Metodologia para o estudo da Indústria 4.0 na Geografia: uma análise a partir das patentes depositadas no município de Campinas/SP

DOI: 10.54446/bcg.v15i1.3707

Eduardo Nardez[1], *Eliseu Savério Sposito*[2]

Resumo

Partindo da constatação de que a indústria 4.0 é uma realidade e que os indicadores para sua compreensão ainda estão em desenvolvimento, propomos uma metodologia que combina diferentes setores e fontes para valorizar os dados referentes à indústria 4.0, levando em conta as classificações internacionais. Na primeira etapa, adotamos a proposição da OCDE para os setores de alta, média-alta e média tecnologia, visando a análise desse novo paradigma tecnoeconômico. Em seguida, levamos em conta as patentes depositadas no Brasil a partir da análise da base de dados do INPI e do relatório Patents and the Fourth Industrial Revolution. Além disso, levamos em consideração aspectos mais amplos como o PIB e o papel das universidades e dos institutos de pesquisa. Tomando Campinas como estudo de caso, utilizamos representações cartográficas para localizar as principais indústrias e identificar áreas de maior densidade tecnológica. Assim, a metodologia proposta baseia-se na coleta e análise de dados de patentes, sendo um indicador essencial para compreender a dinâmica da Indústria 4.0.

PALAVRAS-CHAVE: indústria 4.0, metodologia de pesquisa, patentes, Campinas.

1 Mestrando e geógrafo pela Universidade Estadual Paulista (Unesp – campus Presidente Prudente). E-mail: edunardez@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1886-9439.

2 Professor Titular aposentado e Emérito da Universidade Estadual Paulista (Unesp – campus Presidente Prudente). Doutor, mestre e geógrafo pela Universidade de São Paulo, com pós-doutorado pela Universidade Paris 1. E-mail: essposito@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8887-8720.

Introdução

Neste texto vamos trabalhar com o objetivo de aprofundar a investigação sobre a Indústria 4.0 (I4.0) por meio da proposição e análise de indicadores que permitem uma compreensão mais ampla do espaço geográfico, mesmo que uma das principais referências seja um conjunto de dados específicos, que são o número de patentes registradas em um município no estado de São Paulo, mais precisamente, Campinas. Esboçamos uma análise para avaliar as forças da indústria para, como corolário, expor como ocorre sua especialização e, em termos relativos, a espacialização das empresas que produzem as tecnologias da I4.0. Por essas razões, os dados de patentes foram produzidos para captar o potencial do município de Campinas/SP no que concerne à produção de novos conhecimentos em tecnologias referentes à I4.0, associados a outros indicadores como a existência de universidades e instituições de pesquisa, e investimentos em pesquisa.

Para esboçar a metodologia, foram necessários ajustes para produzir e organizar as informações geográficas, considerando o recorte analítico espacial para representar uma fração da realidade. A falta de propostas metodológicas operacionais ainda representa um desafio para explorar todo o potencial da I4.0 e para verificar como ela se manifesta espacialmente. Apesar de algumas limitações, pretendemos demonstrar como os estudos sobre dados de patentes[3] são aqui considerados adequados para focar as invenções e a criação de conhecimento que permitem identificar a base de conhecimento por meio de códigos tecnológicos[4] referentes às patentes depositadas relativas à área que se pretende analisar.

Do ponto de vista geográfico, os dados de patentes servem para capturar potenciais informações das regiões que podem contribuir para a espacialização de novos conhecimentos em tecnologias referentes à I4.0. Embora as patentes sejam uma fonte rica de informações, pode haver outras fontes de conhecimento (aquelas que incorporam P&D - pesquisa e desenvolvimento - ou as habilidades das pessoas e diversidade cultural, por exemplo) que são altamente relevantes para se analisar a indústria, mas que não são registradas. Em outras palavras, há dificuldade de se quantificar adequadamente as habilidades cognitivas, o que significa entender as limitações de análise devido ao fato de que algumas invenções e inovações 4.0, mesmo relevantes, podem não ter sido patenteadas (Suzigan et al., 2006; Laffi e Boschma, 2021).

Outro ponto a destacar é que as regiões podem se aproveitar do paradigma tecnológico 4.0 por meio de adoções passivas produzidas em outros lugares, ou seja, há diversos fatores que podem dificultar a investigação sobre os investimentos e a adoção de tecnologias avançadas. Assim, salientamos a importância de indicadores múltiplos, pois o esforço tecnológico das empresas depende de múltiplos fatores e

3 O Banco de patentes nacionais e internacionais do INPI permite descobrir detalhes sobre as invenções.

4 O código pode ser entendido como o CEP de um endereço físico: ele serve para localizar o documento e facilitar o acesso às informações tecnológicas.

não de um indicador baseado apenas em um tipo de informação como o registro de patentes (Suzigan et al., 2006; Laffi e Boschma, 2021).

Mesmo com as limitações apresentadas por esses fatores, propomos uma metodologia para avaliar como se pode acompanhar as tendências tecnológicas da I4.0 por meio dos pedidos de patentes, pois se espera que elas tenham papel decisivo para um possível caminho de captar como a indústria se estabelece e se consolida, visto que elas representam um ativo que pode ser implementado em diversos domínios e complementado com outros procedimentos metodológicos.

Cabe, também, um posicionamento sobre a diferença entre invenção e inovação. A inovação é essencial para a investigação realizada, visto que a I4.0, para se manter competitiva, depende de capacidades inovadoras e de adaptação, que serão decisivas para o seu desenvolvimento. A inovação, nesse cenário, deve abranger a incorporação de novos bens no âmbito econômico, sendo efetiva quando ocorre uma negociação comercial envolvendo uma invenção, que pode ser uma ideia, desenho, esboço ou modelo para um novo bem ou uma melhoria em artefatos, produto ou método, conforme abordado nesta pesquisa por meio das patentes. A inovação promovida pela I4.0 é marcada por transformações no paradigma tecnoeconômico que influenciam a estrutura e as condições de fabricação e distribuição de praticamente todos os setores da economia (Santos, Fazion, Meroe, 2011).

