

ANÁLISE DA RESILIÊNCIA FRENTE A AUSÊNCIA DE INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA: O CASO DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Tálita Floriano dos Santos¹
Marcelino Aurélio Vieira da Silva¹
Vicente Aprigliano Fernandes²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Engenharia de Transportes –PET/COPPE/UFRJ

²Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Instituto de Geografía

RESUMO

Resiliência é a capacidade de um sistema se adaptar, persistir e transformar mediante ameaças. Assim, este artigo objetiva identificar o nível de resiliência frente a ausência de integração tarifária utilizando lógica *fuzzy* sob a ótica de acesso aos empregos das 33 regiões administrativas do município do Rio de Janeiro. Foram utilizadas variáveis como população, emprego, oportunidades intervenientes, tempo, diferença tarifária e renda. A partir do nível de resiliência, as ligações foram classificadas em persistentes, adaptáveis ou transformáveis. Os resultados permitem concluir que as cinco áreas mais resilientes como origem são aquelas que possuem maiores renda e transporte de alta capacidade, mas como destino apenas três possuem transporte de alta capacidade, sem relação com a renda. A contribuição deste trabalho pode ser verificada pela proposta de analisar o nível resiliência a partir da inclusão de uma ameaça de ordem econômica. Para trabalhos futuros recomenda-se a aplicação em nível bairro e a inclusão de novas variáveis sociais e urbanas.

ABSTRACT

Resilience is the ability of a system to adapt, persist and transform through threats. Thus, this article aims to identify the level of resilience in the absence of fare connectivity using fuzzy logic from the perspective of access to jobs in the 33 administrative regions of the city of Rio de Janeiro. Variables such as population, employment, intervening opportunities, time, fare difference and income level were used. From the resilience level, the links were classified as persistent, adaptable or transformable. The results show that the most resilient areas of origin are those with higher incomes and high capacity transport, but as a destination only three have high capacity transportation, unrelated to income level. The contribution of this work can be verified by the proposal of analyzing the resilience level from the inclusion of a threat of economic order. For future studies it is recommended to apply to the neighborhood level and the inclusion of new social and urban variables.

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um tema que vem apresentando crescente preocupação, devido a sua importância para o funcionamento adequado das cidades, sendo necessária ao planejamento urbano para promover estratégias que permitam a harmonização de todos os elementos presentes no ambiente urbano. No entanto, um dos entraves para que isso ocorra é que o planejamento convencional não trata de ameaças globais, como mudanças climáticas, aumento no preço do petróleo, crises financeiras e o desafio do uso do solo, em que estes fatores afetam o abastecimento local de alimentos e água, transportes e emprego (Sellberg *et al.*, 2015).

O conceito de resiliência permite identificar a capacidade de uma cidade em responder a tais ameaças, podendo ser definida como a capacidade de um sistema de persistir, adaptar e se transformar, se recuperar e absorver impactos (Gaitanidou *et al.*, 2017; Marchese *et al.*, 2018), frente a ameaças internas ou externas. Este conceito é adequado para avaliação de sistemas complexos, em que existem interações dinâmicas entre diferentes escalas e fatores – que é o caso do espaço urbano (Fernandes *et al.*, 2017).

Embora o conceito de resiliência seja associado geralmente a aspectos ligados aos riscos climáticos ou ambientais, a sociedade tem se tornado, gradativamente, mais vulnerável às

mudanças de ordem econômica (Ajibade, 2017), mencionadas por diversos autores na literatura (Boschetti *et al.*, 2017; Sellberg *et al.*, 2015; Sharifi e Yamagata, 2016), em que o sistema estar preparado para se adaptar a mudanças inéditas e inesperadas (Ahern, 2011).

Sob essa perspectiva, esse conceito permite identificar a capacidade de uma cidade em se adequar a mudanças de ordem econômica, como uma ausência de integração tarifária e de que forma isso afeta a acessibilidade da população a empregos. Assim como acontece com muitos termos sob a rubrica de resiliência, a linha divisória entre ser ou não resiliente pode ser confusa e sujeita a interpretação (Walker *et al.*, 2004).

Diante disso, este artigo tem por objetivo identificar o nível de resiliência frente a ameaça de integração tarifária com utilização da lógica nebulosa na cidade do Rio de Janeiro sob a ótica de acesso aos empregos das 33 regiões administrativas da cidade. Para isso, o artigo está estruturado em (i) introdução, (ii) resiliência, (iii) integração tarifária, (iv) lógica nebulosa, (v) procedimentos metodológicos, (vi) resultados e discussões e, por fim, (vii) as considerações finais.

2 RESILIÊNCIA

Discussões sobre mudanças, perturbações, incertezas e adaptação remetem a ideia de resiliência (Ahern, 2011). Este tema despertado o interesse nos círculos acadêmicos e políticos para o desenvolvimento local e comunitário (Wang *et al.*, 2017), que pode ser vista sob duas perspectivas: estática ou dinâmica (Abdrabo e Hassaan, 2015). A estática é associada a engenharia que envolve fatores como: previsibilidade, eficiência, consistência e um equilíbrio único, enquanto a perspectiva dinâmica apresenta atributos relacionados a persistência, mudança, imprevisibilidade e equilíbrio múltiplo (Reggiani *et al.*, 2015), em que os distúrbios ao sistema têm o potencial de criar oportunidades para desenvolver novas soluções incorporando a ideia de adaptação, aprendizagem e auto-organização (Folke, 2006). Essa abordagem dinâmica compreende ao sistema socioecológico em que visa desenvolver um quadro integrado para reunir as pesquisas que muitas vezes aparecem fragmentadas (Sharifi e Yamagata, 2016) no contexto da resiliência urbana.

