apresentou valor igual a 5. O diâmetro indica o número máximo de baldeações que é preciso realizar para ir de um ponto de ônibus a qualquer outro ponto da rede, neste caso analisado seriam necessárias 5 baldeações. A distância média diminuiu no *P-space* Aumentado. Assim, em média, com 1 baldeação pode-se chegar a todos os pontos de parada de ônibus no *P-space* Aumentado.

Ainda analisando a Tabela 1, nota-se que o grau médio aumenta consideravelmente no *P-space* Aumentado. Dessa forma, nesta rede, a partir de um determinado ponto de ônibus, existem, em média, 295 pontos de ônibus de destino, enquanto no *P-space* existiam apenas 135 possibilidades. A densidade aumenta no *P-space* Aumentado, assim como o grau médio. Desse modo, o *P-space* Aumentado apresenta uma conectividade de rede mais alta que o *P-space*. Estas características estão diretamente relacionadas ao aumento do número de arestas que faz parte da modelagem do *P-space* Aumentado.

A Figura 7 mostra, por meio de um gráfico de linhas, como o grau médio do *P-space* Aumentado cresce de acordo com a variação dos parâmetros R e r ($1 \text{ km} < R \leq 5 \text{ km}$ e $r \leq 500 \text{ m}$). Conforme a caminhada do pedestre do ponto de ônibus à estação de bicicleta (r) e o percurso de bicicleta (R) aumentam, o grau médio também aumenta. Porém, é razoável constatar que conforme os parâmetros do modelo aumentam, as estimativas do grau médio tendem a convergir.

Além disso, também é possível observar na Figura 7 que o grau médio começa a crescer de forma significativa quando a distância caminhada pelo pedestre do ponto de ônibus à estação de bicicleta (r) é maior que 200 m. Para o percurso de bicicleta pode-se notar que o crescimento do grau médio é mais acentuado quando a distância percorrida (R) é igual ou superior a 3 km.