Portanto, a I4.0 é analisada considerando que as novas tecnologias induziram as empresas a adotar decisões diferentes das que tiveram nas revoluções anteriores e para se manterem competitivas em suas capacidades de inovação e adaptação às inovações são fundamentais. Entre as principais tecnologias que viabilizam a I4.0, destacam-se a produção aditiva (impressão 3D), a inteligência artificial (IA), a internet das coisas (IoT), a biologia sintética e os sistemas ciber-físicos (Sposito, 2019).

Por tal motivo, pretende-se colaborar com o debate geográfico da I4.0 por ser ele atual e necessário para compreender o que ocorre em termos de transformações no sistema industrial, e suas características e repercussões no território brasileiro e, nesse ponto, delimitamos o recorte espacial, especificamente, Campinas/SP. Esse debate, portanto, tangencia o recorte territorial proposto e as condições de produção que vamos estudar.

Uma proposta metodológica para pesquisar a I4.0

A pesquisa que realizamos para entender a I4.0, quando consideramos o recorte territorial do município de Campinas/SP, teve duas etapas: a primeira envolveu a classificação de acordo com a função e a intensidade tecnológica, e a segunda focou na produção de indicadores de propriedade intelectual, incluindo patentes de invenção que denotam, de maneira geral, indícios de inovação.

Para o desenvolvimento da primeira etapa do esboço metodológico, foi necessário iniciar com a exposição da taxonomia de intensidade tecnológica. Partimos da proposição organizada pela Organização para a Cooperação e

Desenvolvimento Econômico (OCDE) que se baseia no indicador de intensidade em P&D a partir da razão entre o tipo de investimento e o PIB (produto interno bruto) da área estudada. A OCDE, com atualização da taxonomia em 2016, classifica a indústria de transformação em cinco grupos: alta, média-alta, média, média-baixa e baixa intensidade tecnológica (Morceiro, 2019) mas nosso recorte privilegia os dois primeiros grupos, como pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1. Taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE

Intensidade em P&D	Manufatura	P&D como % do PIB	Não manufatura	P&D como % do PIB
Alta	303: aeronave e componentes relacionados	31,69	71: Pesquisa e desenvolvimento científico	30,39
	21: farmacêutica	27,98	582: desenvolvimento de sistemas (software)	28,94
	26: informática, eletrônica e produtos químicos	24,05		
Média-alta	251: armas e munições	18,87	62-63: outros serviços de informação	5,92
	29: veículos automotores e autopeças	15,36		
	325: instrumentos médicos e odontológicos	9,29		
	28: máquinas e equipamentos	7,89		
	20: químicos	6,52		
	27: máquinas e equipamentos elétricos	6,22		
	30X: veículos ferroviários, veículos militares de combate e outros	5,72		

Fonte: Morceiro, 2019.

A taxonomia da OCDE segue a Classificação Internacional Normalizada Industrial (em inglês, ISIC) que inclui, na sua quarta revisão (OCDE, 2016), as indústrias no nível das manufaturas, além dos serviços, com destaque para serviços de tecnologia da informação, pesquisa e desenvolvimento científico que emergem como ramos intensivos em tecnologia.

Para a proposta que trazemos, optamos por não considerar as indústrias de baixa e média-baixa tecnologia, uma vez que o foco da análise está nas indústrias de alta e média-alta tecnologia, que podem ser caracterizadas em termos de inovação e

desenvolvimento tecnológico no contexto considerado. Referentes às indústrias de alta tecnologia, fazem parte 10 ramos manufatureiros e três de serviços que reúnem setores como produção de aviões, desenvolvimento de sistemas (*software*), produtos farmacêuticos, informática e eletrônicos, armas e munições, automóveis, máquinas e equipamentos, químicos, serviços de informação e outros. O desenvolvimento de sistemas (*software*) é o setor tecnológico de serviços que tem maior relevância a partir dos desdobramentos da I4.0, por contar com empresas como Microsoft, Oracle, Google etc. (Morceiro, 2019). Apesar de focarmos apenas nas empresas de alta e média-alta intensidade tecnológica, ressaltamos que as firmas dos estratos de baixa intensidade tecnológica podem ter, também, capacidade de inovação, assim como os ramos de alta intensidade tecnológica não necessariamente têm mais capacidade de inovação.

A relação dialética entre tecnologia, capacidade de inovação e conhecimento tácito não obedece a um movimento unívoco, mas mostra que eles se complementam e se contradizem. Como exemplo, um estudo do Acca (2021) mostra que, no estado de São Paulo, a maior parte de investimentos em P&D que contribui para o processo de inovação origina-se nos setores de média e média-baixa intensidade tecnológica. Destaca-se que apenas quatro empreendimentos realizam investimentos em P&D superiores a 10% do valor agregado setorial: a fabricação de equipamentos de transporte; a fabricação de equipamentos de informática e periféricos; a produção de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, itens de perfumaria e higiene pessoal; e a fabricação de equipamentos de comunicação.

Tabela 1 – Intensidade tecnológica (P&D/VA) pela nova tipologia da OCDE

Indústria de transformação Fabricação de:	Agregação PINTEC (CNAE2.0)	P&D/VA, 2017 (em %)	Intensidade tecnológica P&D/VA
Outros equipamentos de transporte	30	19,4	Alta
Equipamentos de informática e periféricos	26,2	13,75	Média-alta
Sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	20,6	12,81	
Equipamentos de comunicação	26,3+26,4	11,00	
Produtos farmacêuticos	21,2	6,69	Média
Automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	29,1+29,2	5,77	
Resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	20,3+20,4+20,5	5,37	
Componentes eletrônicos	26,1	5,30	
Eletrodomésticos	27,5	5,02	
Produtos eletrônicos e ópticos	26,5+26,7+26,8	5,02	
Tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	20,7+20,9	4,94	

Aparelhos eletrodomésticos e eletroperatêuticos e equipamentos de irradiação	26,6	4,26
Acessórios para veículos	29,4	3,94
Produtos farmoquímicos	21,1	3,62
Geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	27.1+27.3	3,60
Máquinas e equipamentos para agropecuária	28.3	3,51
Produtos químicos orgânicos	20.2	3,26
Cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	29.3+29.5	3,13
Pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	27.2+27.4+27.9	3,07
Refino de petróleo	19.2	2,96

Fonte: Acca, 2021

Em outros termos, a intensidade tecnológica pode ou não levar a um movimento de inovação (embora sejam mais propícias a isso), ao passo que indústrias com baixa intensidade tecnológica podem acarretar inovações tanto em produtos como em procedimentos. Não se deve pensar, por outro lado, que essas relações são diretamente proporcionais, mas servem como elementos para se compreender como certas áreas se diferenciam de outras por meio do desenvolvimento tecnológico.