Portanto, a resiliência da mobilidade urbana está associada a vertente socioecológica, devido a sua complexidade e interdependência, apresentando parâmetros de persistência, adaptabilidade e transformabilidade, sendo este conceito introduzido por Holling (1973) em que afirma que a resiliência determina a persistência de relacionamentos dentro de um sistema e é uma medida da capacidade desses sistemas de absorver mudanças de variáveis e ainda assim, persistir.

Em outras palavras, é a capacidade de um sistema para absorver perturbações e reorganizar-se enquanto sofre mudanças, de modo a reter essencialmente a mesma função, estrutura, identidade e retroalimentação (Walker *et al.*, 2004).

A adaptabilidade faz parte da resiliência e representa a capacidade de ajustar as respostas à mudança de fatores externos e processos internos e, assim, permitir o desenvolvimento ao longo da trajetória atual, em que é necessário mudar o estado atual do sistema de modo a ajustar-se para que o processo continue ocorrendo (Folke *et al.*, 2010; Walker *et al.*, 2004).

A transformabilidade é a capacidade de criar um novo cenário de estabilidade, ou seja, criar inícios inéditos para desenvolver uma nova maneira de viver quando as estruturas ecológicas,

econômicas ou sociais existentes se tornam insustentáveis (Folke *et al.*, 2010; Walker *et al.*, 2004). Complementando, a transformabilidade está voltada ao potencial de criar novas condições de adaptabilidade e persistência, frente a futuras ameaças (Fernandes *et al.*, 2017).

Em vista dos conceitos apresentados sobre resiliência, persistência, adaptação e transformação, dentro do escopo deste trabalho, a persistência relaciona-se com o potencial de um indivíduo ou grupo manter seus padrões de mobilidade, sem comprometer a qualidade de vida, mesmo após as restrições. A adaptabilidade corresponde a necessidade de mudança de rotina para que a viagem continue acontecendo, como mudança no trajeto, mudança na linha de ônibus ou aumento no tempo de viagem. Por fim, a transformação remete a alterações social e econômico devido ausência de integração tarifária que impactam na rotina para realização de viagens.

Assim, a resiliência urbana refere-se à capacidade de um sistema urbano e de todos os seus componentes, em escalas temporais e espaciais, em manter ou retornar rapidamente às funções desejadas diante de uma ameaça, para se adaptar às mudanças ou promover transformações rápidas que limitam a capacidade de adaptação atual ou futura (Abdrabo e Hassaan, 2015; Meerow *et al.*, 2016), ou ainda, manter o nível dos serviços oferecidos, através de condições adequadas de persistência (ou adaptabilidade ou transformabilidade), que permite que seu sistema e seu modo de organização esteja preparado para a nova situação (Spaans e Waterhout, 2017).

Dessa forma, a resiliência da mobilidade urbana é a capacidade do sistema de se preparar, responder e se recuperar após um evento extremo (Brasil, 2015; Gaitanidou *et al.*, 2017), tendo em vista que a cidade pode estar mais ou menos vulnerável as ameaças existentes e por isso a importância da identificação do conhecimento e ameaças que podem afetar a mobilidade.

3 INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA

O rápido processo de urbanização vivenciado pelo Brasil nos últimos 60 anos contribuiu para a consolidação de grandes desigualdades socioeconômicas na ocupação do espaço urbano em que, via de regra, classes sociais mais baixas ocupam as áreas periféricas mais segregadas, nas quais o transporte público assume papel central (IPEA, 2011).

Como nos últimos anos houve uma mudança para uma abordagem mais transdisciplinar do conceito de resiliência que integra os aspectos físicos e sociopolíticos, o que mostrou ser útil no avanço de novas abordagens (Rogers *et al.*, 2012), o conceito de resiliência pode estar associado também a ameaças de ordem econômica, que apresentam relação com o desemprego, desigualdade social e acessibilidade.

A desigualdade social apresenta relação com a falta de acessibilidade a algumas camadas da população, sobretudo as mais pobres, que vivem nas periferias e comunidades que nem sempre tem acesso a um sistema de transporte adequado, necessitando realizar mais de um transbordo para desfrutar as oportunidades que o espaço urbano oferece, como empregos.

Por ser uma economia emergente, o Brasil pode estar mais suscetível a esses desafios que interferem no padrão de mobilidade, sendo importante considerar questões como integração tarifária – que permite ao usuário realizar transbordos nos transportes públicos pagando tarifas diferenciadas. Tais condições são cruciais para promoção da acessibilidade, diante da forma que se construiu o espaço urbano no território brasileiro.

Assim, um dos objetivos das políticas de transporte equitativas consiste em melhorar o acesso das pessoas a destinos-chave como emprego, saúde e oportunidades educacionais e que essas políticas possam priorizar a melhoria da acessibilidade para grupos desfavorecidos, como pessoas idosas, deficientes e de baixa renda, que geralmente são mais dependentes do transporte público (Pereira *et al.*, 2017). Portanto, é necessário discutir o uso do transporte público e a integração tarifária, no contexto da resiliência da mobilidade urbana frente a ameaça de ordem econômica.

