

ESTRUTURA ESPACIAL DE INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS URBANAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

Lorena Gonzaga Santos

Marcela Cristina Costa Branco

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

Departamento de Engenharia de Transportes

Camila Soares Henrique Fontenele Garcia

Universidade de Lisboa

Instituto Superior Técnico – IST

RESUMO

Por meio deste trabalho desenvolveu-se uma revisão sistemática e uma meta-análise da literatura sobre a estrutura espacial de instalações logísticas urbanas. Para a revisão sistemática, foram consideradas publicações que discutissem a relação entre forma e função urbana e os padrões de localização de instalações logísticas, assim como a dinâmica espacial desses equipamentos urbanos. A meta-análise, desenvolvida como desdobramento quantitativo da revisão sistemática, teve como objetivo sintetizar de maneira objetiva o fenômeno do espraiamento logístico, já mensurado em diferentes localidades e com diferentes estruturas urbanas. Não há forte correlação entre os efeitos investigados sobre os padrões de espraiamento. Entretanto, é possível identificar uma correlação de 0,5 (Pearson) entre o intervalo entre observações (anos) e as mudanças da distância padrão ao centro médio das estruturas logísticas. Assim, recomenda-se que, em análise comparativa de processos de espraiamento logístico, o intervalo entre observações seja considerado.

ABSTRACT

In this work we present a systematic review and a meta-analysis of the publications that describe the spatial structure of logistics facilities in metropolitan regions in several metropolises around the world. In the systematic review, we have considered scientific papers that discuss the relationship between urban form and function and the location patterns of logistics facilities, as well as the spatial dynamics of these urban services. The meta-analysis was a quantitative unfolding of the systematic review, aimed to synthesize the phenomenon of logistics sprawl, already measured in different locations, with different urban structures. There is no strong correlation among the investigated effects and the patterns of sprawl. However, it is possible to identify a correlation of 0.5 (Pearson) between the observation intervals (years) and changes in the standard distance to the mean center of logistic facilities. Therefore, we recommend that the observation intervals is considered in comparative analysis of logistics sprawl.

1. INTRODUÇÃO

O sistema urbano não é um conceito recente, sendo objeto de investigação científica desde o início do século passado, quando pesquisadores iniciaram discussões sobre a distribuição hierárquica, o papel funcional e elementos espaciais como a distância entre as áreas urbanas como instrumentos de compreensão da estrutura urbana e da evolução das cidades. Entretanto, o conceito de sistema urbano foi formalmente discutido no trabalho de Christaller (1966), com a apresentação da “Teoria do Lugar Central” (Aboukorin, 2018).

Desde então, diferentes investigações consideram as cidades e suas relações regionais como sistemas, com a complexidade inerente à sua forma e às funções que exercem. Batty (2011) explora a compreensão das cidades como o resultado da interação de subsistemas, cujas partes podem ser compreendidas a partir de um aspecto mais sistêmico e cujo todo é mais complexo do que apenas a soma das partes. As cidades resultam da interação espacial necessária para que atividades sociais, culturais e econômicas se desenvolvam e, portanto, para que as funções urbanas sejam concretizadas. Ainda, a conectividade dessas funções é crucial para que sejam efetivadas, destacando-se a necessidade de planejamento tanto da localização das atividades como das conexões entre essas atividades para conformação do modo de vida

urbano (Spiekermann e Neubauer, 2002).

Nesse contexto, estruturam-se as dimensões morfológica e funcional das cidades, que envolvem diferentes aspectos da vida urbana. Essas dimensões dependem de diferentes funções, destacando-se a atividade econômica, que resulta das necessidades e desejos de consumo dos cidadãos. Para sustentar o consumo, são necessários o abastecimento e a distribuição de mercadorias no contexto urbano (Diziain *et al.*, 2012). Entretanto, as externalidades advindas da distribuição urbana de mercadorias (DUM) é significativa nas dimensões econômica, ambiental e social. O conceito de logística urbana é então desenvolvido, por Taniguchi *etal.* (2001), com o objetivo de propor soluções para otimizar a DUM e promover a redução de externalidades dessa atividade (Gatta *et al.*, 2017). Dentre essas soluções, destacam-se aquelas orientadas à instalação de infraestrutura logística, como armazéns e centros de distribuição. A dinâmica tempo-espacial, relativa à localização e à dispersão espacial dessas instalações, tem sido investigada por meio de estatística espacial descritiva, conformando a abordagem metodológica de mensuração do espraiamento logístico (Dablanc e Rakotonarivo, 2010). Entretanto, poucos e recentes estudos foram identificados na literatura discutindo a relação da estrutura espacial das instalações logísticas e a estrutura morfológico-funcional das cidades (Giuliano e Kang, 2018a; González-feliu, 2018; Sakai e Hyodo, 2018; Sakai *et al.*, 2016; Strale, 2019; Woudsma e Jakubicek, 2019).

Segundo van Wee e Banister (2016), um artigo de revisão da literatura é útil para pesquisadores pois concretiza uma visão geral atualizada e bem estruturada do estado da arte, acrescentando valor à essa área de conhecimento. Destaca-se, portanto, a importância de apresentar de maneira sintética e completa o estado da arte para que seja possível identificar as lacunas conceituais e metodológicas do desenvolvimento de estudos na temática deste trabalho. As meta-análises são uma forma mais rigorosa de apresentar resultados empíricos, pois estas não fornecem apenas uma síntese qualitativa dos resultados, mas também *insights* sobre a importância quantitativa dos fatores influenciadores (van Wee e Banister, 2016). Por meta-análise entende-se um conjunto de técnicas quantitativas utilizadas para combinar resultados de diferentes publicações que têm um objetivo comum. O objetivo da meta-análise é identificar padrões e estimar um efeito comum dentre os resultados (Ferrer, 1998).