A metodologia proposta tem, como elementos importantes, as atividades da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) que correspondem aos setores da OCDE. Assim, vamos identificar quais classes econômicas seriam consideradas de alta e média-alta intensidade tecnológica, dependendo do lugar que uma classe econômica ocupa na estrutura da CNAE que, por sua vez, está estruturada em cinco níveis hierárquicos: seção, divisão, grupo, classe e subclasse. São 27 seções, 87 divisões, 285 grupos, 673 classes e 1.329 subclasses. As seções são identificadas por letras maiúsculas enquanto os demais níveis são identificados por dígitos - divisões, grupos, classes e subclasses são representados por 2, 3, 5 e 7 dígitos respectivamente (INPI, 2022).

Para ilustrar como cada camada se relaciona com os níveis da CNAE, o quadro 2 traz, como exemplo, a classe "21.21-1 Fabricação de medicamentos para o uso humano", que é um dos ramos considerados de alta intensidade em P&D.

Quadro 2. Exemplo de uma classe na estrutura CNAE

Seção	C – INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO
Divisão	21 – FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS E FARMACÊUTICOS
Grupo	21.2 – Fabricação de produtos farmacêuticos
Classe	21.21-1 – Fabricação de medicamentos para uso humano
Subclasse	2121-1/01 – Fabricação de medicamentos alopáticos para uso humano 2121~1/02 – Fabricação de medicamentos homeopáticos para uso humano 2121-1/03 – Fabricação de medicamentos fitoterápicos para uso humano

Fonte: IBGE/CNAE

Diante do exposto, nos quadros 3 e 4 observamos o agrupamento setorial em cada uma das categorias da tipologia tecnológica (intensidade de P&D) propostas no âmbito da OCDE.

Quadro 3. Ramos industriais de alta tecnologia em P&D

Número hierarquia CNAE	**Segmento**
Divisão 30	FABRICAÇÃO DE OUTROS EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE, EXCETO VEÍCULOS AUTOMOTORES
Grupo 30.4	Fabricação de aeronaves
Divisão 21	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS FARMOQUÍMICOS E FARMACÊUTICOS
Grupo 21.2	Fabricação de produtos farmacêuticos
Grupo 21.1	Fabricação de produtos farmoquímicos
Divisão 26	FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA, PRODUTOS ELETRÔNICOS E ÓPTICOS
Grupo 26.1	Fabricação de componentes eletrônicos
Grupo 26.2	Fabricação de equipamentos de informática e periféricos
Grupo 26.3	Fabricação de equipamentos de comunicação
Grupo 26.5	Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle; cronômetros e relógios
Grupo 26.6	Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação
Grupo 26.7	Fabricação de equipamentos e instrumentos ópticos, fotográficos e cinematográficos
Grupo 26.8	Fabricação de mídias virgens, magnéticas e ópticas

Quadro 4. Ramos industriais de média-alta tecnologia em P&D

Número hierarquia CNAE	Segmento
Divisão 25	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE METAL, EXCETO MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
Grupo 25.5	Fabricação de equipamento bélico pesado, armas e munições
Divisão 29	FABRICAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, REBOQUES E CARROCERIAS
Grupo 29.1	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários
Grupo 29.2	Fabricação de caminhões e ônibus
Grupo 29.3	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques para veículos automotores
Grupo 29.4	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
Grupo 29.5	Recondicionamento e recuperação de motores para veículos automotores
Divisão 32	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DIVERSOS
Grupo 32.5	Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos
Divisão 28	FABRICAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
Grupo 28.1	Fabricação de motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão
Grupo 28.2	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral
Grupo 28.3	Fabricação de tratores e de máquinas e equipamentos para a agricultura e pecuária
Grupo 28.4	Fabricação de máquinas-ferramenta
Grupo 28.5	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e na construção
Grupo 28.6	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso industrial específico
Divisão 20	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS
Grupo 20.1	Fabricação de produtos químicos inorgânicos
Grupo 20.2	Fabricação de produtos químicos orgânicos
Grupo 20.3	Fabricação de resinas e elastômeros
Grupo 20.4	Fabricação de fibras artificiais e sintéticas
Grupo 20.5	Fabricação de defensivos agrícolas e desinfestantes domissanitários
Grupo 20.6	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal
Grupo 20.7	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins
Grupo 20.9	Fabricação de produtos e preparados químicos diversos

Divisão 27	FABRICAÇÃO DE MÁQUINAS, APARELHOS E MATERIAIS ELÉTRICOS
Grupo 27.1	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos
Grupo 27.2	Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos
Grupo 27.3	Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica
Grupo 27.4	Fabricação de lâmpadas e outros equipamentos de iluminação
Grupo 27.5	Fabricação de eletrodomésticos
Grupo 27.9	Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente
Divisão 30	FABRICAÇÃO DE OUTROS EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE, EXCETO VEÍCULOS AUTOMOTORES
Grupo 30.3	Fabricação de veículos ferroviários
Grupo 30.5	Fabricação de veículos militares de combate

Fonte: CNAE, (2019)

Depois do recorte dos setores de alta e média-alta tecnologia sugeridos pela OCDE, partimos para a segunda etapa da proposta metodológica ao considerar os dados referentes às patentes que sustentam a I4.0. Essa opção decorre do fato de que o desenvolvimento é impulsionado pelo progresso científico tendo em vista as invenções patenteadas. É difícil decidir o que está relacionado à I4.0, por isso partimos do estudo de Santos (2023), que buscou mapear as tecnologias ligadas à I4.0 provenientes da base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), por meio do relatório *Patents and the Fourth Industrial Revolution*, desenvolvido pelo *European Patent Oficce* (EPO) que relaciona os códigos da *Cooperative Patent Classification* (CPC). No entanto, a autora utilizou a Classificação Internacional de Patentes para sua pesquisa, pois nem todos os códigos em formato CPC estão disponíveis na *International Patents Classification* (IPC). Isso se deve ao fato de que a IPC apresenta códigos mais agrupados. Em termos gerais, o IPC possui em torno de 70 mil grupos e a CPC abrange em torno de 200 mil grupos.