Inicialmente, no Brasil, a integração tarifária era realizada com a necessidade de terminais de integração. Com o avanço da tecnologia, houve uma proliferação dos sistemas de bilhetagem automática, que possibilitou aos gestores de transporte adotarem políticas de diversificação tarifária, assim como criar integração tarifária (temporal) sem comprometer a eficiência da gestão e o controle da receita (IPEA, 2016).

Embora existam avanços quanto a forma que acontece a integração tarifária, uma parte da população permanece mais vulnerável a mudanças quanto aos subsídios, integração e todas as políticas que envolvem o uso do transporte público.

4 LÓGICA NEBULOSA

Lógica nebulosa é uma ferramenta útil para resolver problemas complexos dado sua habilidade de inferir conclusões e produzir respostas baseado na ambiguidade e/ou informação qualitativa incompleta ou imprecisa (Cosenza *et al.*, 2016).

O método de inferência nebulosa utilizado neste trabalho foi o Mamdani. Nele um sistema nebuloso faz corresponder a cada entrada fuzzy uma saída fuzzy, em que espera-se que a cada entrada *crisp* corresponda a uma saída *crisp* (Mamdani, 1977; Niño, 2015).

Foi utilizada a função “fuzzy” do MATLAB 2017® considerando Mamdani, com as seguintes implicações: método E (mínimo), método OU (máximo), Implicação (mínimo), Agregação (máximo) e desfuzificação (centróide). Com o intuito de descrever tais regras, foi utilizado o trabalho do (Yager, 2000).

Um modelo típico utiliza regras baseadas no “IF-THEN” (por exemplo, SE U está próximo de 50, ENTÃO V é grande). Mais formalmente, o processo que se utiliza para determinar a saída de um dado de entrada é denominado inferência. A partir da inferência, tem-se a saída denominada de grau de pertinência com valores entre 0 a 1, determinado pela Equação 1:

$$E_i(y) = T(\tau_i B_i(y)) \quad (1)$$

em que: E_i é um subconjunto nebuloso
 T é a função de pertinência
 τ_i é o grau da função
 B_i é o subconjunto nebuloso de conceitos linguísticos definidos no espaço y .

Para o método em que se considera as regras “E” em um conjunto de variáveis (por exemplo, SE emprego destino é alto E população origem é alta, ENTÃO o potencial de uso é Alto), tem-se as Equações 2 e 3:

$$T(\tau_i B_i(y)) = \tau_i \wedge B_i(y) \quad (\wedge = \text{mín}) \quad (2)$$

$$T(\tau_i B_i(y)) = \tau_i B_i(y) \quad (\text{produto}) \quad (3)$$

Além disso, o operador $S(E_1(y), E_2(y), \dots, E_n(y))$, para o método que considera a junção de regras com “OU”, tem-se as Equações 4 e 5.

$$S(E_1(y), E_2(y), \dots, E_n(y)) = \text{Max}_i(E_i(y)) \quad (4)$$

$$S(E_1(y), E_2(y), \dots, E_n(y)) = 1 - \prod(1 - E_i(y)) \quad (5)$$

Por fim, para obter uma saída *crisp* é necessário desfuzificar, y^* , neste trabalho utilizada pelo método centroide, em que é fornecida pela Equação 6.

$$y^* = \frac{\sum_y E(y)y}{\sum_y E(y)} \quad (6)$$

Neste trabalho foram utilizadas três classes de subconjuntos nebulosos: trapezoidal, triangular e gaussiana. A função trapezoidal é dada pela equação 7, a triangular é dada pela equação 8 e a função gaussiana é dada pela equação 9.

$$f(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (7)$$

$$f(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (8)$$

$$f(x; \sigma, c) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (9)$$

Em que a , b , c , d e σ são parâmetros utilizados em cada uma das funções.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção do trabalho visa detalhar como foi feito a aplicação da lógica nebulosa para mensurar o nível de resiliência das 33 regiões administrativas do município do Rio de Janeiro.

5.1 Variáveis de entrada

Para este trabalho, utilizaram-se as seguintes variáveis: população origem, emprego origem, emprego destino, quantidade de empregos em 60 minutos, quantidade de empregos utilizando 1 tarifa, oportunidades intervenientes, tempo, diferença tarifária, indicador de desenvolvimento social (IDS) e renda. Estas variáveis se referem a cada região administrativa da cidade do Rio de Janeiro.

As variáveis referentes a dados censitários (população, emprego, IDS e renda) foram extraídas do Armazém dos Dados, referentes ao ano de 2010, que se baseiam em informações do Censo feito pelo IBGE bem como dados do Relatório Anual de Informações Sociais para o mesmo ano.

As variáveis tempo e valor da tarifa foram obtidas a partir do Google (*Maps* e *API*), considerando o menor tempo por Transporte Público. Essas variáveis foram analisadas sob a ótica de empregos e integração tarifária (retiradas do *site* Riocard, Metrô e Barcas que atuam na cidade do Rio de Janeiro). A variável “diferença tarifária” foi obtida pela diferença da tarifa integral – que o usuário pagaria se não houvesse integração– e a tarifa considerando a integração tarifária.

