

TRANSFORMANDO CIDADES: O PAPEL DA PROXIMIDADE TECNOLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO URBANO

MICHELE KREMER SOTT

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS)

MARILUZA SOTT BENDER

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL (UNISC)

KAMILA DA SILVA BAUM

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL PUCRS

Agradecimento à orgão de fomento:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

TRANSFORMANDO CIDADES: O PAPEL DA PROXIMIDADE TECNOLÓGICA NO DESENVOLVIMENTO URBANO

1 Introdução

Regiões prosperam e se desenvolvem ao longo do tempo em termos de tecnologias, habilidades e conhecimento. Restringindo às cidades, percebe-se a influência dos espaços urbanos no desenvolvimento de economias de escala, na qualidade de vida da população e na prosperidade das organizações (CAMBOIM et al., 2019). No decurso de seu crescimento, as cidades passam por etapas de desenvolvimento e maturidade. Conforme crescem e se desenvolvem, a proximidade urbana e a densidade populacional geram inúmeros ganhos atrelados ao surgimento de novos setores industriais, mobilidade e acessibilidade, intercâmbio cultural, redução de custos e tempo, entre outros (NEIROTTI et al., 2014).

No entanto, nas entrelinhas do desenvolvimento urbano, as cidades atingem um ponto ótimo onde os ganhos de outrora se perdem frente aos problemas associados às desigualdades sociais, carência educacional, saúde pública precária, desemprego, congestionamento, violência, doenças e degeneração ecológica (CAMBOIM et al., 2019). Tais desafios precisam ser abordados, em diferentes níveis e dimensões urbanas, para que seja possível desenvolver atividades comprometidas com a configuração ambiental-urbana das cidades e com seus arcabouços sócioinstitucionais.

Neste contexto, estão sendo desenvolvidas estratégias e implementadas diversas ações com o intuito de promover o desenvolvimento socioeconômico e sustentável das cidades. Destas práticas erguem-se regiões de grande poder inovativo como o Vale do Silício e Singapura, e conceitos como ‘cidades inteligentes’ e ‘ecossistemas urbanos de inovação’ (BALLAND; BOSCHMA, 2021). Os planejadores urbanos, os formuladores de políticas públicas e os gestores de cidades tem unido esforços para identificar os elementos capazes de tornar os ambientes urbanos, principalmente as grandes cidades, mais sustentáveis, resilientes e inteligentes (DRITSA; BILORIA, 2018).

Apesar da importância do desenvolvimento das cidades, existem mais perguntas do que respostas sobre como ocorre a diversificação regional ao longo do tempo e sobre quais elementos favorecem – ou não – o desenvolvimento de regiões especializadas (HIDALGO et al., 2018). É neste contexto que surge e se desdobra o conceito de ‘proximidade’. Na literatura acadêmica, a proximidade é um campo complexo e amplamente estudado. A proximidade geográfica, por exemplo, estimula as interações universidade-empresa para a formação de redes de interação e compartilhamento de conhecimento (HU et al., 2021; SANTAMARÍA et al., 2021).

A proximidade setorial, por outro lado, considera os setores produtivos com características compartilhadas, sejam estas tecnologias, produtos ou processos, para o intercâmbio de informações e compartilhamento de conhecimento (BENTO et al., 2021; MAZZONI et al., 2022). A proximidade tecnológica, por sua vez, explora como o potencial tecnológico e suas inter-relações contribuem com o desenvolvimento de determinada região (NING; GUO, 2022; PANORI et al., 2022).

Especialmente no campo da geografia econômica evolucionária, o conceito de proximidade tecnológica tem se destacado ao tentar compreender o processo progressivo de diversificação regional de atividades econômicas e tecnológicas. A síntese empírica da proximidade defende que existe maior probabilidade que determinada região entre – ou saia – de uma atividade econômica em função das atividades relacionadas que constituem a região (HIDALGO et al., 2018). O mesmo se aplica a diversificação organizacional, uma vez que empresas podem diversificar seus produtos quando suas tecnologias de fabricação são

relacionadas, ou quando são facilmente absorvidas pelo mercado local. Assim, o princípio da proximidade pode ser generalizado para organizações, produtos ou tecnologias em nível metropolitano, regional ou nacional (HIDALGO et al., 2018). O fenômeno da proximidade abordado neste estudo se refere as mudanças tecnológicas e é chamado de proximidade tecnológica (do inglês *'Techonological Relatedness'* ou *'Technological Proximity'*), e explora as inter-relações que afetam o potencial tecnológico de regiões.

Considerando as evidências teóricas de estudos prévios (LO TURCO; MAGGIONI, 2019; BALLAND; BOSCHMA, 2021) que utilizaram a proximidade tecnológica para compreender o potencial de regiões para inovar em tecnologias e atividades econômicas, este estudo busca compreender, por meio de uma revisão de escopo da literatura, o potencial da proximidade tecnológica para guiar decisões assertivas que mitiguem os efeitos da adoção tecnológica. Além disso, busca-se identificar lacunas existentes na literatura para construir proposições de pesquisa que possam dar suporte a estudos futuros. Para nortear este trabalho, teve-se em mente a seguinte questão de pesquisa: como os espaços de conhecimento criados a partir da proximidade tecnológica mitigam os efeitos da complexidade da adoção tecnológica?