Em seguida, complementamos os dados com uma publicação da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2021), que seguiu o relatório do EPO para expor o cenário das invenções relacionadas às tecnologias da I4.0 no Brasil a partir de um levantamento quantitativo das patentes depositadas no país.

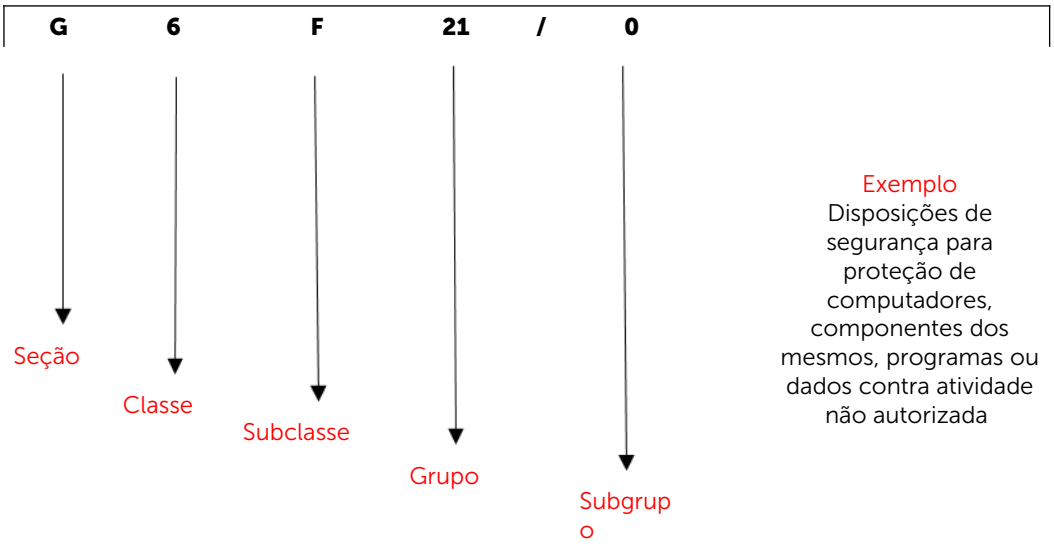
A Classificação Cooperativa de Patentes (CPC, quadro 5) é o sistema de classificação criado pelo EPO e pelo *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), baseado na IPC, cujas áreas tecnológicas são divididas nas classes de A a H, sabendo-se que dentro de cada classe há subclasses, grupos principais e grupos por meio de um sistema hierárquico (INPI, 2022). Tanto a CPC como a IPC são constituídas por códigos alfanuméricos que auxiliam na busca de patentes e servem para demonstrar qual área tecnológica pertence a uma subclasse ou a níveis hierárquicos menores.

Quadro 5. Classificação Internacional de Patentes (CPC)

Seção A	Necessidades Humanas
Seção B	Operações de Processamento; Transporte
Seção C	Química e Metalurgia
Seção D	Têxteis e Papel
Seção E	Construções Fixas
Seção F	Eng. Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão
Seção G	Física
Seção H	Eletricidade

Fonte: INPI, 2015.

Figura 1. Códigos alfanuméricos da classificação das patentes



Fonte: INPI, 2015.

A partir do banco de patentes do EPO, com base nos códigos da CPC, é possível inferir quais são as invenções atreladas à I4.0 e identificar quais são os subgrupos aos quais as invenções devem ser atribuídas. Assim, foi gerada uma tabela com cerca de 320 códigos em todas as áreas e todos os setores de aplicação (CNI, 2021; EPO, 2017). A partir dela, podemos distinguir as tecnologias relacionadas à I4.0 em três grandes grupos: a) tecnologias centrais; b) tecnologias habilitadoras; c) setores de aplicação. Cada grupo principal é subdividido em vários subgrupos e, no caso das tecnologias centrais, elas são classificadas em três subgrupos tecnológicos: *hardware*, *software* e conectividade. As tecnologias habilitadoras compreendem sete subgrupos de tecnologias: análise de dados, interface do usuário, 3D, inteligência artificial, sistemas de localização, sistemas de energia e sistemas de segurança. Por fim, as tecnologias de aplicação são classificadas em seis subgrupos: artigos pessoais,

residencial, automóveis, empresas não industriais, indústria e cidades. Passamos a detalhar os três grandes grupos mencionados.

As tecnologias centrais (quadro 6) correspondem à estrutura necessária para a construção das tecnologias relativas à I4.0 que permitem transformar um produto em um dispositivo inteligente ligado à internet. Elas consistem, portanto, em invenções que contribuem para três campos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs).

Quadro 6. Tecnologias centrais

Campo	Definição	Exemplo
Hardware	Tecnologias básicas de hardware	Sensores, memórias avançadas, processadores, telas adaptáveis
Software	Tecnologias básicas de software	Armazenamento em nuvem e estruturas computacionais, banco de dados adaptativos, sistemas operacionais móveis, virtualização
Conectividade	Sistemas básicos de conectividade	Protocolo de rede para dispositivos conectados, sistemas de dados sem fio

Fonte: CNI, 2021; EPO, 2020; 2017

As tecnologias habilitadoras da I4.0 (quadro 7) são aquelas construídas sobre (e complementares) às tecnologias centrais e podem ser utilizadas para várias aplicações e foram subdivididas em sete campos tecnológicos.

