

METODOLOGIA BASEADA NO WALKSCORE PARA RELACIONAR CONDIÇÕES DE CAMINHABILIDADE E USO DAS MODALIDADES DE TRANSPORTE SUSTENTÁVEIS: APLICAÇÃO NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ

Juliana Pereira de Souza Silva
Licínio da Silva Portugal
Genézio dos Santos Albuquerque Neto
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes

RESUMO

São nas cidades que diversas atividades são realizadas a partir de deslocamentos feitos a pé, de bicicleta ou por modos motorizados coletivos ou individuais. Conceber um ambiente propício ao uso das modalidades sustentáveis é um desafio para qualquer cidade em especial nas de maior porte. Nesse sentido, o ambiente construído e suas diferentes dimensões – ao definirem as condições de acessibilidade – podem incentivar escolhas modais mais comprometidas com a sustentabilidade. Assim, o presente artigo tem como objetivo desenvolver uma metodologia, baseada no WalkScore®, para analisar as condições de caminhabilidade e uso do transporte não motorizado e do público a partir de uma pesquisa feita na Universidade Federal do Rio de Janeiro e de uma pesquisa origem-destino. São utilizadas técnicas de regressão como ferramenta para realizar a análise. Como resultados, a partir de correlações, têm-se que as estimativas do WalkScore® não explicaram o uso da caminhada e do transporte público, como se esperava.

ABSTRACT

They are in the cities that diverse activities are realized from displacements made on foot, by bicycle or by motorized modes collective or individual. Designing an environment conducive to the use of sustainable modalities is a challenge for any city, especially the larger ones. In this sense, the built environment and its different dimensions - when defining accessibility conditions - can encourage modal choices that are more committed to sustainability. Thus, this article aims to develop a methodology, based on the WalkScore®, to analyze the conditions of walkability and use of non-motorized transport and the public from a research done at the Federal University of Rio de Janeiro and a research origin -destiny. In the article, regression techniques are used as tools to perform the analysis. As a result, from correlations, it has been shown that the WalkScore® estimates did not explain the use of the public transport and walk, as expected.

1. INTRODUÇÃO

É nas cidades onde a população costuma realizar suas atividades referentes ao trabalho, a saúde, educação e ao lazer. A partir disso, o sistema de transportes tem um importante papel para que as pessoas consigam exercer suas atividades de maneira satisfatória e com qualidade, concedendo assim, em conjunto com o uso do solo, condições de acessibilidade que promoverão os padrões de mobilidade, dentre os quais a escolha modal tem um papel importante na busca pela sustentabilidade.

A mobilidade urbana está ligada a movimentação de pessoas e bens nas cidades e a acessibilidade é “a característica de determinada área e de seu sistema de transporte (infraestrutura) em permitir que um indivíduo alcance as atividades ou o destino desejado” (Litman, 2010). Assim, a acessibilidade é o meio para promover a mobilidade, que é motivada pela realização de atividades e se expressa por padrões de viagens (Gutiérrez, 2012). Além disso, a acessibilidade está ligada diretamente e de forma integrada à intensidade e diversidade de uso do solo, a características socioeconômicas, possibilidade de empregos, oferta e infraestrutura do transporte, entre outros fatores.

Neste sentido, a mobilidade sustentável é baseada na redução da distância e da necessidade da

sociedade em realizar viagens motorizadas. Diminuindo a dependência do uso do carro, tendo como alternativa um transporte equitativo, eficaz e orientado ao desenvolvimento sustentável com a utilização de modos não motorizados para viagens curtas e do transporte público para viagens de média e longa distâncias (Banister, 2007; Mello, 2015). Além da diminuição no congestionamento, poluição do ar e emissões de gases prejudiciais a saúde, da melhoria na saúde pública, na economia e no mercado imobiliário, contribuindo para os três pilares da sustentabilidade: economia, sociedade e meio ambiente (Trowbridge *et al.*, 2014; Durand *et al.*, 2011).

Logo, é necessário que haja uma indução a novos hábitos de viagem que prezem por modalidades mais limpas no âmbito ambiental, social e sustentável, planejando o uso do solo e reconhecendo a importância de características relacionadas ao ambiente construído, como por exemplo, a prioridade do pedestre na cidade.

Para Gehl (2010), a caminhada do pedestre envolve experiências voltadas para escala humana, mas também de sentidos humanos como visão e audição. Fatores como a infraestrutura dos locais, o conforto no qual se caminha, seja por sombras ou pela sinalização, influenciam na prática da caminhada, além da convivência e trocas em espaços públicos.

Assim, estratégias têm sido adotadas a partir de índices para medir a influência do ambiente construído na escolha modal, na caminhada, no uso da bicicleta e no transporte público. Alguns índices utilizam critérios como por exemplo, densidade e diversidade do solo, entre outras para calcular essa influência, baseados nas cinco dimensões de Cervero *et al.* (2009) (Densidade, Diversidade, Desenho Urbano, Disponibilidade de Transporte Público e Destinos Acessíveis).