É importante ressaltar que a presente pesquisa, posicionada em um campo de estudo tão emergente e complexo, busca, antes de responder questões, levantar perguntas acerca do tema abordado. Logo, o presente estudo foi desenvolvido de forma que, a partir da revisão da literatura, possam emergir proposições de pesquisa testáveis para trabalhos futuros que explorem a proximidade tecnológica. Assim, esta pesquisa apresenta as referências seminais do campo de estudo e lacunas que possam inspirar pesquisas futuras e auxiliar na criação de espaços de conhecimento que, por sua vez, auxiliarão no desenvolvimento de regiões, principalmente as urbanas.

Este trabalho está estruturado por meio de seções. A presente seção contextualizou o campo de estudo e apresentou a questão de pesquisa. A seção seguinte apresenta um breve referencial sobre proximidade tecnológica. A seção 3 detalha os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo. A seção 4 contém os resultados e discussões do estudo, incluindo as proposições de pesquisa criadas. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais.

2 Proximidade tecnológica

Evidências mostram que, historicamente, regiões possuem maior probabilidade de diversificar no desenvolvimento, na adoção ou na transferência de tecnologias quando estas estão ramificadas com outras pré-existentes na região (NEFFKE et al., 2011). Assim, para a evolução econômica de uma região em particular, é fundamental conhecer suas atividades e tecnologias pré-instaladas para que sirvam de alicerce para a adoção de novas tecnologias ou para a introdução de novas atividades econômicas. Este pressuposto é particularmente verdadeiro no contexto da atual revolução industrial que, fomentada pelo conceito de Indústria 4.0, tem estimulado a adoção tecnológica em cenários variados como fábricas digitais e cidades inteligentes (SOTT et al., 2021; VERHULSDONCK et al., 2023). É neste sentido que a proximidade tecnológica permite criar um espaço de conhecimento acerca das relações entre tecnologias pré-existentes para nortear decisões futuras mais assertivas (BOSCHMA et al., 2018).

A adoção tecnológica é um processo complexo que envolve, em diferentes níveis, vários atores urbanos. Para além da implementação tecnológica, a adoção de uma tecnologia envolve os fatores comportamentais, como as atitudes, crenças, aceitação, percepções de utilidade e facilidade de uso pelos seus usuários, seja no cotidiano pessoal ou profissional (FOSTER; ROSENZWEIG, 2010; LAI, 2017). Assim, a diversificação tecnológica regional é um desafio enfrentado por governos que tentam implementar novas políticas digitais, pelas organizações que planejam produzir novos produtos ou transformar seus processos, pelos centros de pesquisa

que buscam desenvolver novas tecnologias, e pela população, que diariamente tenta acompanhar e se adaptar as mudanças tecnológicas (BOSCHMA et al., 2022).

Neste contexto, entre os benefícios advindos da proximidade tecnológica e os desafios da adoção tecnológica, existe o desafio de integrá-las. Se por um lado a proximidade tecnológica tem o papel de promover a difusão do conhecimento entre os atores locais e estimular a adoção tecnológica, por outro lado, a adoção tecnológica bem-sucedida pode aumentar o grau de proximidade tecnológica de determinada região (TSENG, 2022).

Uma vez compreendido o processo de adoção de novas tecnologias e sua relação com a proximidade tecnológica, é importante ter em mente seu potencial para a competitividade regional. Quanto maior a proximidade tecnológica e as relações entre as tecnologias pré-existentes, maior é o potencial da região para atrair empresas de alta tecnologia, desenvolver clusters tecnológicos, estimular a pesquisa e o desenvolvimento, e fomentar o empreendedorismo e as startups (YEUNG, 2021).

3 Procedimentos metodológicos

Este estudo seguiu a estrutura de uma revisão de escopo da literatura, de caráter crítico-reflexivo, a fim de explorar a literatura do campo de estudo ao passo em que gera proposições de pesquisa. O protocolo PRISMA-ScR foi utilizado para assegurar a robustez do estudo e estruturar a síntese qualitativa dos resultados (TRICCO et al., 2015; SOTT; BENDER; BAUM, 2022). Foram utilizados documentos publicados na base de dados Web of Science (WoS), por se tratar de uma base de dados robusta com revistas de alto fator de impacto indexadas (FURSTENAU et al., 2021; SEVERO et al., 2021).