5.2 Regras Nebulosas

Cada nó corresponde a uma base de regras fuzzy, denominado de Bloco de Inferência (BI), no qual são computadas as variáveis linguísticas, por agregação e composição, de modo a produzir um resultado inferido, também na forma de variável linguística (Cury, 2007).

Cada bloco de inferência possui um conjunto de regras considerando valores linguísticos. Os blocos de inferência 1, 6, 8 e 9 contém 30 regras cada, os demais são formados por 25 regras cada. Assim, foram criadas 245 regras para avaliar o nível de resiliência frente a ameaça de ausência de integração tarifária. Cada saída (*output*) é considerada com valores entre 0 e 1.

Quando não existe diferença tarifária, ou seja, em um par origem-destino que é necessário apenas uma tarifa, foi considerado que vulnerabilidade zero, já que não existe ameaça de integração tarifária. Isso posteriormente implica em resiliência com valor 1 (valor máximo).

O potencial de uso considera a população da origem com o emprego no destino. Por exemplo, se a população da origem é alta e o emprego no destino é alto, então o potencial de uso é alto. O bloco de inferência 2, entre outras regras, considera que se as oportunidades intervenientes são altas até chegar ao destino e o tempo for alto, então a impedância é alta. O nível de fluxo consiste na relação entre o potencial de uso e a impedância, umas das regras consiste em analisar se o potencial de uso é alto e a impedância é baixa, então o nível de fluxo é alto.

A acessibilidade é analisada pela quantidade de empregos que se consegue alcançar em 60 minutos por transporte público e a quantidade de empregos disponíveis utilizando apenas uma tarifa. Por exemplo, se uma ligação consegue acessar muitos empregos em 60 minutos por transporte público e há muitos empregos disponíveis utilizando apenas uma tarifa, então a acessibilidade é alta.

A integração tarifária e a renda origem são as variáveis utilizadas para o Efeito da Integração Tarifária. Se a diferença tarifária é baixa e a renda é alta, então o efeito da integração tarifária é baixa. As variáveis 'Emprego Origem' e 'Indicador de Desenvolvimento Social' resultam no fator sócio econômico, em que uma das regras é que se o emprego na origem é alto e o indicador de desenvolvimento social é alto, então o fator sócio econômico é alto.

A vulnerabilidade utiliza o efeito da integração tarifária e o fator sócio econômico. Se o efeito da integração é baixo e o fator sócio econômico é alto, então a vulnerabilidade daquela ligação O-D é baixa, podendo ser nula em caso que não exista efeito da integração tarifária (quando o par de O-D não necessita de integração tarifária).

O nível de resiliência é uma variável com saída entre 0 e 1 utilizando função gaussiana definida em cinco parâmetros (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa) e uma função triangular para os pares de O-D em que a resiliência é máxima (1) quando a vulnerabilidade é zero. Cada par de O-D teve seu nível de resiliência quantificado por meio das funções citadas em transformação, adaptação ou persistência. Para valores abaixo de 0,3 foi classificado como nível de transformação, para valores entre 0,3 e 0,625 foi classificado como adaptação e para valores acima de 0,625 foi classificado como persistência.

Para o nível de resiliência foram utilizados dois blocos de inferência. O primeiro analisa o nível de fluxo com a vulnerabilidade e o segundo a acessibilidade com a vulnerabilidade. Assim, o nível de resiliência é considerado pelo menor valor entre os dois blocos de inferência, com objetivo de evitar uma possível compensação entre as variáveis. Na Figura 1 é apresentada a arquitetura do problema considerando todas as entradas, com nove blocos de inferência e saídas.