Além disso, há alguns anos os estudos sobre padrões de viagens realizados pelas comunidades universitárias vêm crescendo na literatura (Sanchez e Ferreira, 2013; Goldner *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2017; Vale *et al.* 2018), assim como acontece com o número de universidades que também vem aumentando no Brasil nos últimos anos. Esses locais, caracterizados por serem Polos Geradores de Viagens tendem a atrair e gerar diariamente um grande número de viagens, predominantemente nos períodos de pico. Assim, como acontece nos estudos voltados para os índices de caminhabilidade, os estudos sobre esses padrões de viagem têm como objetivo não somente conhecer melhor os locais no quais a população está inserida. Mas também melhorar esses locais com a utilização e criação de novas políticas de desenvolvimento sustentável com maior uso de modalidades mais sustentáveis.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo desenvolver uma metodologia que visa relacionar as condições de caminhabilidade em um local e o uso das modalidades sustentáveis (transporte não motorizado e transporte público), considerando como recorte espacial o campus da UFRJ e os bairros do município do Rio de Janeiro. Esta metodologia baseia-se no WalkScore® para estimar as condições de caminhabilidade de cada unidade espacial e considera duas fontes de dados: a) Matriz de Origem-Destino de 2003 (que se mostrou mais consistente que a pesquisa Origem-Destino de 2012 para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro - RMRJ) e b) a pesquisa de Carvalho (2016) que foi realizada no campus da UFRJ.

Com isso, esta pesquisa contribui para uma melhor compreensão entre o uso do solo e do uso de modalidades mais sustentáveis como a caminhada, o ciclismo e o transporte público no contexto brasileiro, especificamente para a cidade do Rio de Janeiro. Assim, com base nos

resultados obtidos, os planejadores urbanos e de transporte da cidade podem adotar melhores políticas de desenvolvimento urbano e sustentável. Pode também contribuir para observar exploratoriamente – a partir da relação entre as estimativas do WalkScore® e os dados da Matriz de Origem-Destino de 2003 – a compatibilidade deles com as especificidades locais.

2. ÍNDICES DE CAMINHABILIDADE E APLICAÇÕES

Os índices de caminhabilidade normalmente medem a qualidade do ambiente construído em atrair e gerar viagens não motorizadas, seja por caminhada e bicicleta, e costumam ser expressos por indicadores e fatores que influenciam na escolha destas modalidades. Mas essa qualidade do ambiente construído pode também impactar o uso do transporte público, tendo em vista que se há facilidade em caminhar até uma estação de transporte de alta capacidade ou ponto de ônibus, as pessoas tendem a utilizar mais os modos sustentáveis.

Há diversos fatores que interferem nas condições de caminhabilidade. Fatores que levam em consideração a infraestrutura, como as condições da calçada, a sinalização viária, aspectos sobre segurança do espaço (ITDP, 2018), as características do uso do solo e do ambiente construído (Gehl, 2010; Maghelal e Capp, 2011; Grieco, 2015) ou ainda questões socioeconômicas e culturais (Hall *et al.*, 2017).

Normalmente esses fatores são classificados pelas cinco dimensões do ambiente construído citadas na seção 1, e são considerados na concepção de índices de caminhabilidade, aplicados em diversos locais do mundo. Alguns dos quais são a seguir comentados de forma sucinta.

Maghelal e Capp (2011) fizeram uma pesquisa de revisão bibliográfica com 25 estudos sobre índices de caminhabilidade que levaram em conta variáveis ambientais associadas somente à caminhada. Esse estudo tem como objetivo revisar os trabalhos que utilizam variáveis relacionadas ao ambiente construído e a caminhada, classificando essas variáveis com base em seu método de mensuração. Como resultado, os autores destacam que foram utilizadas 85 variáveis em 25 índices, sendo que as mais utilizadas foram: uso do solo, calçada e interseção. Esse estudo sustenta que a análise feita pelos autores não discute a validação dos índices, e sim, identifica as variáveis utilizadas na sua formulação. Destacam também que essa revisão pode ser importante para a concepção de novos índices a partir das variáveis analisadas.

O ITDP Brasil em parceria com o Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRPH) criaram um índice de caminhabilidade em 2016, que foi aperfeiçoado em 2018, o ICam 2.0. Esse índice teve como base referências de métodos e índices sobre a caminhabilidade, como por exemplo, o DOTS (Desenvolvimento Urbano Orientado ao Transporte) (ITDP, 2018). O cálculo desse índice leva em consideração 15 indicadores distribuídos por 6 categorias: Calçadas, Mobilidade, Atração, Segurança pública, Segurança Viária e Ambiente. Além disso, o índice tem como unidade básica para coleta de dados o segmento calçada, para que o cálculo melhor reflita a experiência do pedestre. Esse cálculo pode se estender para ruas ou bairros, usando as proporções desses segmentos em toda a extensão selecionada.