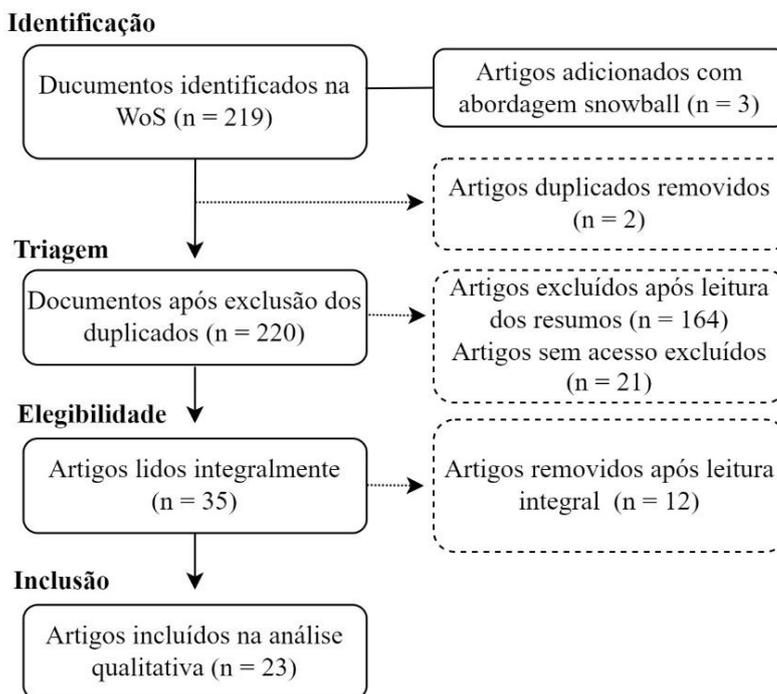
A *string* de busca utilizada foi: (“*technological relatedness*” or “*technological proximity*”). Foram considerados apenas artigos e revisões publicados em inglês, com os termos de busca presentes no título, no resumo ou nas palavras-chaves. Não foram incluídas restrições/filtros de tempo, categorias ou áreas de pesquisa. A fim de refinar a busca para documentos publicados em *journals* de alto impacto, a amostra foi limitada a *journals* do Quartile 1 (Q1) com base na classificação presente na própria Web of Science. A busca foi realizada de tal maneira com o intuito de identificar todos os documentos indexados na base de dados que discutiram ou consideraram a proximidade tecnológica para analisar o desenvolvimento de regiões. Na sequência, foi realizada uma nova triagem com o intuito de selecionar apenas artigos publicados em *journals* melhor classificados no ranking Scimago (h-index > 70).

A revisão de escopo seguiu os seguintes passos: (i) busca de literatura relacionada; (ii) critérios de elegibilidade; (iii) processo de triagem; (iv) processo de abstração de dados, e; (v) síntese qualitativa (SOTT; BENDER; BAUM, 2022). Nas etapas de triagem e elegibilidade, os artigos foram lidos e analisados individualmente por dois pesquisadores, e eventuais discordâncias foram discutidas e resolvidas juntamente com um terceiro autor.

Além disso, a abordagem *snowball* foi utilizada para identificar outros documentos relacionados com o objetivo do estudo. Esta abordagem consiste em verificar as referências citadas nos artigos selecionados para a síntese qualitativa, a fim de verificar possíveis referências adicionais, de outras fontes, que podem ser agregadas ao estudo (JOHNSON, 2014).

Ao todo, foram identificados 219 documentos na Web of Science associados ao objetivo deste estudo. Após aplicados os critérios de exclusão, triagem e elegibilidade, 23 documentos foram selecionados para compor a síntese qualitativa do estudo. A Figura 1 evidencia os passos do PRISMA-ScR seguidos nesta pesquisa.

Figura 1. Passos do PRISMA-ScR.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Dos artigos resultantes, foram identificados os mais relevantes para explicar a proximidade tecnológica e sua contribuição para o desenvolvimento regional, bem como para identificar lacunas na literatura. Deste modo, este estudo parte de um modelo tradicional de revisão teórica para identificar proposições de pesquisa. Tais proposições foram criadas com o intuito de refletir teoricamente evidências relevantes e pouco exploradas ou ainda não respondidas na literatura.

4 Resultados e discussões

Esta seção apresenta os principais resultados da revisão de escopo. Os achados e as lacunas da literatura são utilizados para a formulação de proposições de pesquisa.

4.1 Evolução e novos rumos do desenvolvimento urbano

Devido à complexidade do campo de estudo, foram encontradas poucas pesquisas que utilizaram a proximidade tecnológica para explorar o potencial de cidades ou regiões para inovar em atividades ou tecnologias. Apesar disso, as pesquisas realizadas mostram que a proximidade tecnológica é diretamente relacionada ao desenvolvimento regional e econômico (FARINHA et al., 2019; WHITTLE; KOGLER, 2020). No caso da adoção tecnológica, a evolução setorial de economias regionais e as oportunidades de diversificação são previstas através de robustas análises de depósitos de patentes e dados demográficos e econômicos para criar modelos que indiquem o grau de proximidade entre as tecnologias (BALLAND; BOSCHMA, 2021).

À luz deste pressuposto, o mapeamento da geografia das tecnologias parte da identificação de classes de tecnologias chaves (número de registros de patentes, por exemplo) e particularidades regionais (Produto Interno Bruto (PIB), população, índices de educação, investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), entre outros) para construir um espaço

de conhecimento através do qual seja possível determinar o grau de proximidade tecnológica (BALLAND; BOSCHMA, 2021).

Para compreender a importância do conhecimento acerca do grau de proximidade em determinada região, é importante ter em mente que: quanto mais complexa determinada tecnologia, menor a chance de ser introduzida em determinado local, em contrapartida, a complexidade tecnológica pode aumentar o desenvolvimento econômico da região, e; cidades tendem a introduzir tecnologias associadas a atividades e tecnologias pré-instaladas, logo, a adoção de tecnologias complexas encoraja a introdução de outras. Neste sentido, tecnologias associadas a outras pré-instaladas possuem maior probabilidade de adentrar regiões metropolitanas, uma vez que estas são centros de conhecimento com elevado e variado número de atividades e tecnologias (FARINHA et al., 2019).