Ainda, torna-se importante estabelecer sínteses quantitativas sobre estudos que, até o presente momento, relacionam a estrutura espacial de instalações logísticas com a organização funcional e morfológica das cidades. Portanto, por meio deste trabalho, tem-se como objetivos: (i) realizar uma revisão sistemática da literatura científica sobre a relação entre a estrutura urbana e a localização de instalações logísticas; e (ii) realizar uma meta-análise considerando os resultados publicados sobre o fenômeno do espraiamento logístico em 22 estudos. De forma a atingir esses objetivos este trabalho está estruturado em 5 seções, a saber: (i) introdução; (ii) abordagem metodológica; (iii) revisão sistemática da literatura das relações entre forma e função urbana e a localização de instalações logísticas; (iv) meta-análise do fenômeno do espraiamento logístico no mundo; e (v) considerações finais.

2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A revisão da literatura pode apresentar vantagens e desvantagens quando são considerados métodos de revisão e discutidas as respectivas implicações das conclusões, impactando a utilidade de seus resultados para a área de conhecimento. Consequentemente, a revisão do estado da arte deve apresentar orientações conceituais e metodológicas para que efetivamente

cumpra seus objetivos (van Wee e Banister, 2016). Assim, para desenvolvimento deste trabalho, foram desenvolvidas duas etapas metodológicas, a saber: (i) uma revisão sistemática da literatura; e (ii) uma meta-análise.

A revisão sistemática foi desenvolvida em três etapas: (i) planejamento; (ii) execução; e (iii) síntese. Na etapa de planejamento foram definidos o objetivo da revisão, os critérios de busca, os critérios de seleção, elegibilidade e inclusão e as fontes de consulta. Como objetivo tem-se a consolidação de estudos que discutem a relação da estrutura espacial das instalações logísticas e a estrutura morfológico-funcional das cidades na literatura. Os critérios de busca nas bases de publicações foram as palavras-chave e termos: “*warehouses*”, “*logistics facilities*”, “*city logistics*”, “*urban logistics*”, “*spatial structure*”, “*centrality*” e “*spatial concentration*”. Foram pesquisadas as combinações entre cada um dos quatro primeiros termos e os três últimos, objetivando-se abranger estudos sobre a relação entre a localização de instalações logísticas e a estrutura urbana. A consulta às bases foi realizada em Maio de 2019 e como critérios de seleção e elegibilidade foram considerados: (i) artigos científicos; e (ii) publicações entre os anos 2011 e 2019, uma vez que, a partir de levantamentos iniciais, não foram verificadas publicações que apresentaram discussões mais detalhadas sobre as transformações da organização espacial das cidades advindas de soluções de logística urbana no período anterior ao aqui proposto como período de estudo. As bases consideradas para a revisão sistemática e a síntese bibliométrica foram *ScienceDirect (Elsevier)*, *Scientific Eletronic Library Online (SCIELO)* e *Scopus*.

Na etapa de execução, os estudos foram identificados, selecionados e classificados como elegíveis. Foram então revisados o título, o resumo e o texto integral de cada artigo elegível para validar sua inclusão na discussão e síntese. Por fim, para síntese, foi feita uma discussão dos estudos selecionados como relevantes para o objetivo desta revisão da literatura.

Por meio da meta-análise procurou-se sintetizar quantitativamente os resultados de estudos que discutiram o fenômeno do espraiamento logístico por meio de estatística descritiva espacial. O objetivo da meta-análise no caso deste trabalho foi investigar as relações entre os fenômenos de espraiamento logístico já investigados e entender os efeitos da localização, do intervalo entre observações da localização dos armazéns e da variação absoluta no número de armazéns entre observações no espraiamento.

As etapas de desenvolvimento da meta-análise consistiram em: (i) seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos; (ii) extração dos dados; (iii) meta-análise. A seleção, a elegibilidade e a inclusão foram realizadas por meio de pesquisa nas mesmas bases consideradas para a busca de artigos para a revisão sistemática. Entretanto, o termo considerado foi “*logistics sprawl*”. Foi ainda acrescentada uma busca em língua portuguesa pelo termo “espraiamento logístico”, realizada no Google Acadêmico. Foi realizada ainda técnica de *snowballing* (Wohlin, 2014) para identificação de fontes não obtidas por meio das bases pesquisadas. Não foram limitados as datas e tipos de publicação. Entretanto, devido à natureza quantitativa do estudo, só foi possível incluir estudos que possibilitassem a extração do índice de espraiamento (que refere-se ao desvio padrão das distâncias de cada ponto ao centro médio dos dados observados).

Os dados foram então extraídos e organizados para que a análise quantitativa dos resultados fosse possível. Como técnicas consideradas para a meta-análise, utilizaram-se: estatística descritiva, análise de cluster (k- médias) para identificação de similaridades e análise de

correlação de Pearson (Hornbæk e Law, 2007) entre as variáveis cujos efeitos sobre o espraiamento foram investigados.

3. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA DAS RELAÇÕES ENTRE FORMA E FUNÇÃO URBANA E A LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS

Nesta seção serão apresentados os resultados da revisão sistemática e respectiva discussão, além da meta-análise proposta. Considerando todas as combinações de termos definidos para a pesquisa bibliográfica, os critérios e as bases de busca, foram selecionadas 137 publicações. Na etapa de execução foram descartadas 75 publicações que não se adequavam à proposta desta revisão e 25 publicações repetidas. Foram finalmente incluídos apenas 21 artigos.