O índice WalkScore® é fornecido pela empresa de mesmo nome que oferece uma variedade de dados sobre acessibilidade e planejamento em conjunto com o transporte, a saúde e imóveis com o objetivo de mostrar – em diversas cidades do mundo – as localidades mais acessíveis. Esse índice combina elementos que levam em consideração a distância e a acessibilidade topológica a diversas atividades, como comércio, transporte público, restaurantes, parques e

escolas; o comprimento dos quarteirões; e a densidade de interseções ao redor do endereço escolhido, por meio de uma metodologia de fácil aplicação e validada por especialistas. A metodologia utiliza dados de sites abertos, como *google*, *open street maps* e sites oficiais de cada cidade, contando com uma pontuação baseada no tempo/distância de caminhada às atividades existentes na vizinhança. Para atividades dentro de uma caminhada de até 5 minutos a pontuação é máxima, diminuindo conforme essa distância aumenta. A partir dos 30 minutos de caminhada, as atividades não são mais consideradas e, conseqüentemente, não pontuadas (<https://www.walkscore.com/methodology.shtml>; Hall e Ram, 2018). A pontuação resultante, que se encontra na escala de 0 a 100, é mostrada no site, recebendo uma classificação, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação/ Pontuação WalkScore

Intervalo de Pontuação	Classificação
0-24	DEPENDENTE DO CARRO – uso do automóvel em todas as viagens
25-49	DEPENDENTE DO CARRO – uso do automóvel em quase todas as viagens
50-69	RAZOAVELMENTE CAMINHÁVEL – acessível para alguns tipos de pedestres, em algumas horas
70-89	MUITO CAMINHÁVEL – bastante acessível, todos podem caminhar.
90-100	PARAÍSO DO PEDESTRE – acessível para todos os pedestres em qualquer hora

Fonte: <https://www.walkscore.com/methodology.shtml>; Grieco (2015)

Hall e Ram (2018) realizaram uma revisão sistemática a partir de 42 artigos que utilizam o WalkScore® para analisar a propensão de caminhada. O artigo constata que as pesquisas apresentam uma definição de caminhabilidade que não está ligada diretamente ao WalkScore®, utilizando em sua maioria outras variáveis e conceituações e não somente a do índice já citado. Os estudos baseiam-se, principalmente, no índice WalkScore® em conjunto com variáveis do ambiente construído, com os comportamentos de viagens, com diferentes destinos (lazer, trabalho), diferentes idades, dados socioeconômicos, além das percepções pessoais dos entrevistados e do propósito da caminhada: saúde ou transporte.

Os autores também destacam que, além do uso da caminhada para o trabalho ou lazer, a caminhada também impacta o uso de outros modos de transporte, como Vale e Pereira (2016) observam, as ligações entre a caminhada e o transporte público são importantes na avaliação do uso da caminhada. Mas, ao mesmo tempo que a avaliação do uso entre a caminhada e os diferentes modos é importante, mais da metade dos artigos analisados ignoram essa análise em suas pesquisas.

A pesquisa destaca em sua conclusão que o índice pode ser melhor aproveitado se for usado para substituir a variável densidade do ambiente construído nos estudos, mas não leva em consideração outros aspectos como de infraestrutura, por exemplo. Além disso, os autores mostram que haverá relações entre o transporte e o índice com relação as pontuações atribuídas em função da distância, mas há também outros fatores que influenciam a caminhada, como por exemplo, o gênero, as outras variáveis do ambiente construído, o fator saúde, entre outros.

Grieco (2015) propôs um índice que mostra o potencial de uma área, composta por 24 condomínios localizados em Niterói, em gerar viagens não motorizadas e por transporte público. Além disso, a autora comparou o índice proposto com o WalkScore® para analisar a correspondência entre as estimativas dos dois índices. O índice criado por Grieco leva em consideração as cinco dimensões apresentadas por Cervero (2009) com variáveis como densidade, diversidade, tempo de viagem a pé até o centro do bairro, distância ao transporte e tamanho do quarteirão.

A comparação entre tais estimativas mostrou que o WalkScore® pode superestimar algumas áreas, principalmente onde as variáveis do ambiente construído são desfavoráveis à mobilidade sustentável. Em uma das áreas analisadas onde há pouco potencial em gerar viagens sustentáveis, o WalkScore® chegou a aumentar 25% a pontuação em comparação com o índice criado. O que deve ser considerado quando da aplicação deste índice nas cidades brasileiras, como é o caso investigado neste artigo.

3. METODOLOGIA

Uma metodologia foi criada e utilizada a partir de dados disponíveis que se basearam em uma pesquisa de campo realizada no Campus da UFRJ da Ilha do Fundão, em dados da matriz Origem-Destino para a RMRJ e no índice escolhido (WalkScore®).

O índice WalkScore® tem sido utilizado por diversos autores na literatura (Ducan *et al.*, 2011; Ducan *et al.*, 2013; Carr *et al.* 2010; Carr *et al.* 2011; Chiu *et al.*, 2015; Cole *et al.*, 2015; Tuckel e Milczarski, 2015; Grieco, 2015; Koohsari *et al.*, 2018) que afirmam que o WalkScore® é uma ferramenta válida para estimar a capacidade de caminhabilidade. Por outro lado, observa-se uma propensão de usá-la no Brasil pela facilidade de aplicação, apesar de ainda ser pouco testada em nosso País (Grieco, 2015), justificando a escolha do WalkScore® neste artigo para melhor entender a sua aderência às nossas peculiaridades.