É neste sentido que a proximidade mitiga os efeitos da complexidade de adoção, desenvolvimento e transferência de tecnologias e auxilia na identificação de oportunidades, norteando caminhos oportunos para aumentar o desenvolvimento econômico de determinada região (FARINHA et al., 2019). Seus resultados podem fomentar a criação de novos empregos, investimentos em educação e em pesquisa e desenvolvimento, incitar o surgimento de novas indústrias e de regiões férteis em inovação (exemplo: Vale do Silício e Singapura), e servir de guia para o desenvolvimento de políticas públicas e medidas em prol do desenvolvimento sustentável (BALLAND; BOSCHMA, 2021).

Com base no que é defendido pelos autores seminais, é possível extrapolar a proximidade tecnológica como estratégia para o desenvolvimento de ecossistemas de inovação urbanos. Tais ecossistemas são forças críticas por trás do desenvolvimento regional (AUDRETSCH; BELITSKI, 2017) e representam a combinação, a competição e a cooperação entre uma série de atores como empresas, universidades, poder público e sociedade civil organizada (FRENKEL; MAITAL, 2014). As inovações geradas nos ambientes dinâmicos e complexos dos ecossistemas urbanos tem ganhado espaço na agenda de pesquisadores e de praticantes, especialmente daqueles dedicados a políticas públicas ou com interesses econômicos, técnicos e sociais, convergindo ações em prol de interesses diferentes, mas que cooperam e competem em determinada área geográfica, seja uma região ou uma cidade (ADNER; KAPOOR, 2016; APPIO et al., 2018; FRENKEL; MAITAL, 2014).

Ao falar de proximidade tecnológica duas questões se destacam na literatura acadêmica. Primeiro, sua relação com as capacidades locais que dão forma e caracterizam as particularidades de cada região. Segundo, merece destaque o papel da proximidade tecnológica no contexto da transformação digital, especialmente da quarta revolução industrial. Assim, as subseções a seguir exploram tais questões associadas a proximidade tecnológica relacionando pesquisas seminais e recentes do campo de estudo.

4.2 Proximidade tecnológica e as capacidades locais

Para que uma cidade se desenvolva e se torne um ecossistema urbano de inovação, precisa de profundas mudanças em sua estrutura econômica e em seus relacionamentos com atores locais para o desenvolvimento, acúmulo e transferência de conhecimentos, habilidades e capacidades de inovação (FREEMAN, 1982). Deste modo, sistemas de inovação regionais enfrentam o desafio de absorver capacidades relevantes para construir ativos comuns a partir de afinidades ou compatibilidades entre atividades e geografias. Os ecossistemas urbanos de inovação, por vezes elucidados como cidades inteligentes, gradativamente tem ganhado espaço ao redor do globo, como o @22 que representa o celeiro de inovação de Barcelona, a Ruta N de negócios inovadores em Medellín na Colômbia, ou o Pacto Alegre e o programa Inova RS no sul do Brasil (THOMAS; FACCIN; ASHEIM, 2021)

Neste contexto, as capacidades locais podem ser vistas tanto da ótica organizacional quanto do ponto de vista regional. Enquanto organizacional, as capacidades locais representam o conjunto de atividades e processos derivados dos ativos organizacionais e do aprendizado contínuo para gerar vantagem competitiva para a empresa, de modo sustentável e a longo prazo (KUSUNOKI, 1998). No que tange as capacidades locais no âmbito regional ou das cidades, refere-se aquelas capacidades que se desenvolvem ao longo do tempo e podem ser difíceis de copiar ou de reproduzir em outro local geográfico, uma vez que são constituídas pela história do local e pelo comportamento de seus atores (ASHEIM; ISAKSEN, 1997). As capacidades locais são sistemas amplos que combinam a infraestrutura da região com seus recursos naturais, de instituições, e habilidades e conhecimentos de seus atores, sendo muito mais amplas que o papel da firma ou das instituições que operam em determinado contexto geográfico (MASKELL; MALMBERG, 1999; GAMMELTOFT, 2003). Neste sentido, regiões possuem ordens sociais, culturas, processos institucionais e valores que, juntamente com questões ambientais e geográficas, são fonte de diversificação regional (COOKE et al., 1997; BOSCHMA; FRENKEN, 2010). É neste contexto que as capacidades locais propiciam muitos benefícios para as regiões e possibilitam o desenvolvimento de ambientes propícios para desenvolver ou potencializar inovações e empreendedorismo. Ainda mais importante do que falar das atividades em si, é observar que o valor agregado não nasce de maneira isolada, mas a partir de interações, relações e inter-relações entre atores e elementos (FELDMAN; MARTIN, 2005; BOSCHMA et al., 2012).

Apesar da proximidade tecnológica considerar relações entre tecnologias – ou atividades – pré-instaladas, percebe-se que existe uma lacuna no que tange a análise das capacidades locais. Por meio da literatura, é possível perceber que a proximidade tecnológica depende de dados e análises complexas em maior profundidade. Uma forma de explorá-la em pesquisas futuras pode ser relacionando-a com as capacidades dinâmicas locais para identificar como estas são capazes de suportar a proximidade ou fazer com que ocorra mais facilmente. A partir disso, e para atender lacunas não suficientemente respondidas na literatura, foram compostas duas proposições de pesquisa. A primeira consiste em considerar as capacidades locais para compor a proximidade. Apesar de haver pesquisas que exploram as capacidades locais, nenhuma foi encontrada – até a realização deste estudo – que as relacione com a proximidade tecnológica.