De acordo com os resultados obtidos nas bases *Scopus*, *Science Direct* e *SCIELO*, o número de publicações por ano cresceu no período pesquisado a partir do ano 2012, mas foi menos expressivo nos anos 2017, 2018 e 2019 (Figura 1a). Foram incluídos nesta revisão sistemática da literatura, artigos que apresentassem estudos referentes a diversas regiões metropolitanas e áreas urbanas de países dos diferentes continentes, com destaque para China (31%) e Estados Unidos (27%). Além dos países e regiões com estudos mais frequentes dentre os considerados, apresentados na Figura 1b, áreas urbanas do Canadá, Irã e África Subsaariana foram localidades investigadas quanto às relações entre a estrutura espacial das instalações logísticas e os atributos morfológicos e funcionais das cidades.

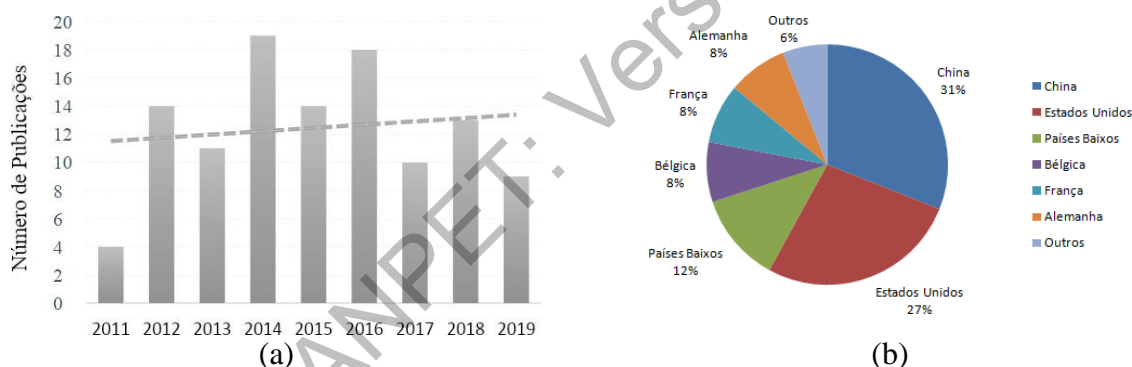


Figura 1: (a) Número de publicações por ano; (b) Distribuição geográfica das publicações

Em relação a área de estudo, tendo como base os dados obtidos em pesquisa na base *Scopus*, as Ciências Sociais se destacam, com 33% dos artigos publicados, seguida pelas Ciências Ambientais, com 24% (Figura 2a). Os periódicos com maior frequência de publicações foram o chinês *Acta Geographica Sinica*, com 13% das publicações e o *Journal Of Transport Geography*, com 9% das publicações entre os anos pesquisados, conforme Figura 2b. O elevado índice de publicações na categoria “Outros” observado (Figura 2a) se deu pelo fato de o assunto ser multidisciplinar, tendo impacto nos mais variados aspectos, permitindo abordagens bastante diversificadas, resultando em publicações com foco na área da Saúde. Consequentemente, como é apresentado na Figura 2b, há grande variação quanto aos periódicos retornados pela busca, visto que, o tema pode ser publicado em periódicos de diferentes áreas de conhecimento, dependendo do foco da pesquisa.

Os sistemas urbanos podem ser investigados por meio de análise regional, na qual a estrutura funcional de lugares, considerando os recursos espaciais, sociais e econômicos, são conectados de maneira hierárquica, com interferências nas dimensões temporais e espaciais. Aboukorin (2018) destaca a característica dinâmica da dimensão espacial, caracterizada pelo

espaço geográfico em constante evolução, que modifica a forma e a posição relativa das regiões (Aboukorin, 2018).

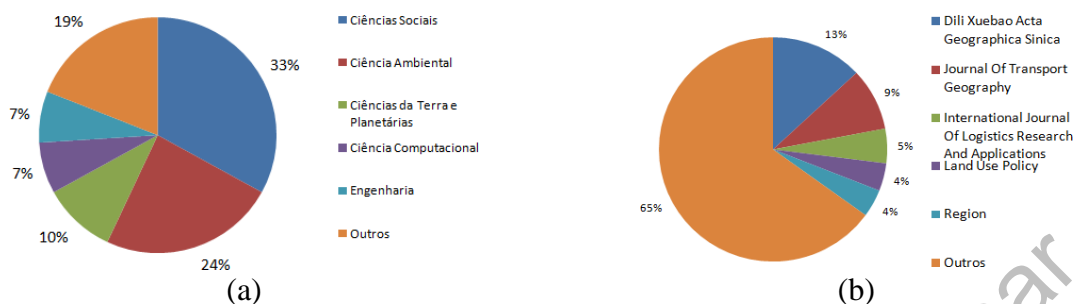


Figura 2: Distribuição das publicações por (a) área de conhecimento; (b) periódico

De maneira complementar, Aboukorin (2018) apresenta dois níveis espaciais na análise do sistema urbano. O primeiro nível refere-se à compreensão da cidade como elemento regional, cuja análise é delimitada pela distribuição espacial das cidades (localização e espaçamento), tamanho e respectivas interações. O segundo nível é o entendimento da cidade como um sistema, composto por elementos constituintes de parte (subsistemas) e por uma estrutura interna. Nesse trabalho é ainda discutida a importância das interações entre as cidades (escala regional) e entre regiões de uma cidade (escala intraurbana) como forma de fortalecer o desenvolvimento econômico, social e cultural de maneira coesa.