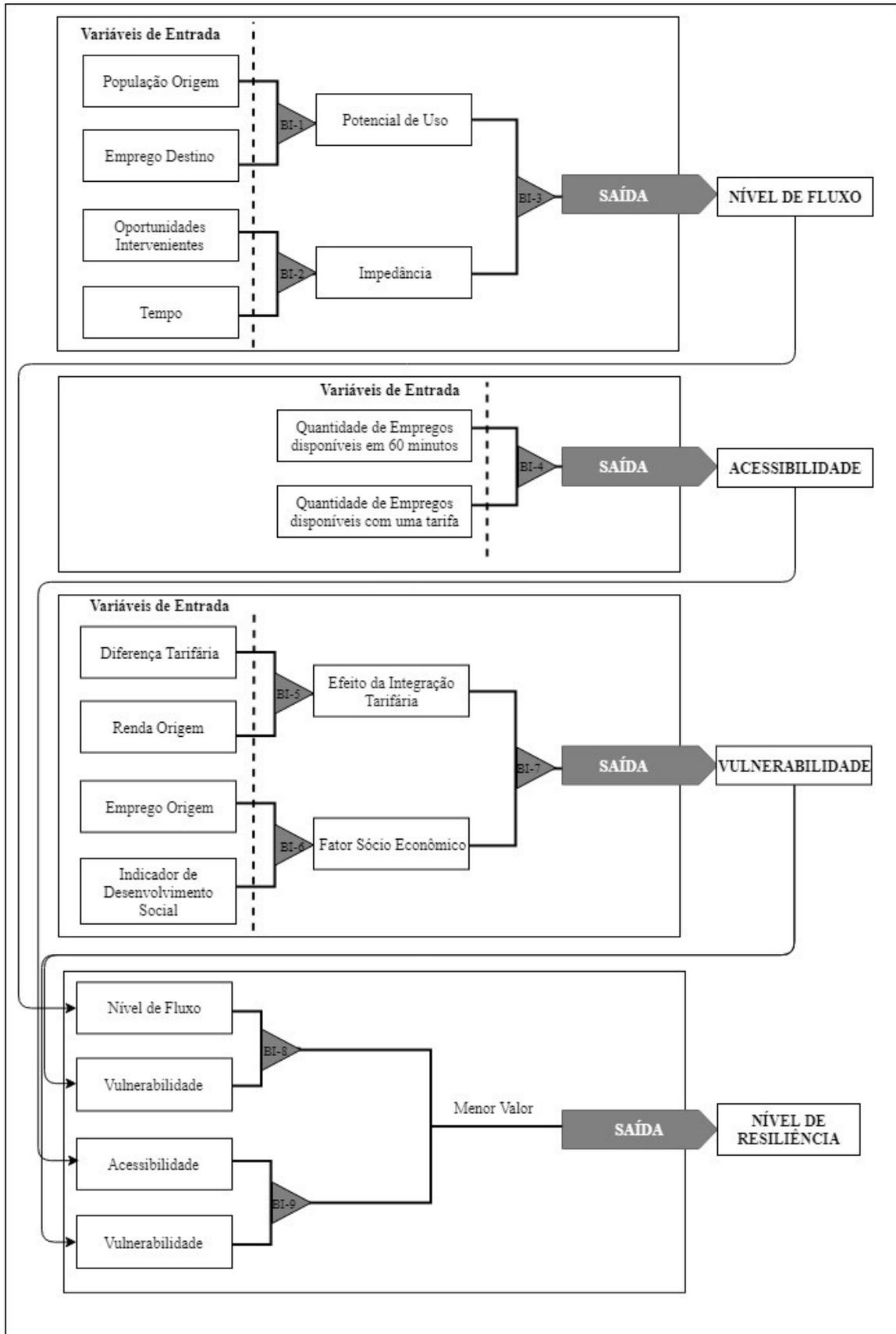


Figura 1: Arquitetura do problema

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tarifas são diferentes quando alteramos a ordem da origem e destino. Por exemplo, da zona Portuária até Rio Comprido o usuário pagaria R\$ 7,20 (caso não haja integração tarifária), mas de Rio Comprido para Portuária o usuário para R\$3,60. Por isso, foi considerado o nível de resiliência para todas as ligações origem-destino das regiões administrativas, totalizando 1089 ligações.

Com isso, é possível identificar o nível de resiliência de cada par O-D. Para cada região administrativa, considerando como origem, foi somado os pares de O-D são menores que 0,3 (transformação), estão entre 0,3 e 0,625 (adaptação) e são maiores que 0,625 (persistência). Dessa forma, as regiões mais resilientes são aquelas que contém mais ligações persistentes e adaptáveis. Na Figura 2 é apresentada em ordem decrescente as regiões que possuem o maior número de ligações persistentes e adaptáveis.

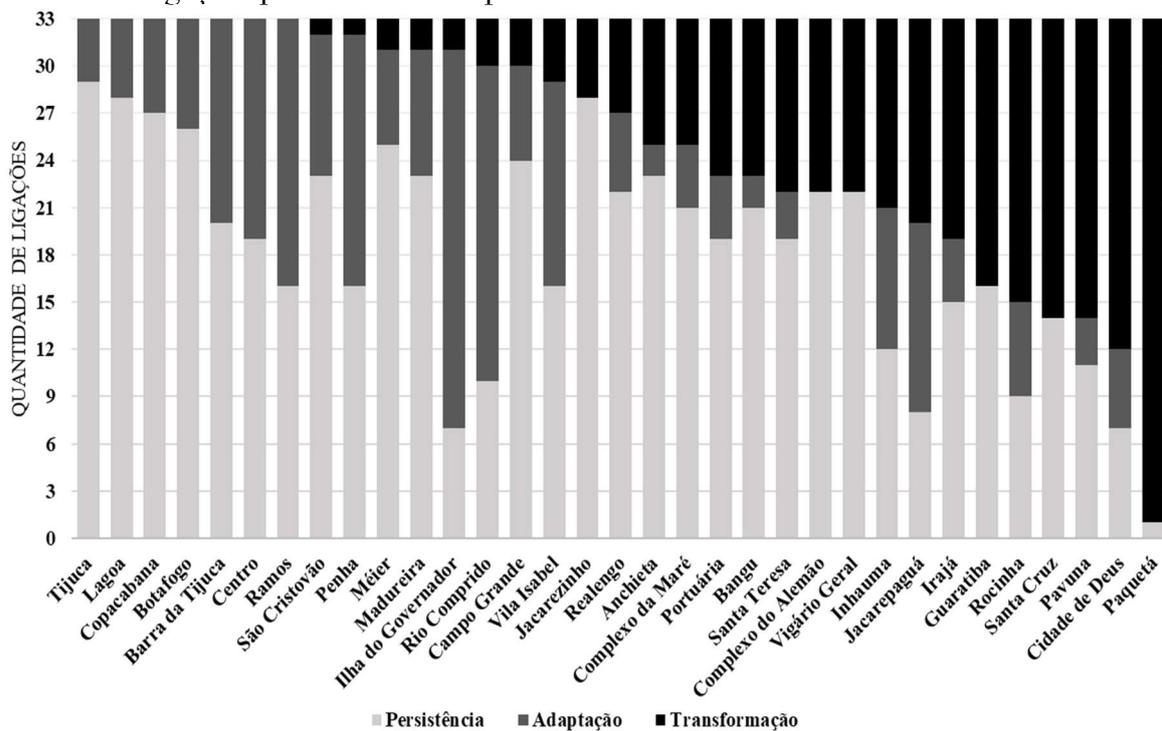


Figura 2: Nível de Resiliência (Origem)