Quadro 7. Tecnologias habilitadoras

Campo	Definição	Exemplo
Análise de Dados	Permitem a interpretação de informações	Sistema de diagnóstico para grandes quantidades de dados
Interface com o usuário	Tecnologias que possibilitam a apresentação e inserção de informações	Realidade virtual, visores de informação em óculos
Tecnologias 3D	Tecnologias que possibilitam a realização de sistemas 3D ou simulados	Impressoras 3D e scanners para fabricação de partes, design 3D e simulações automatizadas
Inteligência Artificial	Sistemas que possibilitam tomadas de decisões autônomas por máquinas e equipamentos	Aprendizado de máquinas, redes neurais
Sistema de Localização	Tecnologias que possibilitam a determinação da posição de objetos	Sistemas de GPS avançados, posicionamento relativo e absoluto de dispositivos a dispositivo
Sistema de Energia	Tecnologias que possibilitam a administração inteligente de energia	Sistemas de carregamento situacionais, transmissão de energia compartilhada
Sistema de Segurança	Tecnologias que possibilitam a segurança de dados ou objetos físicos	Sistemas de segurança adaptáveis, sistemas à prova de inteligência

Fonte: CNI, 2021; EPO, 2020; 2017.

Os setores de aplicação abrangem tecnologias da I4.0 (quadro 8) destinadas aos usuários finais e/ou para vários pares de cooperação e conflito que consubstanciam a economia da área estudada. Os setores foram divididos em seis campos de tecnologia diferentes.

Quadro 8. Setores de aplicação

Campo	Definição	Exemplo
Artigos pessoais	Aplicações destinadas ao indivíduo	Dispositivos de monitoramento da saúde pessoal, dispositivos de entretenimento, *smart wearables*
Residencial	Aplicações destinadas para o ambiente residencial	Casas inteligentes, sistemas de alarme, iluminação e aquecimento inteligentes
Automóveis	Aplicações para veículos	Direção autônoma, aparatos de navegação de frotas de veículos
Empresas não industriais	Aplicações para empresas e negócios	Sistemas inteligentes de varejo, sistemas autônomos para escritórios inteligentes
Indústria	Aplicações nas indústrias	Fábricas inteligentes, robótica inteligente, sistemas de integração de máquina a máquina
Cidades	Aplicações para infraestrutura das cidades	Redes inteligentes de transporte, redes inteligentes de distribuição de energia sistemas inteligentes de iluminação

Fonte: CNI, 2021; EPO, 2020; 2017

A tabela com os 320 códigos do EPO serviu como ponto de partida para analisarmos os pedidos de patentes armazenados pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), responsável pelo registro e concessão de patentes, marcas, desenho industrial, transferência de tecnologia etc. A partir da base de dados do INPI foi possível fazer a coleta dos registros de propriedade intelectual no município de Campinas entre 1997 a 2020, recorte territorial proposto para o estudo de caso, que será detalhado mais adiante.

De acordo com a classificação do EPO (2017), uma patente da quarta revolução industrial pode pertencer a mais de um campo. Por exemplo, pode ser uma patente classificada como artigos pessoais, interface do usuário, *hardware*, *software* e conectividade, o que representa tecnologia central, tecnologia habilitadora e tecnologia de aplicação. Isso permite afirmar que as tecnologias da I4.0 são transversais, pois uma invenção única pode atender a diversos segmentos tecnológicos e atividades econômicas. Assim, um código pode receber mais de uma classificação ou pertencer a mais de um grupo ou subgrupo, como exemplificado no quadro 9 (CNI, 2020). Pode haver, portanto, a convergência de uma combinação de características de diferentes campos tecnológicos em uma única invenção.

A proposta metodológica foi aplicada, em termos empíricos, a um recorte espacial específico, o município de Campinas, no estado de São Paulo. É isso que veremos a seguir.

O caso de Campinas

De forma breve, apresentaremos alguns resultados obtidos a partir da proposta metodológica apresentada considerando, inicialmente, o recorte dos depósitos de patentes de invenção (PI) em Campinas entre 1997 e 2020.

Os depósitos de PI neste município, no período considerado, mostram a predominância da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), responsável pela maior parcela dos depósitos de PI, com um total de 1.134, seguida pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD), que gerou um depósito de 289 patentes e, em seguida, as empresas multinacionais Bosch e Samsung, com 162 e 71 depósitos respectivamente. O que se nota é a importância das instituições de natureza pública para a produção de conhecimento tecnológico, com as multinacionais vindo em seguida que procuram, por sua vez, ter um extenso portfólio de patentes. No quadro 9 há exemplos de códigos da CPC, juntamente com a descrição da função e/ou com a aplicação/finalidade da patente[5].

Quadro 9. Classificação dos pedidos de patentes associados à indústria 4.0

Instituição depositante	Códigos da Patente depositada pela instituição	Códigos relacionados à I4.0 e sua aplicação
Centro de Pesquisas Avançadas Wernher Von Braun	G08B13/02; B60R25/102; B625/20	B62H5/20 - Veículos
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer	A61H3/061; A61H3/06; G08B 3/1016; H04W 4/02; H04H 20/53	A61H 3/061 - Artigos Pessoais e Determinação de Posição
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações	H04W72/04; H04W72/0453	H04W72/04 - Conectividades
Robert Bosch	B67D 7/30; B60S5/02	B60S5/02 - Veículos e Infraestrutura
Samsung	A61B 8/00; A61B8/565	A61B8/565 - Artigos Pessoais, Análise de dados, Energia e Conectividade
Universidade Estadual de Campinas	G06F11/30	G06F11/30 - Análise de dados e Hardware