As interações espaciais, em relação à atividade econômica, resultam na demanda pela movimentação de mercadorias nos contextos regional e urbano. Na cidade há mais complexidade nessa movimentação, devido à diversidade de atores e às externalidades advindas da distribuição urbana de mercadorias. Visando mitigar os impactos negativos e atender à diversidade de demanda urbana, a partir do início deste século, pesquisas relacionadas à distribuição espacial de instalações logísticas na escala microrregional começaram a ser desenvolvidas (Aljohani e Thompson, 2016). Esses estudos de localização de instalações logísticas investigam, em sua maioria, a existência da espraioamento logístico, que pode ser considerado como a desconcentração espacial, ou seja, a dispersão das funções e estruturas logísticas em regiões metropolitanas que agravariam as externalidades negativas. Considerando apenas os custos operacionais da distribuição, um exemplo de aumento da ineficiência advinda do espraioamento de instalações logísticas é a ampliação das distâncias médias percorridas para entregas urbanas. Esse fenômeno gera impactos financeiros e econômicos diretos aos operadores logísticos e embarcadores, mas implica em significativos impactos ambientais e sociais para todos os cidadãos (Dablanc e Rakotonarivo, 2010).

Nesse contexto, destaca-se o estudo de Sakai *et al.* (2019), que discutem como a estrutura urbana no entorno das instalações logísticas também influencia o custo global do transporte. São consideradas as condições do sistema viário disponível e o desenvolvimento local que podem promover impedâncias ao deslocamento dos trabalhadores até a instalação logística, por exemplo. Além disso, têm-se externalidades negativas que devem ser consideradas com o funcionamento destas instalações e o transporte em maiores distâncias, como a emissão de CO₂, o incremento do congestionamento viário, a ocorrência de acidentes de trânsito e as políticas de uso do solo que restringem a expansão logística (Sakai *et al.*, 2017).

Ademais, deve-se considerar o aumento do tempo de entrega das mercadorias nos grandes

centros em detrimento da localização próxima ao consumidor. Todavia, é difícil desenvolver políticas voltadas para a distribuição urbana de mercadorias pois pouco se sabe sobre a distribuição espacial das instalações logísticas e a falta de precisão para mensurar as externalidades negativas e os impactos positivos decorrentes de decisões locais (Sakai *et al.*, 2019). A associação da expansão logística com as externalidades negativas tem estimulado o desenvolvimento de pesquisas científicas em diferentes regiões metropolitanas em todo o mundo (Aljohani e Thompson, 2016; Dablanc e Rakotonarivo, 2010; Dablanc e Ross, 2012; Dablanc *et al.*, 2014; Heitz e Dablanc, 2015; Sakai *et al.*, 2015; Sakai *et al.*, 2017; Todesco *et al.*, 2016, Woudsma *et al.*, 2016).

Como exemplo de análises realizadas em áreas urbanas específicas, tem-se o estudo realizado em Gotemburgo na Suécia, cujo objetivo contemplou examinar os aspectos da expansão logística na área metropolitana relacionando os padrões de localização das instalações logísticas ao papel do frete e às políticas de uso do solo, considerando os recortes temporais 2000 e 2014 (Heitz *et al.*, 2018). Quando a cidade é representativa em termos econômicos e em relação à integração regional, torna-se atrativa para a implantação de instalações logísticas e empresas para abastecer a população urbana, o que faz com que essa cidade seja uma referência para a região metropolitana, gerando impactos regionais. Esse foi o caso da cidade Ruhr, considerada uma centralidade logística, localizada próxima a Paris e Londres (Miodrag *et al.*, 2012).

No estudo referente à região metropolitana envolvendo as cidades de Vancouver, Calgary, Montreal, Winnipeg e Halifax no Canadá, foram obtidos dados espaciais sobre empresas logísticas e seus níveis de emprego para cada localidade (Woudsma e Jakubicek, 2019). Foram então utilizados indicadores baseados em estatísticas descritivas espaciais, como centro médio de estabelecimentos e distância média padrão, e foram consideradas técnicas de estatística espacial para análise locacional de diferentes tipos de instalações e da dinâmica referente às mudanças intrarregionais (Woudsma e Jakubicek, 2019). Os resultados preliminares obtidos com o estudo da região metropolitana no Canadá demonstraram que em áreas metropolitanas menores como Winnipeg e Halifax, não houve espraiamento em relação ao uso do solo e ao desenvolvimento das atividades logísticas. Nas demais cidades, ocorreram evidências moderadas de expansão, incluindo controles de oferta e desenvolvimento local (Woudsma e Jakubicek, 2019).

Em escala regional, destaca-se a metrópole de Paris é considerada uma plataforma de logística em escala Europeia. De acordo com a Agência para o Desenvolvimento Regional da Região de Paris, a maioria das instalações logísticas são de empresas privadas, mas existem alguns espaços públicos que podem ser utilizados (Raimbault *et al.*, 2012). Para que uma área metropolitana desenvolva a função de centralidade logística, consideram-se os seguintes aspectos: suprimento para seu próprio desenvolvimento através da centralidade; e possui um papel de uma rede em que distribui as mercadorias para diversos locais (podem ser chamados de “nós”) em que estão sob sua área de influência, sendo desta forma um intermediador (Raimbault *et al.*, 2012). Nesse sentido, as interações espaciais regionais e urbanas são relevantes para conformação da função que as regiões, cidades e regiões metropolitanas exercem em seus contextos espaciais.