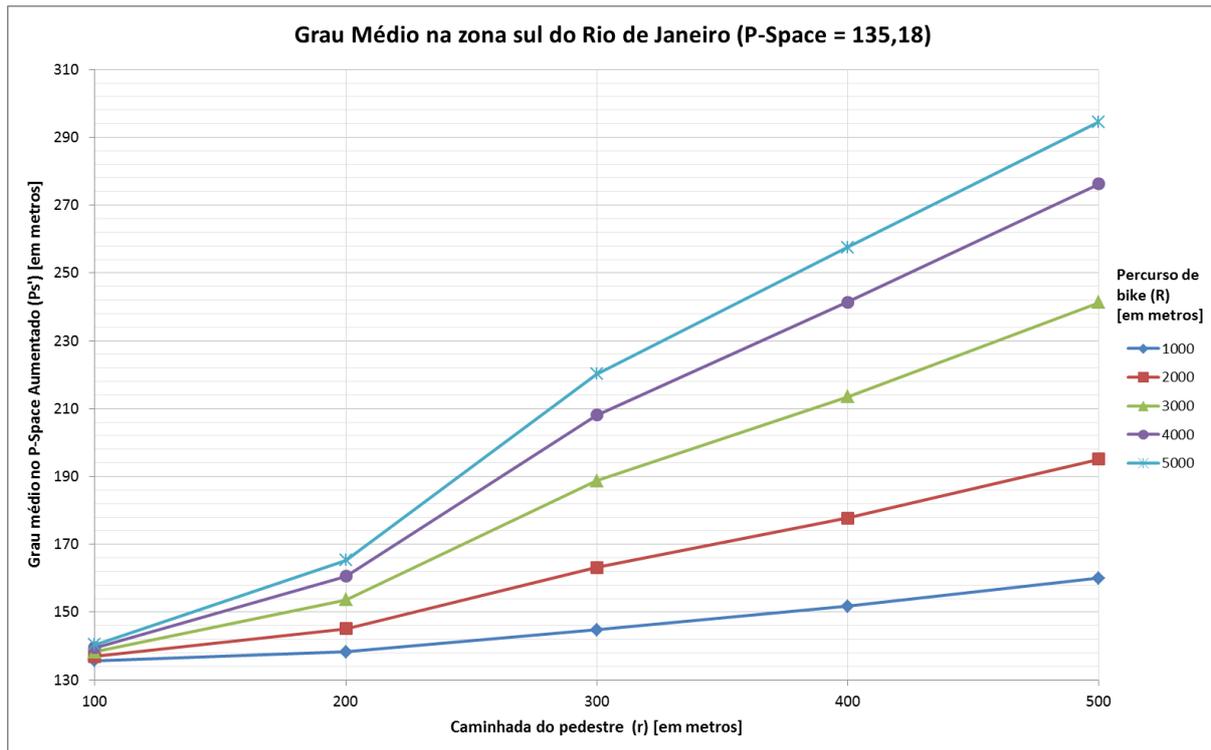


Figura 7 - Variação do grau médio do *P-space* Aumentado da zona sul do Rio de Janeiro

A Figura 8 apresenta a distribuição das distâncias do *P-space* e do *P-space* Aumentado por meio de um gráfico de barras apontando as respectivas porcentagens. No *P-space*, distâncias iguais a 2 possuem maior porcentagem (55,04%). Já no *P-space* Aumentado, distâncias iguais a 1 compreendem a maioria (63,47%). Portanto, no *P-space* Aumentado, o deslocamento sem baldeação de ônibus, ou seja, utilizando apenas uma linha para todo trajeto, é mais frequente que no *P-space*, no qual em média é necessário a realização de 1 baldeação.