- *Proposição 1.* O conhecimento acerca das capacidades locais facilita a criação de espaços de conhecimento gerados pela proximidade tecnológica. Assim, avaliar as capacidades locais de determinada região é o primeiro passo para aumentar a proximidade tecnológica.

É sabido que a proximidade tecnológica é uma forma de suportar o desenvolvimento de uma região e que, em um nível de inovação regional, pode suportar a digitalização e a transformação de cidades. Neste sentido, a proximidade pode ser vista enquanto estratégia, uma vez que permite, além das análises já mencionadas acerca de relações entre tecnologias e atividades atuais, criar uma linha do tempo que mostre a evolução de determinada região ao longo dos anos sob uma ótica processual, e evidenciar para onde sua produção e economia se mostram voltadas. A geografia do conhecimento e da inovação mencionados pelos trabalhos seminais de Boschma et al. (2014, 2015, 2017, 2021), pode ser mapeada com a proximidade tecnológica para identificação de fenômenos catalisadores do desenvolvimento econômico. Tal conhecimento poderá potencializar as atividades já concentradas geograficamente ou aquelas que podem ser desenvolvidas por possuírem recursos relacionados pré-instalados.

Em pesquisas recentes, e também no mundo corporativo, maior atenção tem sido dada aos processos de criação e gestão de conhecimento (NEFFKE et al., 2011; RIGBY, 2015). A análise espacial dos espaços de conhecimento gerados pela proximidade tecnológica identifica áreas críticas para inovação, seu desenvolvimento ao longo do tempo e o impacto em outras

atividades econômicas. Apesar de seu potencial, a proximidade tecnológica ainda é pouco explorada, seja pela sua complexidade ou desconhecimento de seu potencial. Assim, a segunda proposição se debruça a olhar a teoria a partir de cenários empíricos. Sabe-se que atividades e tecnologias pré-existentes (capacidades locais) impactam o grau de proximidade. A partir disso, as capacidades locais existentes são norteadoras de determinada região, e precisam ser analisadas em profundidade para compreender quais são as estratégicas para o desenvolvimento regional e quais seus graus de complexidade e relacionamento. Assim, foi composta a segunda proposição de pesquisa:

- *Proposição 2.* Quanto maior o nível de desenvolvimento de determinada capacidade local, maior seu grau de complexidade e influência no aumento da proximidade tecnológica.

Em outras palavras, as capacidades locais devem ser identificadas e classificadas de acordo com sua importância para a região foco de estudo, ou seja, elencando as capacidades estratégicas da região. A partir disso, podem ser exploradas suas relações com as atividades e tecnologias locais para aumentar a proximidade tecnológica da região.

4.3 Proximidade tecnológica e a transformação digital

Inovações, especialmente as tecnológicas, são consideradas as principais impulsionadoras do desenvolvimento econômico (BALLAND; BOSCHMA, 2021). Este pressuposto põe em destaque o atual fenômeno da Indústria 4.0, que traz consigo uma gama tecnológica de grande poder transformacional. Contudo, as inovações são distribuídas de modo desigual geograficamente e há pouco conhecimento sobre quais regiões tem maior potencial de diversificar e desenvolver novas tecnologias ao longo do tempo, bem como seus resultados a longo prazo (BOSCHMA, 2017). Pesquisas recentes do campo da geografia econômica tentam explicar transformações espaciais e regionais advindas da inovação tecnológica e defendem a exploração em profundidade do chamado espaço de conhecimento – ou espaço relacional – para identificar e prever as relações entre tecnologias e seus impactos na capacidade de desenvolvimento de cada região.

Alguns estudos acerca da análise da proximidade tecnológica de regiões merecem ser destacados. Balland e Boschma (2021) relacionaram tecnologias emergentes atreladas ao conceito de Indústria 4.0 com a proximidade tecnológica para medir a capacidade de regiões da Europa de desenvolver ou adotar tais tecnologias. Em seu estudo, os autores mostram como as tecnologias da Indústria 4.0 se relacionam com outras tecnologias locais e com outras tecnologias 4.0 criando um espaço de conhecimento. A rede criada pelos autores mostra que algumas tecnologias como a manufatura aditiva, a inteligência artificial e os robôs autônomos aparecem na borda do espaço de conhecimento, o que indica que ainda não possuem muitas relações com outras tecnologias e estão emergindo na região indicada, podendo ou não alcançar o sucesso esperado. Na análise, os autores calculam o RTA (*relative technological advantage*) que, quanto mais alto o *score*, maior o grau de densidade de proximidade de determinada região, e maior o sucesso da região para adotar determinada tecnologia. Assim, os autores mostram que as regiões da Europa possuem potenciais diferentes para investir e adotar diferentes tecnologias da Indústria 4.0, identificando quais regiões tem maior potencial de investir em cada tipo de tecnologia.

Na mesma linha, Rigby (2015) explorou a proximidade tecnológica e seu espaço de conhecimento através dos registros de patentes de 1975 a 2005 em cidades dos Estados Unidos da América. Através dos mapas de conhecimento do autor é possível perceber mudanças ao longo de quatro períodos de tempo. Até 1985 não houve destaque em nenhuma área de conhecimento ou tecnologia, no entanto, nos 10 anos seguintes ocorreu uma explosão de registros de patentes na área de medicamentos. Na última década, no entanto, o espaço de

conhecimento do Estados Unidos se transformou novamente, e de 1995 até 2005, a área médica diminuiu de proporção e se equiparou às áreas de computadores, comunicação e eletrônica, que ganharam mais espaço nos últimos anos.