Outro estudo foi realizado nos anos 2003 e 2013, contemplando quatro regiões metropolitanas na Califórnia/EUA, que têm como sede metropolitana as seguintes cidades: Los Angeles, San

Francisco, San Diego e Sacramento. Foram definidas medidas de descentralização para verificar a localização das instalações logísticas e medidas de desconcentração levando em consideração a população e o emprego. Por meio deste estudo foi possível verificar métricas de centralidade. Como resultado, identificou-se que a relação entre a descentralização de estabelecimentos logísticos e do emprego foi confirmada para a região metropolitana de Los Angeles. Para as outras regiões metropolitanas analisadas houve tanto descentralização como centralização. Os possíveis fatores para explicar esse fenômeno foram políticas de desenvolvimento econômico, participação do comércio não-local e geografia local (Giuliano e Kang, 2018).

Giuliano e Kang (2018) ainda afirmam que houve crescimento de atividades de armazenagem e de distribuição nos EUA, onde o número de estabelecimentos de armazenagem aumentou 15% e o emprego em armazenagem aumentou 33% intervalo entre 2003 e 2013. Em contrapartida, o número de estabelecimentos comerciais e emprego nesse setor aumentaram, respectivamente, 3% e 4%. As razões que levaram a estes acontecimentos são as inovações tecnológicas que ocorreram com a influência acirrada da globalização, o comportamento do consumidor cada dia mais exigente em relação à qualidade, rapidez na entrega e o baixo custo do frete. Além disso, a tecnologia de transporte empregada na logística de distribuição e o *just-in-time*, fizeram com que houvesse reestruturação do setor de logística para acompanhar as novas tendências (Giuliano e Kang, 2018). Essa reestruturação promoveu o surgimento de cadeias fragmentadas em relação à localização espacial, tornando dispersos fornecedores, produtores, distribuidores e consumidores. Esse fenômeno pode ser entendido e aplicado para as regiões metropolitanas em termos de descentralização das instalações logística devido à existência de uma rede de nós entre o comércio e o mercado consumidor. Entretanto, pode ocorrer centralização dessa rede. Foram realizados estudos aplicando o coeficiente de GINI para mensurar esse fenômeno. Houve descentralização em áreas urbanas nos EUA de 1986 a 2009 (Giuliano e Kang, 2018). Em outra situação foi aplicado o coeficiente de GINI, no nível de estabelecimentos comerciais e observou-se um incremento da concentração espacial dessas funções na Província dos Países Baixos entre 1996 a 2009 (van Den Heuvel *et al.*, 2013).

Na revisão sistemática foi possível identificar elementos da estrutura urbana comuns a alguns estudos que podem ser importantes na caracterização das relações entre essa estrutura e a localização das instalações logísticas. Dentre esses elementos destacam-se: (i) a localização de estabelecimentos comerciais (Giuliano e Kang, 2018; van Den Heuvel *et al.*, 2013; Woudsma e Jakubicek, 2019); (ii) a localização dos empregos (Giuliano e Kang, 2018; Woudsma e Jakubicek, 2019) (iii) uso do solo (Sakai *et al.*, 2017; Woudsma e Jakubicek, 2019; Heitz *et al.*, 2018). Quanto às dimensões investigadas em relação ao impacto da localização das instalações logísticas sobre a dinâmica urbana, foram identificados mais estudos que discutem aspectos financeiros e econômicos, com foco na eficiência da distribuição e da operação. Apenas alguns estudos dentre os apresentados consideraram dimensões ambientais e sociais em sua abordagem metodológica (Sakai *et al.*, 2019; Giuliano e Kang, 2018). Ainda, é consenso entre os autores que há uma lacuna conceitual e metodológica sobre maneiras de mensurar os impactos da estrutura urbana sobre a localização de instalações logística e vice-versa.

Referindo-se aos métodos, foi possível identificar: (i) análise da dinâmica têmporo-espacial – estatística descritiva espacial (Dablanc e Rakotonarivo, 2010; Dablanc e Ross, 2012; Dablanc, Ogilvie e Goodchild, 2014; Dubie *et al.*, 2018; Guerin, 2017; Heitz e Dablanc, 2015; Heitz *et*

al., 2018; Klauenberg *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2017; Sakai *et al.*, 2016; Todesco *et al.*, 2016; Woudsma *et al.*, 2016; Woudsma e Jakubicek, 2019); (ii) análise de centralização e descentralização – coeficiente de Gini (Giuliano e Kang, 2018; van Den Heuvel *et al.*, 2013); e (iii) análise de concentração e desconcentração – análise de agrupamento espacial e técnicas de análise de vizinhança (Giuliano e Kang, 2018; van Den Heuvel *et al.*, 2013).

A revisão sistemática permitiu a identificação de variáveis que são recorrentes nos estudos que analisam a dinâmica têmporo-espacial das instalações logísticas, cujo efeito ainda não foi verificado sobre o fenômeno do espraiamento, como o tempo entre observações, a variação (absoluta e percentual) do número de instalações e a localização da área de estudo. Entretanto, não foi possível incluir variáveis que considerassem aspectos morfológicos e funcionais urbanos e suas relações com a localização dessas instalações na meta-análise devido à escassez desses estudos.

4. META-ANÁLISE DO FENÔMENO DO ESPRAIAMENTO LOGÍSTICO NO MUNDO

Na etapa de seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos para a meta-análise, foram identificados 70 estudos nas plataformas pesquisadas. Por meio da técnica de *snowballing*, foi identificado mais um estudo que não tinha sido contemplado na pesquisa inicial e que, em seu título e/ou resumo e/ou palavras-chave apresentava o termo “*logistics sprawl*” ou “espraiamento logístico”. Para determinação da elegibilidade dos estudos e respectiva inclusão, foi analisado o texto integral e foram considerados apenas os estudos que, em sua abordagem metodológica, utilizaram estatística descritiva espacial para quantificação do espraiamento logísticos em áreas urbanas e que apresentaram o resultado dessa análise de maneira explícita. Por meio desse critério foram selecionados 22 estudos. Esses estudos foram confrontados com aqueles selecionados para a revisão sistemática e todos estavam contidos nessa seleção. Dentre esses estudos, apenas três não apresentavam informações objetivas sobre as variáveis cujos efeitos são investigados de maneira conjunta neste trabalho: (i) localização dos armazéns; (ii) variação absoluta do número de armazéns entre observações no espraiamento (ΔIL); e (iii) intervalo entre observações (ΔA). Os dados referentes aos efeitos e à mensuração do espraiamento, neste trabalho denominado como índice de espraiamento (IEL), foram extraídos dos estudos e consolidados na Tabela 1.