Pela Figura 2, nota-se que as 5 primeiras regiões são: Tijuca, Lagoa, Copacabana, Botafogo e Barra da Tijuca. Todas essas regiões possuem transporte de alta capacidade disponível, seja metrô (Lagoa, Copacabana, Botafogo, Barra da Tijuca) e ainda a Tijuca que possui trem e metrô, sendo considerada a região mais resiliente de toda análise como origem.

Considerando a renda média mensal, as 5 regiões administrativas com maiores níveis de renda da cidade do Rio de Janeiro em ordem decrescente são: Lagoa, Botafogo, Barra da Tijuca, Copacabana e Tijuca. Pela análise da Figura 2, percebemos que as regiões mais resilientes como origem são aquelas que possuem maiores rendas concomitantemente com a presença de transporte de alta capacidade.

Se considerarmos na análise apenas as regiões administrativas com maiores níveis de persistência em relação a origem, em ordem decrescente são: Tijuca (29), Lagoa (28),

Jacarezinho (28), Copacabana (27), Botafogo (26) e Méier (25). Dessa forma, Méier e Jacarezinho são considerados, e embora não possuam as maiores rendas das regiões administrativas, possuem o modo ferroviário disponível.

As cinco regiões com maiores níveis de transformação, ou seja, caso a ameaça ocorresse necessitariam criar alternativas para realizar viagens casa-trabalho e seriam afetadas no aspecto sócio econômico são: Paqueta (31), Cidade de Deus (20), Santa Cruz (19), Pavuna (18) e Rocinha (18). A região de Santa Cruz possui modo ferroviário disponível e Pavuna possui trem e metrô. As regiões administrativas com os piores níveis de renda são: Cidade de Deus, Santa Cruz, Rocinha, Complexo da Maré, Complexo do Alemão e Jacarezinho.

Para cada região administrativa, considerada como destino, foi somado quantos pares de O-D são menores que 0,3 (transformação), estão entre 0,3 e 0,625 (adaptação) e são maiores que 0,625 (persistência). Na Figura 3 é apresentada as regiões com maiores níveis de persistência e adaptação em relação ao destino, em ordem decrescente. Dessa forma, as regiões mais resilientes são aquelas que contêm mais ligações persistentes e adaptáveis.

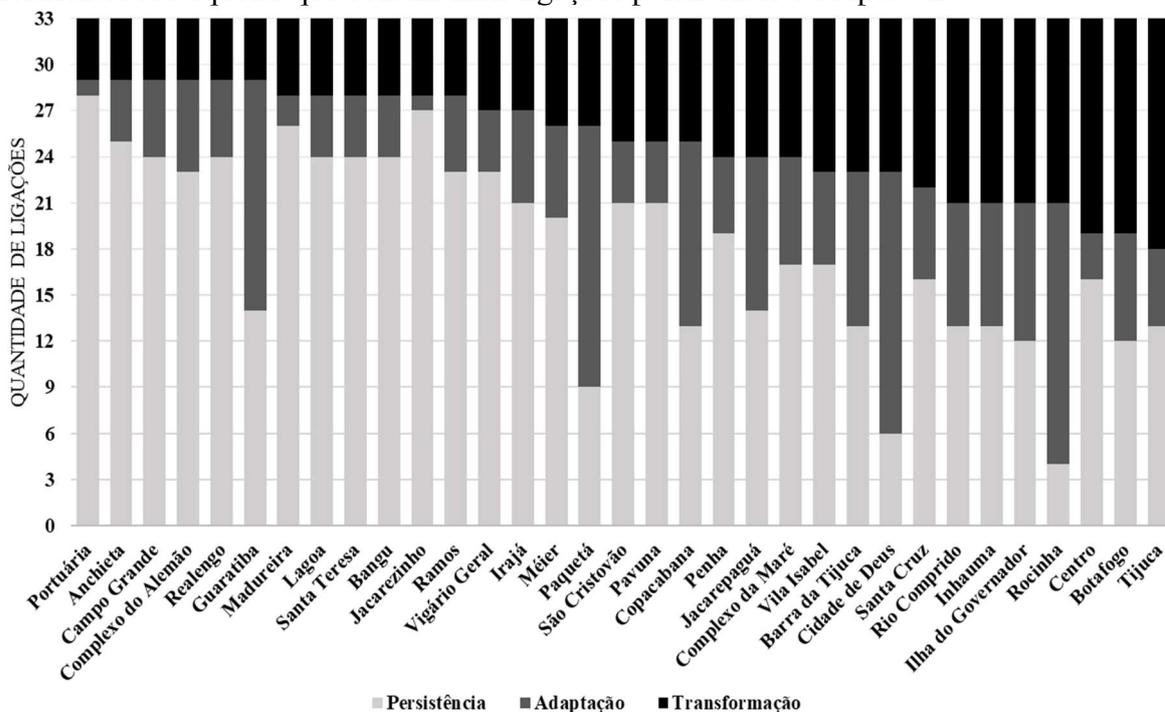


Figura 3: Nível de Resiliência (Destino)