Nesse sentido, essa metodologia tem como propósito analisar a relação entre as estimativas do índice de caminhabilidade e o uso de modalidades mais sustentáveis nos locais de origem das viagens ao Campus da UFRJ, pressupondo-se uma correlação positiva entre elas, ou seja: espera-se que locais melhores avaliados pelo WalkScore® devem apresentar um maior uso das modalidades sustentáveis. Cabe ressaltar que os índices e as escolhas modais são sensíveis às características físicas e socioeconômicas dos usuários. Este fato realça a complexidade destas relações, tipicamente não lineares e com múltiplas variáveis e interações, envolvendo modelagens mais sofisticadas. Além de dados confiáveis e atualizados, nem sempre disponíveis em nossas cidades. Neste artigo, fruto da sua natureza exploratória, optou-se pelo uso de uma abordagem mais simples e baseada nas técnicas de regressão linear simples, reconhecendo-se suas limitações e a necessidade de avanços na próxima etapa.

A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, a metodologia proposta que inclui desde o processo de obtenção dos dados até os resultados e as análises.

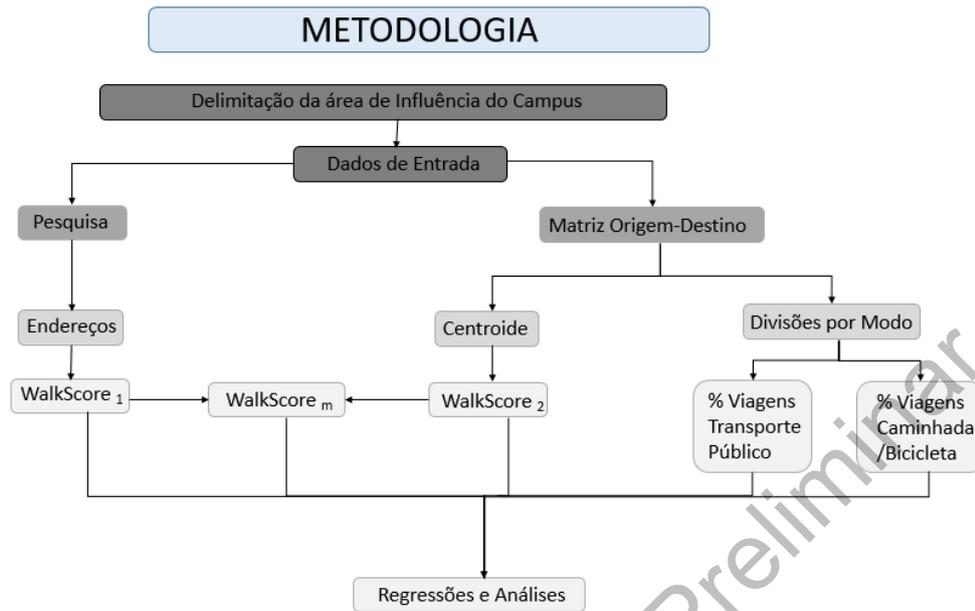


Figura 1 : Metodologia: estrutura esquemática

Nesse estudo, o 1º Passo é a delimitação da área de influência do Campus (que tipicamente, em função de seu porte, abrange a cidade ou a região metropolitana em que se localiza), a sua divisão em unidades espaciais (como, por exemplo: zonas de tráfego, bairros, regiões administrativas, áreas de planejamento e mesmo municípios em se tratando de regiões metropolitanas) e a identificação do centroide para cada uma delas. A partir deste recorte espacial – que depende da disponibilidade de recursos – procede-se à aquisição dos dados de entrada, que envolve:

- Uma pesquisa com a comunidade universitária (alunos, professores e técnicos administrativos) sobre os padrões de viagem (em especial a origem e a escolha modal) referentes a seus deslocamentos ao Campus estudado.
- Matriz Origem-Destino das viagens no âmbito da cidade ou metrópole.

O 2º Passo consiste em tratar os dados coletados, seguindo esquema mostrado na Figura 1:

- Pelo lado esquerdo, aquisição e mapeamento dos endereços relatados na pesquisa realizada no Campus; e
- Pelo lado direito, identificação dos centroides para as unidades espaciais que agregam as origens das viagens destinadas ao Campus. Os centroides, como sugere a literatura técnica, simboliza o “centro de gravidade” de cada localidade, podendo ser, por exemplo, o principal centro comercial ou mesmo uma estação de trem, metrô, BRT, pontos de ônibus em avenidas importantes, assumindo sua capacidade de gerar viagens.

Como a análise se baseia em modalidades mais sustentáveis e limpas, nessa metodologia, as divisões de modo são baseadas no transporte público e ativo, como caminhada e bicicleta.

Por último, o 3º Passo são os cálculos do índice de caminhabilidade realizados pelo site <https://www.walkscore.com/>. Esse cálculo leva em conta duas direções:

- WalkScore₁: Para cada endereço da pesquisa realizada no Campus realiza-se o cálculo do WalkScore. De posse desses dados, calcula-se uma média que leva em consideração o agrupamento dos endereços contidos na unidade; e

b) WalkScore₂: Para o centroide de cada unidade espacial.