Inicialmente foi feita uma análise da variabilidade das variáveis ΔIL , ΔA e IEL, por meio de estatísticas descritivas, histograma e *boxplot*, conforme Tabela 2 e Figuras 3(a), 3(b), 3(c) e 3(d). Tanto a diferença entre o número absoluto de armazéns e o intervalo entre observações apresentam o resultado de um estudo classificado como *outlier*. No primeiro caso, a quantidade absoluta de armazéns varia de maneira mais intensa para Tokyo (Sakai *et al.*, 2016), devido ao elevado número de instalações nessa área metropolitana. No caso do intervalo entre observações, o estudo de Dablanc e Rakotonarivo (2010) foi o que se diferenciou dos demais, com 34 anos entre recortes temporais. Quando a diferença entre o número de armazéns é percentual, o *outlier* não existe e os dados são menos dispersos. Todas as variáveis investigadas, tanto aquelas que têm seu efeito sobre o espraiamento investigado quanto o próprio índice de espraiamento, apresentam assimetria em relação à mediana, com maior concentração dos dados nos dois primeiros quartis. Entretanto, observando-se o índice de espraiamento é possível perceber que, dentre essas variáveis, é o que apresenta menor assimetria.

Visando identificar similaridades e diferenças entre os estudos, foi realizada uma análise de cluster (k-médias). Por se tratar de uma técnica exploratória, foram realizadas análises para diferentes conjuntos de variáveis da meta-análise. Houve consistência na composição dos agrupamentos considerando o índice de espraiamento logístico, o número de anos entre recortes temporais e a localidade do estudo. Na Figura 4 são apresentados os quatro agrupamentos resultantes da análise.

Tabela 1: Dados extraídos dos estudos para meta-análise do espraiamento logístico

Estudo	Δ IL	IEL (km)	Cidade	País	Ano inicial	Ano final	Δ A
Dablanc2010	69	10.0	Paris/Metro	França	1974	2008	34
Dablanc2012	269	2.8	Atlanta/PAM	EUA	1998	2008	10
Dablanc2014a	295	6.1	Los Angeles/Metro	EUA	1998	2009	11
Dablanc2014b	127	-0.8	Seattle/Metro	EUA	1998	2009	11
Dubie2018a	249	8.8	Chicago/Metro	EUA	1998	2013	15
Dubie2018b	142	2.7	Phoenix/Metro	EUA	1998	2015	17
Guerin2017	-	1.3	São Paulo/Metro	Brasil	2000	2017	17
Heitz2015	-	0.5	Paris/Metro	França	2000	2012	12
Heitz2018	75	4.2	Gotemburgo	Suécia	2000	2014	14
Klauenberg2018	-	4.0	Berlin/Metro	Alemanha	1994	2014	20
Oliveira2017	306	1.2	Belo Horizonte/Metro	Brasil	1995	2015	20
Sakai2016	1.259	4.2	Tokyo/Metro	Japão	1980	2003	23
Todesco2016	-64	9.5	Zurich/Metro	Suíça	1995	2012	17
Woudsma2015a	63	1.2	Toronto (GTA)	Canadá	2002	2012	10
Woudsma2015b	133	9.5	Toronto (GGH)	Canadá	2002	2012	10
Woudsma2019a	63	1.2	Toronto (GTA)	Canadá	2001	2011	10
Woudsma2019b	-9	0.3	Montreal	Canadá	2001	2011	10
Woudsma2019c	3	1.1	Halifax	Canadá	2001	2011	10
Woudsma2019d	15	0.0	Winnipeg	Canadá	2001	2011	10
Woudsma2019e	38	3.5	Calgary	Canadá	2001	2011	10
Woudsma2019f	-1	4.2	Vancouver	Canadá	2001	2011	10
Yuan2019a	0	7.9	Wuhan/Metro	China	1993	2014	21

Tabela 2: Estatísticas descritivas das variáveis consideradas para a meta-análise do espraiamento logístico

	Δ IL	$\Delta\%$ IL	Δ A	IEL
Mínimo	-64	-11,4%	10	-0,8
1o quartil	9	41,1%	10	1,2
Mediana	69	88,0%	11,5	3,15
Média	159,6	122,2%	14,6	3,8
3o quartil	195,5	179,9%	17,0	5,6
Máximo	1.259	346,3%	34	10
Desvio Padrão	-	-	6,1	3,4

Quando são considerados os agrupamentos, a variabilidade da diferença absoluta do número de armazéns, o intervalo entre observações e o índice de espraiamento é bem menor, conforme estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 3. Cabe destacar que o agrupamento 1 consolida estudos com o maior intervalo entre os recortes temporais.