As regiões administrativas com maiores níveis de persistência e adaptação em relação ao destino, ou seja, que são mais resilientes a uma ausência de integração tarifária em ordem decrescente são: Portuária, Anchieta, Campo Grande, Complexo do Alemão e Realengo, em que Anchieta, Campo Grande e Realengo possuem modo ferroviário disponível. Por outro lado, as cinco regiões que apresentaram maiores níveis de transformação, ou seja, pior nível de resiliência como destino, são: Ilha do Governador, Rocinha, Centro, Botafogo e Tijuca, sendo as 3 últimas com transporte de alta capacidade disponível e as regiões Botafogo e Tijuca foram consideradas resilientes sob ótica da origem.

A análise separada como origem e destino mostra que as regiões são diferentes quando analisadas sob essa perspectiva. Por exemplo, a Tijuca é resiliente como origem: para quem

mora na Tijuca e precisa acessar outros lugares tem a capacidade de continuar suas viagens mesmo que ocorra a ausência de integração tarifária. Por outro lado, quem precisa acessar a Tijuca (destino) ficará muito vulnerável a uma ausência de integração tarifária.

O fato é que algumas regiões mesmo com transporte de alta capacidade disponível apresentaram baixo nível de resiliência seja na origem (Santa Cruz e Pavuna), seja no destino (Centro, Botafogo e Tijuca). Possivelmente, pelo alto tempo para alcançar outras regiões, alta impedância e necessidade de integração para se alcançar destinos com um alto número de empregos, como o Centro.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a resiliência como a capacidade de um sistema em continuar o seu funcionamento mesmo após uma ruptura, e analisando o conceito sob a ótica de viagens motivados pelo emprego, a ameaça pode acontecer de várias formas. As ameaças mais comuns na literatura são relacionadas a desastres naturais como enchentes, terremotos e uma abordagem mais recente que trata sobre os combustíveis fósseis. No entanto, pouco vem sendo discutido sob possíveis impactos em relação a mudanças econômicas que podem afetar os sistemas de transporte, especialmente aos países em desenvolvimento, como o Brasil.

Apesar do conceito bastante discutido na literatura, há uma lacuna quanto a forma de mensurar a resiliência. Assim, este trabalho propôs uma forma de mensurar o nível de resiliência de cada região administrativa do RJ frente a uma ausência de integração tarifária, exigindo a utilização de uma ferramenta que permita analisar o problema de forma holística. Dessa forma, o método *fuzzy* foi aplicado para este trabalho pois permite analisar problemas complexos, utilizando variáveis linguísticas, sem recorrer a métodos multicritérios ou médias que podem implicar na compensação de valores. Além disso, o nível de resiliência foi feito para cada par de origem-destino, resultando em 1089 ligações.

A resiliência foi classificada em três níveis: persistência, adaptação e transformação. No nível de persistência, as viagens tendem a continuar acontecendo, mesmo após a ocorrência da ameaça, sem grandes prejuízos para os usuários, enquanto a adaptação indica que deva ocorrer alguma mudança no modo de viagem e, por fim, a transformação é o nível onde se encontra a maior vulnerabilidade: os usuários sofrerão o impacto de uma ausência de integração tarifária e isso irá afetar as suas condições sociais e econômicas.

As análises feitas para o nível de resiliência na origem, mostraram que as regiões mais resilientes têm transporte de massa disponível e um alto nível de renda. Já as regiões mais vulneráveis na origem, possuem baixos níveis de renda e duas possuem transporte de alta capacidade.

Por outro lado, na análise do nível de resiliência em relação ao destino, três das cinco regiões apresentam transporte de alta capacidade, mas não apresentaram relevância com o nível de renda e três das cinco regiões mais vulneráveis em relação ao destino apresentam transporte de massa (Botafogo, Tijuca, Centro). Isso implica que essas regiões como destino, caso a ameaça ocorresse, seu acesso seria comprometido. Isso demonstra que essa falta de capacidade em suportar a ameaça de ausência de integração deve ser analisada tanto do ponto de vista da origem quanto do destino, pois Botafogo e Tijuca foram consideradas resilientes como origem mas vulneráveis como destino, ou seja, para quem mora em uma dessas duas regiões tem a

capacidade de suportar a ameaça caso ela ocorra, por outro lado, quem precisa acessá-las é vulnerável.

Além disso, os resultados deste trabalho também servem de reflexão sobre as políticas de sustentabilidade e resiliência. Apesar dos transportes de massa, como o trem urbano ou o sistema metroviário, possuírem um impacto positivo a longo prazo em termos de redução do consumo de combustíveis fósseis ou da emissão de gases de efeito estufa, a curto prazo podem não estar capacitando a cidade a responder a ameaças no âmbito econômico.

Dessa forma, esta metodologia pode dar um suporte complementar a indicadores de mobilidade sustentável, e vice-versa, no sentido de desenvolver e implementar políticas que equilibram a manutenção e aprimoramento do meio vivido, para preservar a qualidade de vida das gerações futuras (sustentabilidade) e também criar condições resilientes para as gerações presentes, capacitando-os a responderem e se adaptarem a condições de estresses econômicos adversos que podem impactar a mobilidade urbana, com políticas de descentralização de postos de trabalho, por exemplo.