Com os WalkScore₁ e WalkScore₂ obtém-se uma média denominada WalkScore_m. A escolha de mais um índice se justifica no sentido de aumentar o número de endereços em cada localidade buscando-se proporcionar resultados mais representativos quanto às condições de caminhabilidade na unidade espacial em análise, levando em consideração o centroide (que costuma ter um ambiente mais favorável às viagens a pé) e os demais endereços das pessoas pesquisadas no Campus.

A partir desses dados as relações e os resultados podem ser realizados com regressões lineares que levam em conta as estimativas dos índices WalkScore₁, WalkScore₂, WalkScore_m (variáveis independentes) e as porcentagens do uso da caminhada/ciclismo e do transporte público pela matriz Origem-Destino (variáveis dependentes). Tais regressões são estabelecidas pelo Microsoft Excel e analisadas pelas estatísticas R-múltiplo, representando o grau de associação entre as variáveis independente e dependente, e R², que mostra o efeito da variável explicativa X na variável independente Y (SELL, 2005).

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E RESULTADOS

Nesta seção serão apresentadas a metodologia aplicada a cidade do Rio de Janeiro e os resultados das regressões.

4.1 Estudo de caso

A área de influência definida nesse estudo de caso é a cidade do Rio de Janeiro e sua divisão espacial que abrangerá os 162 bairros da cidade, onde cada um deles será representado pelas origens das viagens para o Fundão a serem analisadas.

Com relação aos dados de entrada da metodologia proposta na Seção 3 (1º Passo), foram utilizadas duas fontes de informação: a pesquisa realizada por Carvalho (2016) na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 2015, e as matrizes de origem-destino do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU-RMRJ) de 2003 (PDTU, 2003).

A pesquisa realizada por Carvalho (2016) considerou alunos, professores e funcionários da UFRJ e obteve informações sobre as condições socioeconômicas, a localização da residência e os padrões de viagens dos participantes para o campus localizado na Ilha do Fundão, conhecido como Cidade Universitária.

Para que a pesquisa tivesse representatividade estatística, considerou-se que 10% da população universitária fosse analisada. Assim, no mínimo 3998 pessoas deveriam responder o questionário, respeitando a proporção de alunos, funcionários e professores e também de pessoas por centro de estudos. No total, 4702 pessoas responderam o questionário, mas desse total, foram aproveitados 4085 que foram respondidos na sua totalidade, conforme mencionado por Carvalho (2016).

A matriz Origem-Destino escolhida foi baseada na pesquisa realizada em 2003 pelo PDTU-RMRJ. Nesse artigo, após uma análise de consistência e de representatividade espacial, a matriz origem-destino de 2012 foi desconsiderada. Em 2003, ao todo, 99.300 pessoas foram entrevistadas, considerando 485 zonas de tráfego em toda região metropolitana, das quais 385

no Município do Rio de Janeiro.

Para realização do 2º Passo, foram identificadas as origens das viagens e os respectivos centroides em cada um dos 160 bairros da Cidade do Rio de Janeiro. Como mencionado anteriormente, foram considerados como centroides as estações de trem, metrô ou BRT e pontos de ônibus em cada uma dessas origens.

Ainda, a pesquisa origem-destino de 2003 foi examinada e as viagens por transporte público, caminhada e bicicleta e motorizado individual foram separadas.

Com base nos dados obtidos, foram calculados o WalkScore para cada uma das bases de dados consideradas, representando assim o 3º Passo. Para cada endereço identificado por Carvalho (2016), foi calculado o seu WalkScore. Em seguida, com todos os WalkScores calculados, os endereços foram agrupados conforme os seus respectivos bairros para cálculo do WalkScore médio representativo de cada bairro, resultando no WalkScore₁ (Figura 2). Em seguida, com os dados do PDTU-RMRJ, foram calculados o WalkScore para cada centroide de cada bairro, gerando o WalkScore₂ (Figura 3). Ao final, o WalkScore_m (Figura 4) foi calculado considerando a média entre WalkScore₁ e WalkScore₂.

Como mostra a Figura 2, quando o WalkScore é calculado a partir dos endereços apresentados na pesquisa (WalkScore₁) há mais bairros -quase 11%- dependentes do carro (pontuação entre 0 e 49). E esse fenômeno pode ser explicado porque as pessoas que responderam a pesquisa tendem a morar em locais com características mais residenciais em alguns bairros do Rio de Janeiro. Enquanto que no WalkScore₂ o número de bairros com essa característica chega a 12 (7% dos bairros), resultando no melhor resultado para o cálculo do WalkScore. Esse cálculo feito pelo centroide leva em consideração estações de alta e média capacidade, essas localidades tendem a ter uma maior acessibilidade e menor distância aos comércios, ao transporte e às atividades resultando assim, em notas maiores no site do WalkScore®. No WalkScore_m são 15 bairros no total (9%) dependentes do carro.