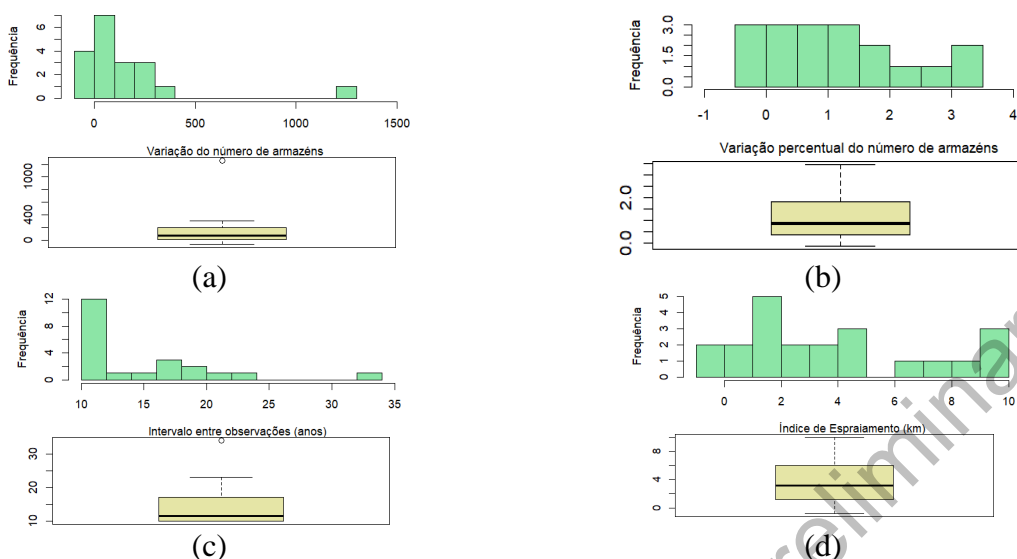


Figura 3: Análise da variabilidade de (a) variação do número de armazéns; (b) variação percentual do número de armazéns; (c) intervalo entre observações; (d) índice de espraçamento

AGRUPAMENTO 1	AGRUPAMENTO 2	AGRUPAMENTO 3	AGRUPAMENTO 4
Dablanc2010	Dubie2018b	Dablanc2014a	Dablanc2012
Sakai2016	Guerin2017	Dubie2018a	Dablanc2014b
Yuan2019a	Klautenberg2018	Heitz2018	Heitz2015
	Oliveira2017	Todesco2016	Woudsma2015a
		Woudsma2015	Woudsma2019a
			Woudsma2019b
			Woudsma2019c
			Woudsma2019d
			Woudsma2019e
			Woudsma2019f

Figura 4: Agrupamentos dos estudos considerados na meta-análise

Tabela 3: Estatísticas descritivas das variáveis consideradas para a meta-análise do espraçamento logístico por agrupamento

Agrupamentos	Média Δ IL	Desvio padrão Δ IL	Média IEL (km)	Desvio padrão IEL (km)	Média Δ A	Desvio padrão Δ A
1	442,67	707,81	7,37	2,94	26,00	7,00
2	224,00	115,97	2,30	1,32	18,50	1,73
3	109,75	148,61	7,32	2,63	13,00	3,16
4	81,70	101,89	2,07	2,70	10,73	1,56

Finalmente foi feito o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis Δ IL, IEL e Δ A, conforme apresentado na Figura 5. É possível perceber que existe baixa correlação entre a variação do número absoluto de instalações logísticas e o índice de espraçamento, mas que a correlação entre o intervalo entre observações e o índice de espraçamento, apesar de não ser forte, é mais significativa.



Figura 5: Correlação de Pearson para as variáveis consideradas na meta-análise

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se uma revisão sistemática da literatura considerando diversos estudos que cujos resultados são discutidos sob a ótica da geografia dos transportes. A análise compreendeu a investigação da dinâmica espacial de instalações logísticas em diferentes regiões metropolitanas e suas relações com o contexto urbano onde estão localizadas. Percebe-se que predomina o fenômeno do espraiamento logístico, por meio do qual as instalações logísticas tendem a se localizar em regiões distantes dos centros urbanos, em especial no contexto metropolitano (Dubie *et al.*, 2018; Klauenberg *et al.*, 2018).

Foi realizada ainda uma meta-análise dos resultados de estudos referentes ao espraiamento logístico que evidenciaram o fenômeno por meio de técnicas de estatística descritiva espacial. O tamanho do intervalo entre os recortes temporais considerado apresenta alguma correlação (0,50 - Pearson) com o índice de espraiamento logístico. Entretanto, o efeito da variação absoluta do número de instalações sobre o espraiamento logístico é baixo (0,31 – Pearson).

Recomenda-se que, em análises comparativas de espraiamento logístico entre cidades e regiões metropolitanas, o intervalo entre observações da estrutura espacial de armazéns seja considerado. Há sensibilidade entre essa última variável e a observação do fenômeno do espraiamento logístico. Recomenda-se ainda que outros indicadores de centralidade e concentração espacial de armazéns sejam determinados para as regiões já investigadas e que uma futura meta-análise seja desenvolvida.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CEFET-MG, ao CNPq e à CAPES pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboukorin, A. A. (2018) Spatial analysis of the urban system in the Nile Valley of Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 9, n. 4, p. 1819-1829.
- Aljohani, K. e Thompson, R. G. (2016) Impacts of logistics sprawl on the urban environment and logistics: Taxonomy and review of literature. *Journal of Transport Geography*, v. 57, n. C, p. 255-263.
- Batty, M. (2012) Building a science of cities. *Cities*, v. 29, n. S1, p. S9-S16.
- Christaller, W. (1966) Central Places in Southern Germany. [S.l.: s.n.].
- Dablanc, L. e Rakotonarivo, D. (2010) The impacts of logistics sprawl: How does the location of parcel transport terminals affect the energy efficiency of goods' movements in Paris and what can we do about it?. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 2, n. 3, p. 6087-6096.
- Dablanc, L. e Ross, C. (2012) Atlanta: a megalogistics center in the Piedmont Atlantic Megaregion (PAM). *Journal of Transport Geography*, v. 24, p. 432-442.
- Dablanc, L.; Ogilvie, S. e Goodchild, A. (2014) Logistics sprawl: differential warehousing development patterns in Los Angeles, California, and Seattle, Washington. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2410, p. 105-112.
- Diziain, D.; C. Ripert. and L. Dablanc. (2012) How can we Bring Logistics Back into Cities? The Case of Paris Metropolitan Area. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 267–281.
- Dubie, M., Kuo, K. C., Giron-Valderrama, G., e Goodchild, A. (2018) An evaluation of logistics sprawl in