Outros autores analisaram ainda como as relações entre universidade-indústria influenciam ou potencializam a proximidade tecnológica (PETRUZZELLI, 2011), e como uma maior densidade de proximidade potencializa a transformação industrial na China (WANG et al., 2021). Estes estudos demonstram que as tecnologias que estão mais próximas da base de conhecimento existente na região são mais propensas a se desenvolverem do que aquelas que não estão relacionadas. É neste sentido que a proximidade tecnológica se associa com a transformação digital, ao explorar possibilidades de desenvolvimento, adoção e transferência de tecnologias emergentes atreladas ao atual fenômeno da Indústria 4.0. Para a criação de cidades inteligentes ou para o surgimento de áreas de grande poder de inovação, a compreensão da proximidade tecnológica possibilita maior assertividade nas decisões e, conseqüentemente, maior desenvolvimento tecnológico e econômico para a região.

No Brasil, por exemplo, existem tentativas individuais de organizações e programas governamentais (como o E-digital) que buscam a transformação digital de organizações, de cidades, regiões e diferentes setores através das tecnologias emergentes da Indústria 4.0 (BROGNOLI; FERENHOF, 2020; SOTT et al., 2020). Apesar das discussões sobre o tema, nenhuma pesquisa foi encontrada que mapeie o potencial das regiões brasileiras para adotar ou desenvolver tais tecnologias.

A identificação da relação entre tecnologias, produtos, indústrias e capacidades locais existentes na região podem ajudar a prever futuras trajetórias tecnológicas, afetando o desenvolvimento regional e o surgimento de novas indústrias (BALLAND; BOSCHMA, 2021). Apesar do potencial da proximidade tecnológica para fomentar o desenvolvimento regional, poucas pesquisas a caracterizam como estratégia e de fato a exploram como um plano local que ofereça retornos para a sociedade. A partir disso, são apresentadas duas proposições de pesquisa que podem ser exploradas em estudos futuros a fim de promover maior grau de proximidade e facilitar a transformação digital de cidades.

- *Proposição 3.* A proximidade tecnológica é uma estratégia regional e inter-regional, pois influencia relações inter-regionais para o desenvolvimento de patentes inovadoras e tecnologias.

Como posto, conhecimentos externos relacionados podem promover avanços significativos entre as regiões. Assim, é possível criar ligações entre regiões para que estas cooperem e compitam através de suas atividades relacionadas pré-existentes. As recentes tentativas da geografia econômica evolutiva de explicar as mudanças nas estruturas espaciais e regionais por meio da inovação tecnológica endógena se mostraram coerentes (BALLAND; BOSCHMA, 2021). Assim, os espaços de conhecimento identificam tipos de conhecimento e trajetórias tecnológicas para auxiliar no desenvolvimento de capacidades locais (capacidades tecnológicas, industriais, empreendedoras, educacionais etc.) para o desenvolvimento de regiões. Portanto, além de considerar a proximidade tecnológica como estratégia e explorar as inter-relações entre regiões, também é possível – e necessário – considerar as inter-relações que vão além das patentes registradas, o que é apresentado na seguinte proposição de pesquisa.

- *Proposição 4.* A proximidade tecnológica pode medir capacidades que vão além de registros e depósitos de patentes tecnológicas para criar um mapa de conhecimento regional e prospectar caminhos futuros.

Com base nesta proposição, propõem-se que a análise de capacidades científicas locais, por exemplo, influenciam a proximidade juntamente com as tecnologias e são capazes de fomentar o desenvolvimento de ecossistemas urbanos de inovação.

5 Considerações finais

Esta revisão de escopo faz uma breve introdução à proximidade tecnológica, suas relações com as capacidades locais regionais e com a transformação digital das cidades. Para cada ponto, são apontadas uma ou mais proposições de pesquisas futuras. Percebe-se que a proximidade tecnológica é capaz de identificar potenciais de desenvolvimento de atividades, indústrias e tecnologias em regiões, tanto mapeando sua evolução ao longo do tempo, quanto gerando um espaço de conhecimento capaz de guiar decisões futuras acerca do desenvolvimento econômico de cidades e regiões. Assim, percebe-se que a proximidade tecnológica mitiga os efeitos da complexidade da adoção tecnológica, embora possa ser melhor explorado através da análise das capacidades locais das regiões.

A proximidade tecnológica pode ser vista como uma estratégia para a criação de espaços de conhecimento que sejam capazes de nortear a atenção dada às atividades econômicas desenvolvidas em regiões específicas. Este conhecimento pode servir de guia para investimentos em educação, projetos de pesquisa e desenvolvimento, e criação de políticas públicas. Assim, ao longo do tempo, regiões poderão desenvolver treinamentos especializados com foco em habilidades necessárias para o desenvolvimento local, novas estruturas industriais, cidades inteligentes e centros de inovação.

Este estudo se limita ao explorar apenas artigos e revisões disponíveis na base de dados Web of Science. Além disso, discute brevemente as relações da proximidade tecnológica com as capacidades locais e com a transformação digital. As proposições de pesquisa apresentadas partem da revisão da literatura realizada, e não possuem relação com algum estudo empírico realizado pelos autores deste estudo.