Fonte: INPI e EPO; 2017

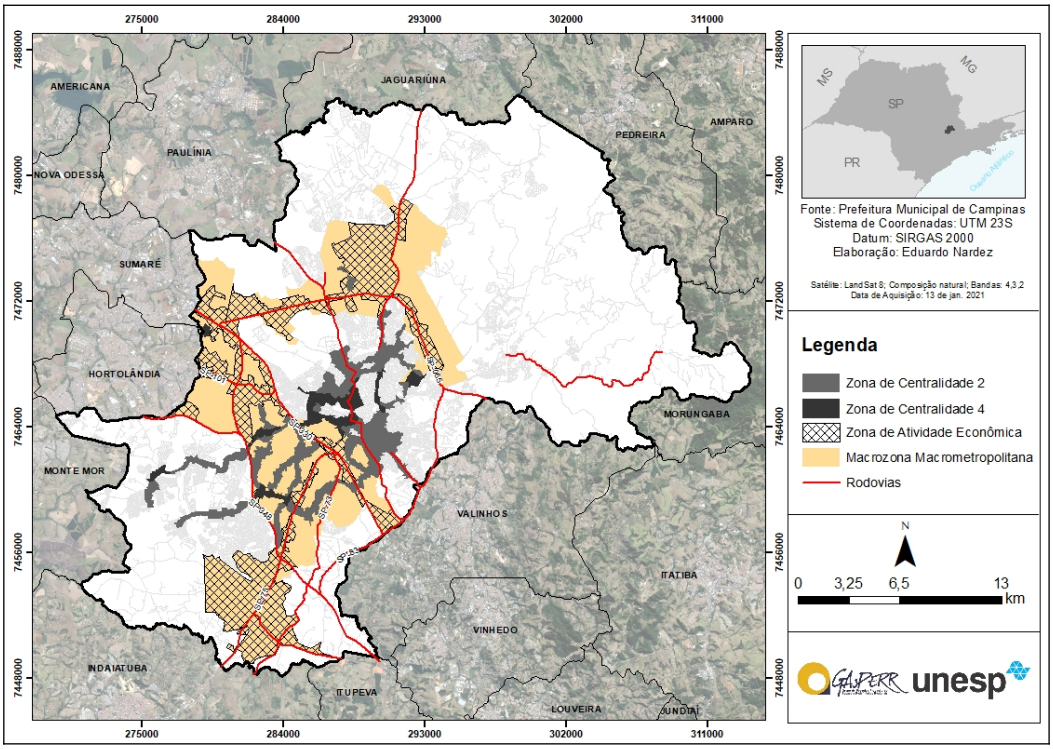
Os códigos da última coluna são correspondentes aos grupos e subgrupos relacionados à I4.0; por exemplo, G06F11/30 faz parte do monitoramento de erros em armazenamento da informação baseado no movimento relativo entre o suporte de dados ou, mais especificamente, diz respeito à monitoração para registro ou avaliação estatística de atividades realizadas por computador, relativas ao tempo de desligamento, de operações de entrada/saída etc. (IPC/WIPO, s.d.). Dessa forma, as tecnologias deste código participam do grupo de tecnologias centrais que é o de

5 Os resultados aqui apresentados são parciais como forma de exemplo porque é possível produzir e relacionar maior número de dados a partir do INPI.

hardware, base para praticamente todas as tecnologias habilitadoras da I4.0 que podem contar com sensores e atuadores que possibilitam inúmeras aplicações no processo industrial, e está no subgrupo de tecnologias relacionadas à análise de dados atribuído à interpretação das informações, ferramenta essencial para soluções da I4.0 de aquisição, tratamento e análise de dados. Nota-se, pelo quadro 9, que as tecnologias relacionadas à I4.0 são transversais às invenções podendo servir a diversos segmentos tecnológicos e atividades econômicas; por exemplo, um sensor é capaz de ser empregado na indústria têxtil ou na indústria química (CNI, 2017).

De maneira objetiva, com base na classificação da OCDE de acordo com a intensidade tecnológica, a metodologia proposta serviu para abordar a I4.0 no município de Campinas e mostrar como ela está espacializada (como pode ser observado nas figuras 2, 3 e 4)[6]. Na figura 2 são destacadas, para 2021, as áreas com a presença de atividades econômicas: a figura mostra as áreas que podem ser consideradas a síntese das localizações da I4.0 no município. Tomamos, também, as figuras 3 e 4, com os exemplos dos ramos químico, farmoquímico e farmacêutico, que dependem das tecnologias de média-alta e alta intensidade no âmbito da I4.0.

Figura 2. Campinas. Áreas com a presença de atividades econômicas (2021)



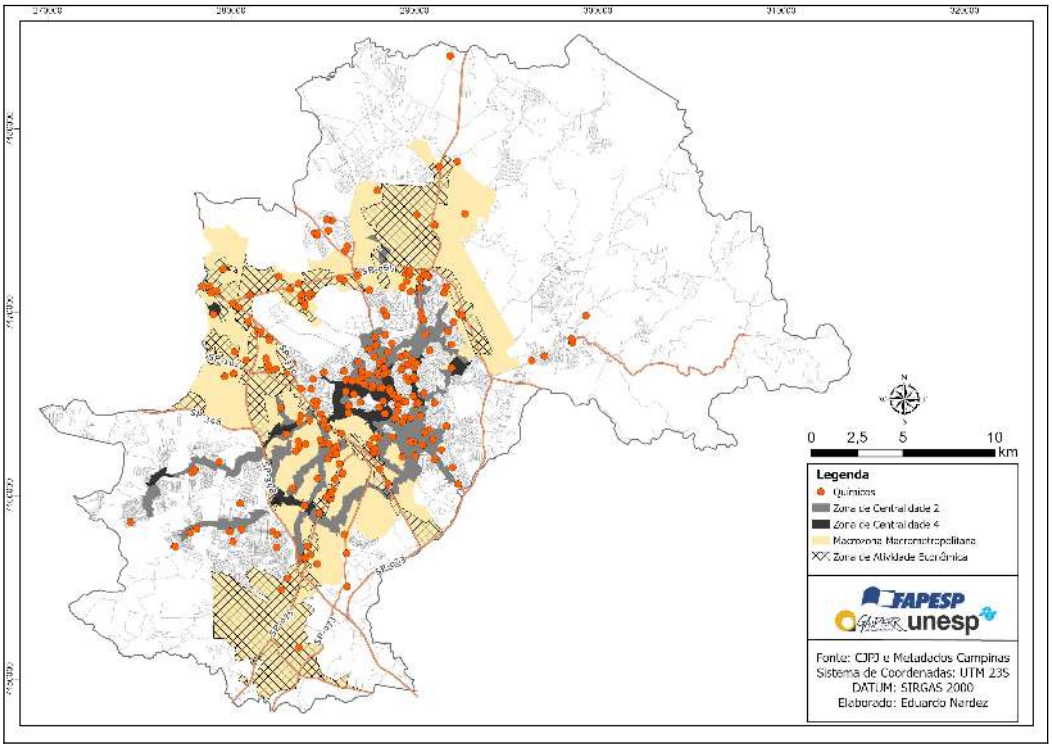
Fonte: Receita Federal e Metadados Campinas

6 É possível elaborar mapas com a localização industrial de outros ramos da indústria, como o de materiais de elétricos, de máquinas e equipamentos, outros equipamentos de transporte (veículo ferroviário) e (fabricação de aeronaves), de veículos, de eletrônicos, e de farmoquímicos e farmacêuticos. Esses mapas enfatizam as áreas de localização industrial das empresas da I4.0 em Campinas e mostram como a informação geográfica auxilia na instrumentalização da proposta metodológica. Os mapas das figuras 4, 5 e 6 são bons exemplos para esse fim.