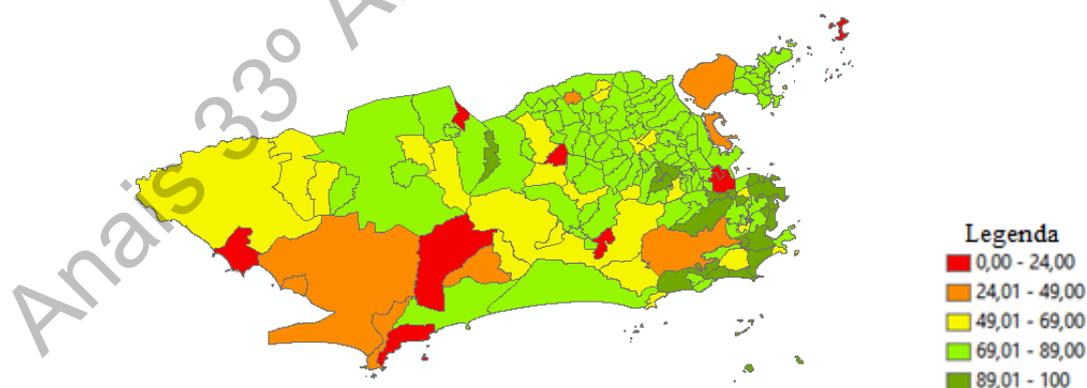


Figura 2: WalkScore₁

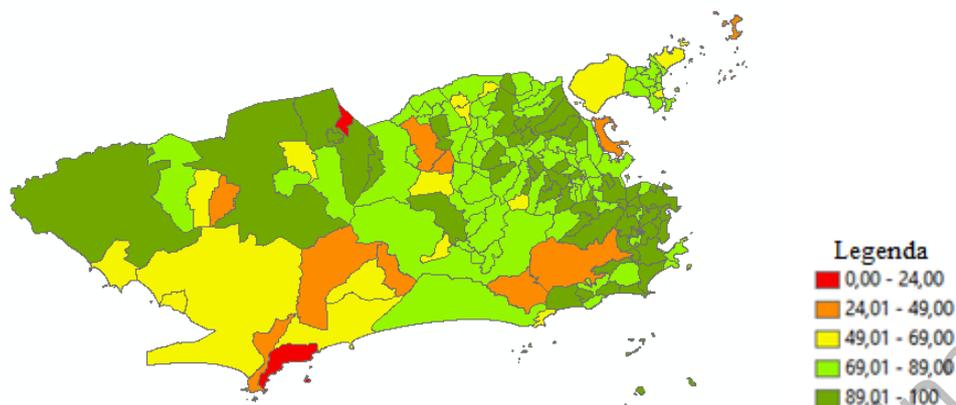


Figura 3: WalkScore₂

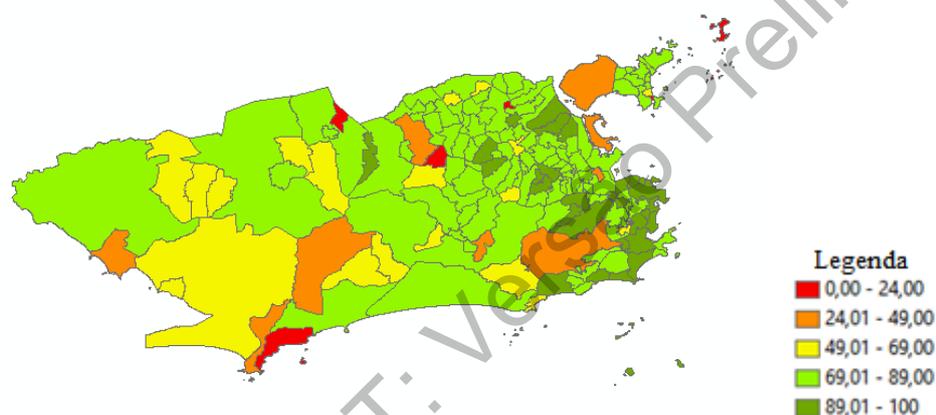


Figura 4: WalkScore_m

Por fim, com os dados obtidos nestes três passos, procedeu-se a realização das correlações, e conforme proposto pela metodologia.

4.2 Resultados e Análises

Com a utilização da ferramenta de regressão presente no *software* Microsoft Excel, pode-se perceber se há influência do WalkScore no uso da caminhada e do transporte público nos bairros analisados com base nos dados da matriz origem-destino de 2003.

Levando em consideração o nível de confiança igual a 95% e nível de significância (α) igual a 0,05, obtém-se os resultados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados das regressões

WALKSCORE	Uso da caminhada/bicicleta OD 2003	Uso do transporte público OD 2003
WalkScore ₁	R-múltiplo = -0,28 R ² = 0,08 P=0,000741	R-múltiplo = 0,33 R ² = 0,11 P=0,000058
WalkScore ₂	R-múltiplo = -0,22 R ² = 0,05 P=0,00838	R-múltiplo = 0,29 R ² = 0,08 P=0,000595

WalkScore _m	R-múltiplo = -0,26 R ² = 0,07 P=0,001975	R-múltiplo = 0,32 R ² = 0,10 P=0,000105
------------------------	---	--

Considerando os resultados da Tabela 2, pelas três regressões, percebe-se que as estatísticas da primeira, envolvendo o WalkScore₁ e o uso da caminhada/ciclismo pela matriz Origem-Destino, não são favoráveis. O R-múltiplo de (-0,28) mostra uma correlação fraca entre as variáveis (28%) e ainda com sinal negativo, diferente do esperado. Ou seja, enquanto a variável independente (WalkScore) aumenta o uso da caminhada/ciclismo diminui (dependente) com 8% das variações da caminhada/ciclismo explicadas pelo WalkScore (R²). Devore (2006) mostra que o coeficiente R-múltiplo tem correlação fraca quando está entre 0,20 e 0,39 e muito fraca quando é inferior a 0,20.