- Chicago and Phoenix. *Journal of Transport Geography*, (September 2017), 0–1.
- Ferrer, R. L. (1998) Graphical Methods for Detecting Bias in Meta-Analysis. *Research Series*. Vol. 3, No. 8. 579-583.
- Gatta, V.; E. Marcucci. e M. Le Pira. (2017) Smart urban freight planning process: integrating desk, living lab and modelling approaches in decision-making. *European Transport Research Review*, 9(3).
- Giuliano, G., e Kang, S. (2018) Spatial dynamics of the logistics industry: Evidence from California. *Journal of Transport Geography*, v. 66(February 2017), 248–258.
- González-feliu, J. (2018) Indicators: State of the art, typology and implications for Latin American cities, 135-176.
- Guerin, L. e Vieira, J. G. V. (2017) Um estudo sobre espraiamento logístico na Região Metropolitana de São Paulo. Anais do 32º Congresso em Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET.
- Heitz, A. e Dablanc, L. (2015) Logistics spatial patterns in Paris: rise of Paris Basin as logistics megaregion. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 2477, n. 1, p. 76-84.
- Heitz, A.; L. Dablanc e J. Olsson; I. Sanchez-Diaz e J. Woxenius. (2018) Spatial patterns of logistics facilities in Gothenburg, Sweden. *Journal of Transport Geography*, available online 21 March 2018.
- Hornbæk, K., e Law, E. L. (2007) Meta-Analysis of Correlations Among Usability Measures. CHI '07 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California.
- Klaunberg, J., Elsner, L. A., e Knischewski, C. (2018) Dynamics of the spatial distribution of hubs in groupage networks – The case of Berlin. *Journal of Transport Geography*.
- Miodrag, Z.; Tesch, C. e Clausen, U. (2012) Improving Resource Management of Large Logistics Facilities. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 54, p. 12-18.
- Oliveira, L. K.; O. R. Santos; R. A. A. Nóbrega; R. L. M. Oliveira e L. Dablanc. (2017) Análise do espraiamento logístico: Um estudo para a região metropolitana de Belo Horizonte. *Revista Transportes*, v. 25, n. 4.
- Raimbault, N.; Andriankaja, D. e Paffoni, E. (2012) Understanding the Diversity of Logistics Facilities in Paris Region. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 39, p. 543-555.
- Sakai, T.; K. Kawamura e T. Hyodo. (2015) Locational dynamics of logistics facilities: Evidence from Tokyo. *Journal of Transport Geography*, V. 46, Pages 10-19.
- Sakai, T.; K. Kawamura e T. Hyodo. (2016) Logistics facility distribution in Tokyo Metropolitan area: Experiences and policy lessons. *Transportation Research Procedia*, v. 12, p. 263–277.
- Sakai, T.; K. Kawamura e T. Hyodo. (2017) Spatial reorganization of urban logistics system and its impacts: Case of Tokyo. *Journal of Transport Geography*, v. 60, Pages 110-118.
- Sakai, T.; K. Kawamura e T. Hyodo. (2018) The relationship between commodity types, spatial characteristics, and distance optimality of logistics facilities. *Journal of Transport and Land Use*, v. 11, n.1, pp. 575-591.
- Sakai, T.; K. Kawamura e T. Hyodo. (2019) Evaluation of the spatial pattern of logistics facilities using urban logistics land-use and traffic simulator. *Journal of Transport Geography*, v. 74, Pages 145-160.
- Spiekermann, K e Neubauer, J. (2002) European accessibility and peripherality: Concepts, models and indicators. Nordregio WorkingPaper, n.9, p.46.
- Strale, M. (2019) Logistics sprawl in the Brussels metropolitan area: Toward a socio-geographic typology. *Journal of Transport Geography*, available online 3 January 2019.
- Taniguchi, E.; R. G. Thompson; T. Yamada and R. Van Duin. (2001) City logistics – network modelling and intelligent transport systems. Pergamon.
- Todesco, P.; U. Weidmann e U. Haefeli. (2016) Logistics sprawl in the Region Zurich. In the Proceedings of 16th Swiss Transport Research Conference. Monte Verità, Ascona, Switzerland.
- van Den Heuvel, F. P.; P. W. Langen; K. H. Van Donselaar e J. C. Fransoo. (2013) Spatial concentration and location dynamics in logistics: the case of a Dutch province. *Journal of Transport Geography*, n. 28, 39–48.
- van Wee, B. e Banister, D. (2016) How to Write a Literature Review Paper?, *Transport Reviews*, 36:2, 278-288.
- Wohlin, C. (2014) Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering.
- Woudsma, C. e Jakubicek, P. (2019) Logistics land use patterns in metropolitan Canada. *Journal of Transport Geography*, 0–1. doi:10.1016/j.jtrangeo.2019.01.001
- Woudsma, C., P. Jakubicek, P e L. Dablanc. (2016) Logistics Sprawl in North America: Methodological Issues and a Case Study in Toronto. *Transp. Res. Procedia*, 12, pp. 474-488.