Org.: Késia Anastácio Alves da Silva; Autor

Na figura 2 destacamos a Zona de Atividade Econômica e a Macrozona Macro Metropolitana, influenciadas pelas principais estruturas viárias e atividades econômicas. Essas atividades visam o desenvolvimento econômico, priorizando usos como aqueles ligados aos aspectos tecnológicos, de pesquisa, educação, serviços, logística, atacadista e industrial (Campinas, 2015). O sistema viário forma o principal condicionante da expansão urbana e localização industrial, visto a intensa e eficiente rede de rodovias que confirma o município de Campinas como centro regional. A localização das indústrias está nas concentrações que se situam nas rodovias Anhanguera (SP-330), Dom Pedro I (SP-065), Santos Dumont (SP-075) e Campinas-Mogi Mirim (SP-340).

Figura 3. Campinas. Localização industrial do ramo químico (2021)



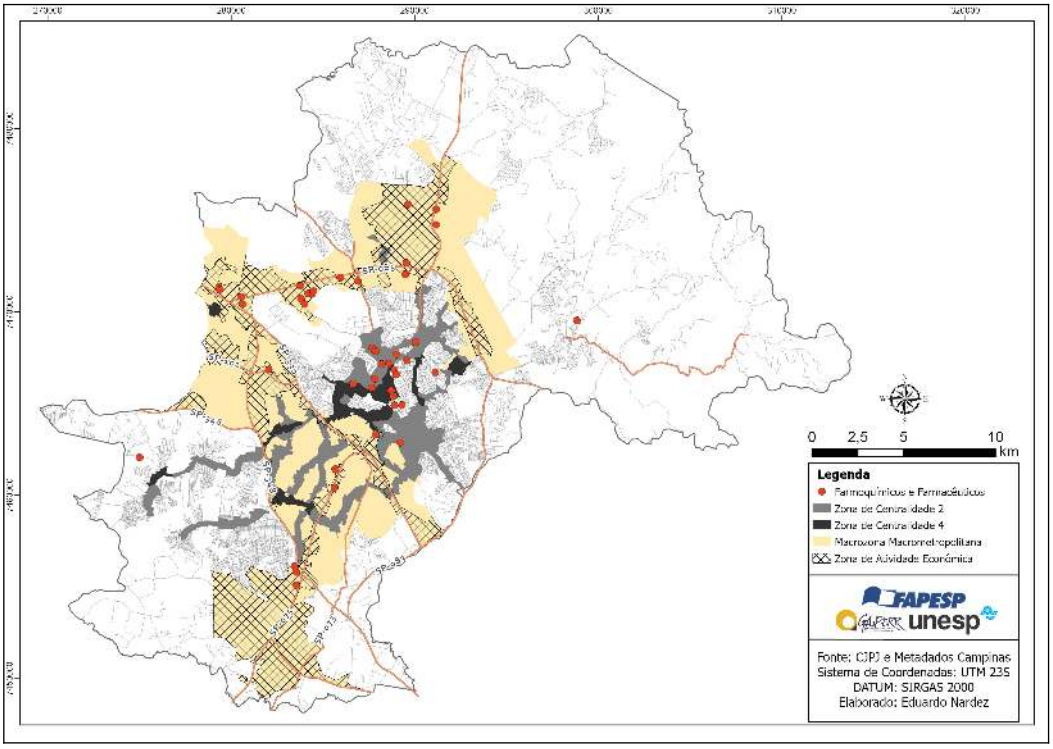
Fonte: Receita Federal e Metadados Campinas

Org.: Késia Anastácio Alves da Silva; Eduardo Nardez

As figuras 3 (empresas do ramo químico) e 4 (empresas do ramo farmoquímico e farmacêutico) demonstram que a maioria das empresas se localiza ao longo das rodovias Dom Pedro I (SP-065) e professor Zeferino Vaz (SP-332), com destaque para a Medley, uma das maiores do ramo em faturamento. A concentração das indústrias ocorre, principalmente, nas áreas central e sudoeste do município, com forte presença nas zonas de centralidade 2 e 4. Essa distribuição pode ser analisada a partir das configurações espaciais produtivas que são fortemente influenciadas por fatores como acessibilidade viária, proximidade com centros de inovação e disponibilidade de mão de obra qualificada.

Os dois setores, como parte da estrutura produtiva, se beneficiam da infraestrutura logística, especialmente da malha rodoviária que conecta Campinas a outros polos industriais do estado de São Paulo. Além disso, a presença de instituições científicas e tecnológicas facilita o desenvolvimento de novas tecnologias e processos industriais, reforçando a inserção da região na dinâmica da indústria 4.0.

Figura 4. Campinas. Localização industrial do ramo de farmoquímicos e farmacêuticos (2021)



Fonte: Receita Federal e Metadados Campinas

Org.: Késia Anastácio Alves da Silva; Autor

Na figura 4, em termos de estrutura industrial, as empresas farmacêuticas frequentemente se apresentam em escala considerável, sendo muitas delas de grande porte e multinacionais. Buscando outros dados comparativos, em relação à distribuição de empregos no município de Campinas em 2017, as empresas farmacêuticas representavam 3%, totalizando 1.671 empregados. Para ilustrar a presença desse setor na cidade, destacamos o exemplo da empresa farmacêutica Organon, resultante de um *spin off* da MSD, encontra-se em Nova Sousas, próxima à rodovia José Bonifácio Coutinho Nogueira (SP-81). Trata-se de uma empresa global com 300 funcionários focada exclusivamente na saúde da mulher, com um portfólio de mais de 60 medicações em diversas áreas terapêuticas.