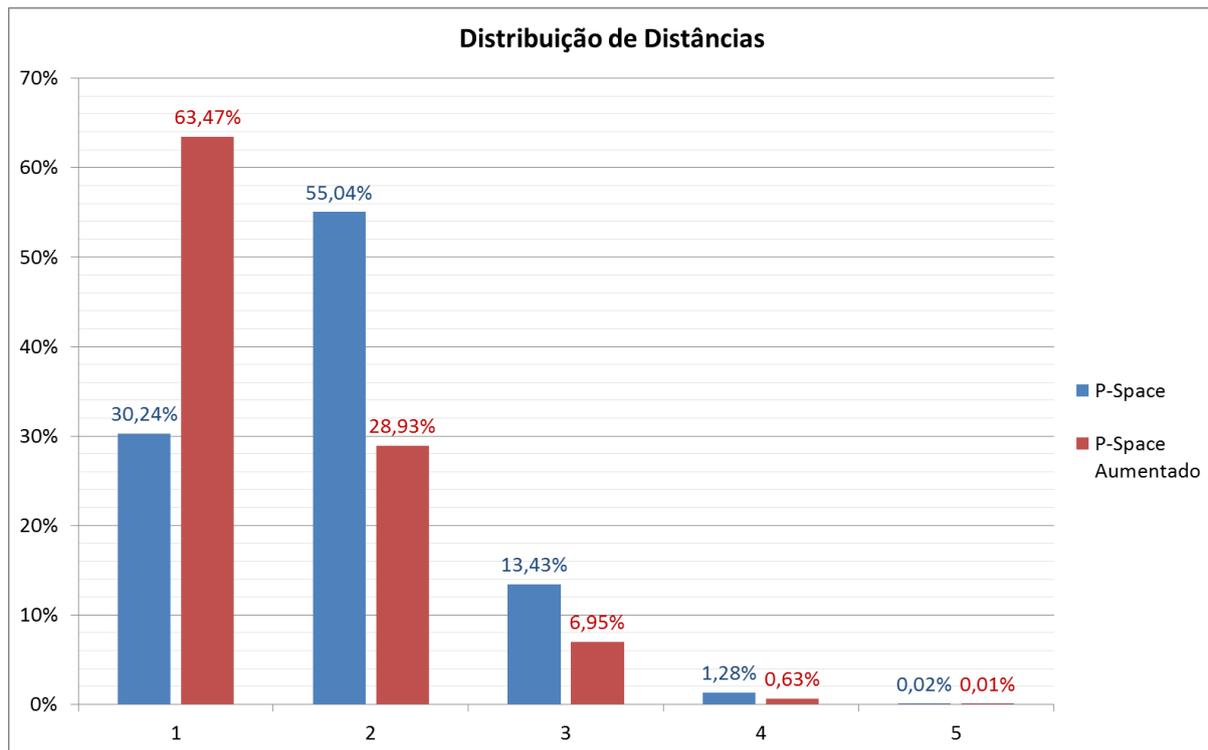


Figura 8 - Distribuição de Distâncias do *P-space* e *P-space* Aumentado

7. Considerações finais

Este artigo abordou uma topologia específica, chamada *P-space*, para a RTP de ônibus da zona sul da cidade do Rio de Janeiro. A fim de alcançar o objetivo proposto, foi criado o *P-space* Aumentado que integra as estações de bicicletas compartilhadas com os pontos de ônibus da zona sul do Rio de Janeiro.

Por meio dos resultados obtidos, as principais características observadas foram o aumento do grau médio e da densidade e a diminuição da distância média. A partir dos aspectos mencionados, pode-se concluir que na rede *P-space* Aumentado necessita-se de menos baldeações para alcançar todos os pontos de ônibus da zona sul e existem mais possibilidades de destinos desde um determinado ponto de parada.

Dessa forma, é possível concluir que a integração de bicicletas compartilhadas à rede de ônibus traz benefícios ao transporte público e, portanto, tem um impacto positivo na mobilidade urbana da cidade.

Como trabalho futuro, sugere-se a análise da cidade do Rio de Janeiro como um todo para observar se as interpretações das propriedades do *P-space* Aumentado permanecem similares às vistas neste estudo, que se restringiu apenas à zona sul da cidade.

8. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer o fomento das seguintes agências: CNPq, Capes, FAPERJ e DIPPG/CEFET-RJ.

REFERÊNCIAS

- DEMAIO, P. Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future. **Journal of Public Transportation**, v. 12, n. 4, p. 3, 2009.
- DE NOOY, W.; MRVAR, A.; BATAGELJ, V. **Exploratory social network analysis with Pajek**. Cambridge University Press, 2011.
- FISHMAN, E. Bikeshare: A review of recent literature. **Transport Reviews**, v. 36, n. 1, p. 92-113, 2016.
- FISHMAN, E.; WASHINGTON, S.; HAWORTH, N.; MAZZEI, A. Barriers to bikesharing: an analysis from Melbourne and Brisbane. **Journal of Transport Geography**, v. 41, p. 325-337, 2014.
- GEBHART, K.; NOLAND, R. B. The impact of weather conditions on bikeshare trips in Washington, DC. **Transportation**, v. 41, n. 6, p. 1205-1225, 2014.
- HU, S. R.; LIU, C. T. An optimal location model for a bicycle sharing program with truck dispatching consideration. In: **Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 IEEE 17th International Conference on**. IEEE, 2014. p. 1775-1780.
- LANGFORD, B.; CHERRY, C.; YOON, T.; WORLEY, S.; SMITH, D. North America's First E-Bikeshare: A Year of Experience. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2387, p. 120-128, 2013.
- O'BRIEN, O.; CHESHIRE, J.; BATTY, M. Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems. **Journal of Transport Geography**, v. 34, p. 262-273, 2014.
- SHAHEEN, S.; GUZMAN, S.; ZHANG, H. Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: past, present, and future. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2143, p. 159-167, 2010.

SEN, P.; DASGUPTA, S.; CHATTERJEE, A.; SREERAM, P. A.; MUKHERJEE, G.; MANNA, S. S. Small-world properties of the Indian railway network. **Physical Review E**, v. 67, n. 3, p. 036106, 2003.

SIENKIEWICZ, J.; HOŁYST, J. A. Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland. **Physical Review E**, v. 72, n. 4, p. 046127, 2005.

VON FERBER, C.; HOLOVATCH, T.; HOLOVATCH, Y.; PALCHYKOV, V. Public transport networks: empirical analysis and modeling. **The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems**, v. 68, n. 2, p. 261-275, 2009.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: Methods and applications**. Cambridge university press, 1994.

XU, X.; HU, J.; LIU, F.; LIU, L. Scaling and correlations in three bus-transport networks of China. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 374, n. 1, p. 441-448, 2007.