Nas outras duas regressões o R-múltiplo também resultou em uma equação negativa com valores de -0,22 e -0,26, respectivamente, confirmando a fraca correlação entre as duas variáveis investigadas, além de variações baixas, como 5% e 7%, respectivamente.

Junto a isso, para o uso do transporte público, os resultados também mostram, segundo Devore (2006), uma correlação fraca entre o WalkScore® e o transporte público, ligeiramente superior as com o uso da caminhada/ciclismo. Além do sinal de dado positivo. O WalkScore₁ foi o que comparativamente apresentou o melhor desempenho, com o R-múltiplo de 33% e o R² de 11%, o que significa que somente 11% das variações no transporte público é explicada pelas variações do WalkScore®.

5. CONCLUSÕES

A literatura mostra que o uso das modalidades sustentáveis como caminhada, bicicleta e transporte público dependem do lugar no qual as pessoas vão realizar suas atividades e da qualidade do local na origem da viagem.

Como já mencionado, as viagens sustentáveis tendem a serem mais utilizadas em locais com grande concentração e variedades de atividades. Essa variedade pode ser explicada através de altas densidades (de empregos, de residências, de comércios) ou pela infraestrutura local e até pela segurança.

Com o objetivo de relacionar as condições de caminhabilidade em um local e o uso de modalidades limpas como caminhada, bicicleta e transporte público, essa metodologia foi desenvolvida com base em dados que envolvem matrizes origem -destino da cidade escolhida e dados sobre padrões de viagens de uma comunidade universitária. Nesse sentido o pressuposto inicial era uma correlação positiva entre o índice de caminhabilidade e o uso dessas mobilidades, destacando que essa análise é sensível às características físicas, socioeconômicas e aos dados tomados como base.

A partir da análise realizada, percebe-se que os três índices desenvolvidos e utilizados não explicam o uso das modalidades não motorizadas. Para o transporte público, a correlação (R-múltiplo) entre os três índices e o transporte público é considerada fraca.

Os valores dessas correlações podem ser explicados inicialmente pela complexidade e multiplicidade de fatores e variáveis que interferem nestas relações. Um dos quais são as

características socioeconômicas das pessoas que vivem em cada localidade, que influenciam na escolha modal. É uma característica do Rio de Janeiro, como de outras cidades brasileiras, é a desigualdade, que se reproduz espacialmente. Ou seja, normalmente as localidades com maior nível de renda também dispõem de mais infraestrutura e serviços, inclusive um ambiente construído mais favorável à caminhada e ao uso do transporte público. Por outro lado, a taxa de motorização nestes locais costuma ser relativamente mais alta, o que aumenta a propensão de uso do automóvel e pode atenuar o efeito das condições de caminhabilidade. Neste contexto, recomenda-se em estudos futuros as técnicas de regressão múltipla permitindo a inclusão de outras variáveis nesta modelagem.

Em termos específicos e associados a esta aplicação, três motivos podem ser considerados para justificar tais resultados.

O primeiro leva em conta a utilização do índice WalkScore® pelo site <https://www.walkscore.com/>: cuja concepção se deu a partir de cidades que não têm as mesmas especificidades que o Rio de Janeiro. Como visto na pesquisa de Grieco (2015), as estimativas do WalkScore® pode gerar valores superestimados, especialmente para as localidades com condições de caminhabilidade não favoráveis.

Além deste índice não contemplar a qualidade da infraestrutura para os pedestres e ciclistas, predominantemente precária nesta cidade, em especial nos bairros mais periféricos. Recomenda-se, portanto, implementar os devidos ajustes ou, desejavelmente, aplicar outros índices de caminhabilidade mais aderentes a nossa realidade.

O segundo considera as naturais limitações do centroide para que as condições de caminhabilidade estimadas pelo WalkScore® sejam representativas de todo o bairro, principalmente naqueles de maior extensão e heterogêneos quanto ao seu ambiente construído. Apesar da inclusão de alguns novos endereços nos bairros não ter resultado numa alteração significativa dos resultados. Mas é um caminho a ser contemplado em futuros trabalhos sobre este tema.

O terceiro motivo é voltado para os dados utilizados da matriz de Origem-Destino de 2003, que pelo tempo (cerca de 16 anos atrás) e pelas mudanças ocorridas na cidade, já não refletem os atuais padrões de viagens. O que se torna mais crítico já que os dados da Matriz de origem-destino de 2012 se mostraram ainda menos consistentes que os de 2003. Este fato revela a necessidade da comunidade técnica e a própria sociedade valorizarem estas pesquisas e cobrarem resultados confiáveis e atualizados sistematicamente por parte do governo, assumindo o papel fundamental destas informações na promoção da mobilidade sustentável.