Como pesquisas futuras, sugere-se que sejam exploradas as proposições de pesquisa apresentadas em cada um dos tópicos. Além disso, pode ser realizada uma revisão da literatura mais abrangente, ou uma meta-síntese de estudos de caso empíricos, para identificar lacunas relacionadas ao uso da proximidade tecnológica para análises da geografia econômica.

Ademais, este estudo possibilitou maior conhecimento acerca da proximidade tecnológica e dos trabalhos teóricos e empíricos que discutiram o tema. Espera-se que esta revisão crítica-reflexiva da literatura, ao identificar proposições de pesquisa testáveis, sirva de base para estudos futuros no campo de pesquisa.

Referências

ADNER, Ron; KAPOOR, Rahul. Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves. *Strategic management journal*, 2016, vol. 37, no 4, p. 625-648.

APPIO, Francesco Paolo, et al. Digital transformation and innovation management: opening up the black box. *Journal of Product Innovation Management*, 2018, p. 1-6.

ASHEIM, Bjørn T.; ISAKSEN, Arne. Location, agglomeration and innovation: Towards regional innovation systems in Norway?. *European planning studies*, 1997, vol. 5, no 3, p. 299-330.

AUDRETSCH, David B.; BELITSKI, Maksim. Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions. *The Journal of Technology Transfer*, 2017, vol. 42, p. 1030-1051.

BALLAND, Pierre-Alexandre; BOSCHMA, Ron. Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies. *Regional Studies*, 2021, vol. 55, no 10-11, p. 1652-1666.

- BENTO, Nuno; FONTES, Margarida; BARBOSA, Juliana. Inter-sectoral relations to accelerate the formation of technological innovation systems: Determinants of actors' entry into marine renewable energy technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, vol. 173, p. 121136.
- BOSCHMA, Ron, et al. Regional diversification in Brazil: the role of relatedness and complexity. Utrecht University, Department of Human Geography and Spatial Planning, Group Economic Geography, 2022.
- BOSCHMA, Ron, et al. Technological breakthroughs in European regions: The role of related and unrelated combinations. Utrecht University, Human Geography and Planning, 2021.
- BOSCHMA, Ron, et al. Technological relatedness and regional branching. *Beyond territory. Dynamic geographies of knowledge creation, diffusion and innovation*, 2012, vol. 29, p. 64-68.
- BOSCHMA, Ron, et al. Towards a theory of regional diversification: Combining insights from evolutionary economic geography and transition studies. *Regional studies*, 2017, vol. 51, no 1, p. 31-45.
- BOSCHMA, Ron. Relatedness as driver of regional diversification: A research agenda. *Regional Studies*, 2017, vol. 51, no 3, p. 351-364.
- BOSCHMA, Ron; BALLAND, Pierre-Alexandre; KOGLER, Dieter Franz. Relatedness and technological change in cities: The rise and fall of technological knowledge in US metropolitan areas from 1981 to 2010. *Industrial and corporate change*, 2015, vol. 24, no 1, p. 223-250.
- BOSCHMA, Ron; FRENKEN, Koen. The spatial evolution of innovation networks: a proximity perspective. En *The handbook of evolutionary economic geography*. Edward Elgar Publishing, 2010.
- BOSCHMA, Ron; HEIMERIKS, Gaston; BALLAND, Pierre-Alexandre. Scientific knowledge dynamics and relatedness in biotech cities. *Research policy*, 2014, vol. 43, no 1, p. 107-114.
- BROGNOLI, Tainara, Silva; FERENHOF, Helio Aisenberg. Transformação digital no governo brasileiro: desafios, ações e perspectivas. *Navus: Revista de Gestão e Tecnologia*, 2020, no 10, p. 73.
- CAMBOIM, Guilherme Freitas; ZAWISLAK, Paulo Antônio; PUFAL, Nathália Amarante. Driving elements to make cities smarter: Evidences from European projects. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, vol. 142, p. 154-167.
- COOKE, Philip; URANGA, Mikel Gomez; ETXEBARRIA, Goio. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research policy*, 1997, vol. 26, no 4-5, p. 475-491.
- DRITSA, Dimitra; BILORIA, Nimish. Towards a multi-scalar framework for smart healthcare. *Smart and Sustainable Built Environment*, 2018, vol. 7, no 1, p. 33-52.
- FARINHA, Teresa, et al. What drives the geography of jobs in the US? Unpacking relatedness. *Industry and Innovation*, 2019, vol. 26, no 9, p. 988-1022.
- FELDMAN, Maryann; MARTIN, Roger. Constructing jurisdictional advantage. *Research Policy*, 2005, vol. 34, no 8, p. 1235-1249.
- FOSTER, Andrew D.; ROSENZWEIG, Mark R. Microeconomics of technology adoption. *Annu. Rev. Econ.*, 2010, vol. 2, no 1, p. 395-424.