Além de propor uma forma de mensurar o nível de resiliência, houve a preocupação de gerar um método replicável para outras cidades brasileiras, sem a necessidade de pesquisa O-D mas utilizando dados disponíveis em pesquisa do IBGE e Google API. Para trabalhos futuros, recomenda-se um estudo mais aprofundado, em termos de escala geográfica (reduzindo a aplicação deste trabalho em nível bairro e expandir para outras cidades) e em termos de variáveis sociais e urbanas, que podem estar refletindo nas condições de mobilidade da cidade.

REFERÊNCIAS

- Abdrabo, M. A., e Hassaan, M. A. (2015) An integrated framework for urban resilience to climate change – Case study: Sea level rise impacts on the Nile Delta coastal urban areas. *Urban Climate*, 14, Part 4, 554–565. doi:<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.09.005>
- Ahern, J. (2011) From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4, SI), 341–343. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.02.021
- Ajibade, I. (2017) Can a future city enhance urban resilience and sustainability? A political ecology analysis of Eko Atlantic city, Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 26, 85–92. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.09.029>
- Boschetti, F., Gaffier, C., Moglia, M., Walke, I., e Price, J. (2017) Citizens' perception of the resilience of Australian cities. *Sustainability Science*, 12(3), 345–364. doi:10.1007/s11625-017-0429-1
- Brasil. (2015) PLANMOB: Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades, Brasília.
- Cosenza, C., Sandres, G., Junior, P. S., e Siggete, E. (2016) CRFM: An application of the fuzzy logic in APELL programme. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 6(1), 63–72. doi:10.2495/SAFE-V6-N1-63-72
- Curry, M. V. Q. (2007) Método para avaliar a percepção do usuário sobre a qualidade de ST sobre trilhos. *Transportes*, 15(1), 7–15.
- Fernandes, V. A., Rothfuss, R., Hochschild, V., e Ribeiro, W. (2017) Resiliência da mobilidade urbana : uma proposta conceitual e de sistematização. *Transportes*, 25(2), 1–15. doi:10.14295/transportes.v25i2.1079
- Folke, C. (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., e Rockström, J. (2010) Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology & Society*, 15(4).
- Gaitanidou, E., Tsami, M., e Bekiaris, E. (2017) A review of resilience management application tools in the transport sector. *Transportation Research Procedia*, 24, 235–240. doi:10.1016/j.trpro.2017.05.113
- Holling, C. S. (1973) Resilience and stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.

- IPEA. (2011) Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil. (I. D. E. P. E. E. APLICADA, Ed). Brasília.
- IPEA. (2016) Aspectos regulatórios e conceituais das políticas tarifárias dos sistemas de transporte público urbano no Brasil. Brasília.
- Mamdani, E. H. (1977) Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. *IEEE Transactions on Computers*, 26(12), 196–202.
- Marchese, D., Reynolds, E., Bates, M. E., Morgan, H., Clark, S. S., e Linkov, I. (2018) Resilience and sustainability: Similarities and differences in environmental management applications. *Science Total Environment*, 613–614, 1275–1283. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.09.086
- Meerow, S., Newell, J. P., e Stults, M. (2016) Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. doi:10.1016/j.landurbplan.2015.11.011
- Niño, L. M. V. (2015) Interface para um sistema de apoio a decisão de termos internacionais comerciais – incoterms® 2010 nas operações de comércio exterior utilizando lógica difusa. Programa de Engenharia de Produção - COPPE/UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Pereira, R. H. M., Banister, D., e Wessel, N. (2017) Distributional effects of transport policies on inequalities in access to opportunities in Rio de Janeiro. SocArXiv, 1–39.
- Reggiani, A., Nijkamp, P., e Lanzi, D. (2015) Transport resilience and vulnerability: The role of connectivity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 81, 4–15. doi:10.1016/j.tra.2014.12.012
- Rogers, C. D. F., Bouch, C. J., Williams, S., Barber, A. R. G., Baker, C. J., Bryson, J. R., Chapman, D. N., Chapman, L., Coaffee, J., Jefferson, I., e Quinn, A. D. (2012) Resistance and resilience – paradigms for critical local infrastructure. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*, 165(2), 73–83. doi:10.1680/muen.11.00030
- Sellberg, M. M., Wilkinson, C., e Peterson, G. D. (2015) Resilience assessment: a useful approach to navigate urban sustainability challenges. *Ecology and Society*, 20(1). doi:10.5751/es-07258-200143
- Sharifi, A., e Yamagata, Y. (2016) Principles and criteria for assessing urban energy resilience: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1654–1677. doi:10.1016/j.rser.2016.03.028
- Spaans, M., e Waterhout, B. (2017) Building up resilience in cities worldwide - Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, 61, 109–116. doi:10.1016/j.cities.2016.05.011
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., e Kinzig, A. (2004) Resilience, Adaptability and Transformability in Social–ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2).
- Wang, C. H., Chen, N., e Chan, S. L. (2017) A gravity model integrating high-speed rail and seismic-hazard mitigation through land-use planning: Application to California development. *Habitat International*, 62, 51–61. doi:10.1016/j.habitatint.2017.02.009
- Yager, R. R. (2000) Simultaneous solution of fuzzy models: an application to economic equilibrium analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 115, 339–349.