Por fim, pretende-se, complementarmente, desenvolver uma análise que investigue a relação entre as estimativas de um índice que reflita a disponibilidade de transporte público e o uso do desta modalidade em cada bairro. E mais, estudar a relação entre a atratividade do transporte público de cada bairro especificamente para o Campus da UFRJ e a escolha desta modalidade, o que permitirá a estabelecer a influência do ambiente construído no destino comparativamente a do ambiente construído na origem da viagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banister, D. (2007) *The Sustainable mobility paradigm*. Transport Police v.15, n.2 p.73-80.

- Carvalho, G. S. D. de (2016) Caracterização e Análise da Demanda por Transporte em um Campus Universitário: O Caso da UFRJ– Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.
- Carr, L.J., Dunsiger, S.I., Marcus, B.H., 2010. Walk score™ as a global estimate of neighborhood walkability. *Am. J. Prev. Med.* 39, 460–463.
- Carr, L.J., Dunsiger, S.I., Marcus, B.H., 2011. Validation of Walk Score for estimating access to walkable amenities. *Br. J. Sports Med.* 45, 1144–1148.
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F. e Neiman, A. (2009) *Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá*. *International Journal of Sustainable Transportation*, v.3, n.4 p.203 – 226
- Chiu, M., Shah, B.R., Maclagan, L.C., Rezai, M.-R., Austin, P.C., Tu, J.V., 2015. Walk Score® and the prevalence of utilitarian walking and obesity among Ontario adults: a cross-sectional study. *Health Rep.* 26, 3.
- Cole, R., Dunn, P., Hunter, I., Owen, N., Sugiyama, T., 2015. Walk Score and Australian adults' home-based walking for transport. *Health Place* 35, 60–65.
- Devore, J. L. (2006) *Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências*. São Paulo, SP: Thomson Pioneira.
- Durand, C.P., Andalib, M., Dunton, G.F., Wolch, J., Pentz, M.A., 2011. *A systematic review of built environment factors related to physical activity and obesity risk: implications for smart growth urban planning*. *Obes. Rev.* 12 (5), e173–e182.
- Duncan, D.T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S.J., Gortmaker, S.L., 2011. Validation of Walk Score® for estimating neighborhood walkability: an analysis of four US metropolitan areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8, 4160–4179.
- Duncan, D.T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S.J., 2013. Validation of Walk Scores and Transit Scores for estimating neighborhood walkability and transit availability: a small-area analysis. *GeoJournal* 78, 407–416.
- Gehl J., (2010) *Cities for People*. Washington. Island Press.
- Grieco, E. P. (2015) Índice do Ambiente Construído Orientado à Mobilidade Sustentável. Dissertação de Mestrado. PEU/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Gutiérrez, A. (2012) *¿Qué es la movilidad? Elementos para (re)construir las definiciones básicas del campo del transporte*. *Bitácora* 21. 74. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. 61–74.
- Hall, C. M.; Ram, Y. (2018) *Walk score® and its potential contribution to the study of active transport and walkability: A critical and systematic review*. *Transportation Research Part D*, v 61. p.310-324
- ITDP (2016) *Índice de caminhabilidade*. Disponível em <<http://2rps5v3y8o843iokettbxny.wengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/09/2016-09-ITDP-caminhabilidade-ferramenta.pdf>>
- ITDP (2018) *Índice de caminhabilidade*. Disponível em <http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/01/ITDP_TA_CAMINHABILIDADE_V2_ABRIL_2018.pdf>
- LITMAN, T. A. (2010) *Short and Sweet: Analysis of Shorter Trips Using National Personal Travel Survey*, Victoria Transport Police Institute.
- Maghelal, P.K.; Capp, C.J. (2011) Walkability: A review of existing pedestrian indices. *URISA J.* 2011, v.23, pp 5–19
- Mello, A. J. R. (2015) A Acessibilidade ao Emprego e sua Relação com o a Mobilidade e o Desenvolvimento Sustentáveis: o Caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. PET/COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro.
- PDTU, 2003. Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU-RMRJ). Disponível em:<<http://www.central.rj.gov.br/pdtu/pesquisa-origem-destino.html> >
- Sell, I. (2005) Utilização da regressão linear como ferramenta de decisão na gestão de custos IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC.
- Trowbridge, M.J., Pickell, S.G., Pyke, C.R., Jutte, D.P., 2014. *Building healthy communities: Establishing health and wellness metrics for use within the real estate industry*. *Health Aff.* 33 (11), 1923–1929.
- Tuckel, P., Milczarski, W., 2015. Walk Score™, perceived neighborhood walkability, and walking in the US. *Am. J. Health Behav.* 39, 242–256.
- Vale, D. S., Pereira, M. 2016. *Influence on pedestrian commuting behavior of the built environment surrounding destinations: A structural equations modeling approach*. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(8), 730–741.
- WalkScore. Disponível em <https://www.walkscore.com/methodology.shtml>

Juliana Pereira de Souza Silva (juliana.pereira@pet.coppe.ufrj.br)
Licínio da Silva Portugal (licinio@pet.coppe.ufrj.br)
Genézio dos Santos Albuquerque (genezio@ufrj.br)