- FREEMAN, Chris. Technological infrastructure and international competitiveness. Paris: OECD, August 1982. Mimeo.
- Frenkel, A.; Maital, S. Mapping National Innovation Ecosystems; Foundations for Policy Consensus. Edward Elgar Co.: London, UK, forthcoming 2014.
- FURSTENAU, Leonardo Bertolin, et al. An overview of 42 years of lean production: Applying bibliometric analysis to investigate strategic themes and scientific evolution structure. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2021, vol. 33, no 9, p. 1068-1087.
- GAMMELTOFT, Peter. Embedded flexible collaboration and development of local capabilities: a case study of the Indonesian electronics industry. *International Journal of Technology Management*, 2003, vol. 26, no 7, p. 743-766.
- HIDALGO, César A., et al. The principle of relatedness. En *Unifying Themes in Complex Systems IX: Proceedings of the Ninth International Conference on Complex Systems 9*. Springer International Publishing, 2018. p. 451-457.
- HU, Chuan, et al. Distance matters: Investigating how geographic proximity to ENGOs triggers green innovation of heavy-polluting firms in China. *Journal of Environmental Management*, 2021, vol. 279, p. 111542.
- JOHNSON, Timothy P. Snowball sampling: introduction. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 2014.
- KUSUNOKI, Ken; NONAKA, Ikujiro; NAGATA, Akiya. Organizational capabilities in product development of Japanese firms: a conceptual framework and empirical findings. *Organization science*, 1998, vol. 9, no 6, p. 699-718.
- LAI, Poey Chin. The literature review of technology adoption models and theories for the novelty technology. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 2017, vol. 14, p. 21-38.
- LO TURCO, Alessia; MAGGIONI, Daniela. Local discoveries and technological relatedness: the role of MNEs, imports and domestic capabilities. *Journal of Economic Geography*, 2019, vol. 19, no 5, p. 1077-1098.
- MASKELL, Peter; MALMBERG, Anders. Localised learning and industrial competitiveness. *Cambridge journal of economics*, 1999, vol. 23, no 2, p. 167-185.
- MAZZONI, Leonardo; INNOCENTI, Niccolò; LAZZERETTI, Luciana. What kinds of relatedness promote new firm formation? Evidence from Italy. *Industry and Innovation*, 2022, vol. 29, no 1, p. 53-73.
- NEFFKE, Frank; HENNING, Martin; BOSCHMA, Ron. How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic geography*, 2011, vol. 87, no 3, p. 237-265.
- NEIROTTI, Paolo, et al. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 2014, vol. 38, p. 25-36.
- NING, Lutao; GUO, Rui. Technological diversification to green domains: Technological relatedness, invention impact and knowledge integration capabilities. *Research Policy*, 2022, vol. 51, no 1, p. 104406.

- PANORI, Anastasia; KAKDERI, Christina; DIMITRIADIS, Ilias. Combining technological relatedness and sectoral specialization for improving prioritization in Smart Specialisation. *Regional Studies*, 2022, vol. 56, no 9, p. 1454-1467.
- PETRUZZELLI, Antonio Messeni. The impact of technological relatedness, prior ties, and geographical distance on university–industry collaborations: A joint-patent analysis. *Technovation*, 2011, vol. 31, no 7, p. 309-319.
- RIGBY, David L. Technological relatedness and knowledge space: Entry and exit of US cities from patent classes. *Regional Studies*, 2015, vol. 49, no 11, p. 1922-1937.
- SANTAMARÍA, Luis; NIETO, María Jesús; RODRÍGUEZ, Alicia. Failed and successful innovations: The role of geographic proximity and international diversity of partners in technological collaboration. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, vol. 166, p. 120575.
- SEVERO, Priscilla Paola, et al. Thirty years of human rights study in the web of science database (1990–2020). *International journal of environmental research and public health*, 2021, vol. 18, no 4, p. 2131.
- SOTT, Michele Kremer, et al. Precision techniques and agriculture 4.0 technologies to promote sustainability in the coffee sector: state of the art, challenges and future trends. *IEEE Access*, 2020, vol. 8, p. 149854-149867.
- SOTT, Michele Kremer, et al. Process modeling for smart factories: using science mapping to understand the strategic themes, main challenges and future trends. *Business Process Management Journal*, 2021, vol. 27, no 5, p. 1391-1417.
- SOTT, Michele Kremer; BENDER, Mariluz Sott; DA SILVA BAUM, Kamila. Covid-19 Outbreak in Brazil: Health, Social, Political, and Economic Implications. *International Journal of Health Services*, 2022, vol. 52, no 4, p. 442-454.
- THOMAS, Elisa; FACCIN, Kadigia; ASHEIM, Bjørn Terje. Universities as orchestrators of the development of regional innovation ecosystems in emerging economies. *Growth and change*, 2021, vol. 52, no 2, p. 770-789.
- TRICCO, Andrea C., et al. A scoping review of rapid review methods. *BMC medicine*, 2015, vol. 13, no 1, p. 1-15.
- TSENG, Kevin. Learning from the Joneses: Technology spillover, innovation externality, and stock returns. *Journal of Accounting and Economics*, 2022, vol. 73, no 2-3, p. 101478.
- VERHULSDONCK, Gustav, et al. Smart Cities, Playable Cities, and Cybersecurity: A Systematic Review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 2023, vol. 39, no 2, p. 378-390.
- WANG, Cassandra C.; GEREFFI, Gary; LIU, Zhigao. Beyond technological relatedness: An evolutionary pro-growth coalition and industrial transformation in Kunshan, China. *Growth and Change*, 2021, vol. 52, no 4, p. 2318-2341.
- WHITTLE, Adam; KOGLER, Dieter F. Related to what? Reviewing the literature on technological relatedness: Where we are now and where can we go?. *Papers in Regional Science*, 2020, vol. 99, no 1, p. 97-113.

YEUNG, Henry Wai-chung. Regional worlds: from related variety in regional diversification to strategic coupling in global production networks. *Regional Studies*, 2021, vol. 55, no 6, p. 989-1010.