Para verticalizar a análise, a metodologia exige que se coloque foco em outros atores além das empresas, empreendedores e outros ativos além do conhecimento e de habilidades tecnológicas. A ideia é levar em conta universidades e institutos de pesquisa como atores cruciais para influenciar a criação, desenvolvimento, transferência e utilização de tecnologias, e como estão envolvidos na produção e

coordenação do conhecimento e educação científica (Doloreaux, 2002; Hassink, Isaksen, Trippl, 2019).

Ainda que os setores industriais de alta tecnologia sejam essenciais para compreender a I4.0, eles devem estar ligados a instituições científicas e de inovação tecnológica. Esses elementos são fundamentais para garantir um ambiente propício à qualificação da mão de obra e ao desenvolvimento industrial (Capello e Lenzi, 2021). Nesse sentido, políticas inovadoras desempenham um papel estratégico ao estabelecer uma estrutura que inclui o gerenciamento de base científica, incentivos financeiros para inovação, difusão tecnológica e programas de estímulo a empresas de base tecnológica. Instituições como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) são fundamentais nesse processo, atuando no financiamento de projetos inovadores e fortalecendo um sistema competitivo voltado à modernização industrial.

Por outro lado, o município de Campinas e sua região metropolitana são apontados como polo de produção tecnológica devido à grande concentração de centros de pesquisa e universidades públicas e privadas (quadro 10). A região abriga cinco parques científicos e tecnológicos credenciados no Sistema Paulista de Parque Tecnológicos (SPtec), juntamente com 22 instituições científicas e tecnológicas (ICT), que agem como facilitadoras para as atividades de P&D na relação universidade-empresa, o que viabiliza a atração, cada vez maior, de empresas interessadas em se beneficiar do ambiente propício para o conhecimento científico e de inovação tecnológica.

Quadro 10. Campinas. Universidades e Instituições científicas e de inovação tecnológica

Instituição	Fundação
Instituto Agronômico (IAC)	1887
Instituto de Zootecnia (IZ)	1905
Instituto Biológico (IB)	1937
Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas)	1941
Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)	1963
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	1965
Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)	1967
Centro de Pesq. e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD)	1976
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)	1982
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	1982
Parque Tecnológico Techno Park	1990
Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)	1997
Centro de Pesquisas Avançadas Wernher von Braun	1997
Instituto de Pesquisas Eldorado	1999
Inova Unicamp	2003

Parque Científico e Tecnológico da Unicamp	2008

Fonte: Baldoni (2014 apud AMARAL e FURTADO, 2014)

Esse cenário, marcado pela importância das instituições de pesquisa, favorece a realização de investimentos de grande porte no município. Para exemplificar, dados do Seade/Piesp (2021) indicam um investimento de R$ 1,8 bilhão pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) no período de 2014 a 2018, motivado pela instalação de um dos mais modernos aceleradores de partículas do mundo, parte do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. A Lenovo, em 2013, investiu R$229,5 milhões no centro de P&D de *software* da Unicamp, com foco voltado para a inovação em soluções de *softwares* corporativos e tecnologias para servidores de ponta, e armazenamento de dados em nuvem. A parceria da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com a United Phosphorus Limited (UPL), em 2016, teve investimentos de R$100 milhões para produção de leguminosas. O Instituto de Pesquisa Eldorado e a Smart Modular Technologies, em 2017, construíram um laboratório para prototipagem de semicondutores com investimento de R$50 milhões.

Quando colocamos foco no estado de São Paulo, para efeito comparativo, lembramos que os investimentos nos centros de P&D, entre 2012 e 2020, registraram R$6,1 bilhões anunciados para os centros. No caso específico da Região Administrativa de Campinas, os investimentos foram de R$3,3 bilhões, dos quais mais da metade foi destinada ao município de Campinas, ou seja, R$2,4 bilhões (Seade/Piesp, 2021).

Articulando dados de investimentos em P&D, especificidades das empresas que investem em média-alta e alta tecnologia, e os depósitos de patentes (que induzem, geralmente, a inovações) temos a arquitetura de uma metodologia para delinear, geograficamente, o perfil de uma área, se ela tem os indicadores que demonstram a presença de empresas com características da I4.0. Por outro lado, a espacialização da informação geográfica é fundamental para, por meio da cartografia, espacializar as dimensões dessa característica, que pode se ater a um município ou se disseminar por uma região. É com esse propósito que esboçamos a metodologia exposta.

Considerações finais

Apesar de haver uma literatura que se amplia rapidamente sobre a temática de tecnologias que fazem parte da I4.0, os trabalhos encontram-se com base em estudos econométricos. A escassez de estudos geográficos fez com que procurássemos um ponto de partida de aspecto metodológico para produzir e fornecer informações para identificar e classificar tecnologias por meio de informações de patentes.

Observamos o peso das instituições de ensino e pesquisa entre os líderes em depósitos de patentes. Percebemos, no caso de Campinas e, por extensão, no Brasil, a relevância das instituições públicas de pesquisa para a produção de conhecimento,

mas não notamos um vigor entre as empresas, principalmente as nacionais na produção de conhecimentos patenteáveis, concordando com Póvoa (2006). As empresas nacionais são requisitadas apenas para o suprimento de componentes mais simples com baixa incorporação tecnológica. Percebemos, também, a baixa relevância das multinacionais entre as empresas instaladas em Campinas, autodenominadas de alta tecnologia, pois são mais montadoras do que produtoras de equipamentos com componentes eletrônicos de alta tecnologia, conforme análise de Santos (2003).

Deduzimos, assim, que, no município estudado, o setor de tecnologia é desenvolvido em torno das universidades e centros de pesquisa que não são de capital privado por ter a massa crítica de pessoas qualificadas e o investimento garantido do poder público nos níveis estadual e federal. Por outro lado, é possível afirmar que as tecnologias da I4.0, por serem mais complexas, tendem a se concentrar em determinados espaços, o que contribui para o aumento das desigualdades entre as regiões ou, em escala menor, entre áreas de um mesmo município. É o que pôde ser observado nos mapas de Campinas, nos quais as rodovias se tornaram eixos importantes para a localização das indústrias ligadas à I4.0. Eis aí uma contradição que, ao invés de reduzir as distâncias socioeconômicas, faz aumentar as diferenças. As novas tecnologias têm natureza cumulativa e vão depender de regiões que possuem concentração de conhecimento tecnológico, sobretudo no que se refere aos recursos econômicos e ao conhecimento tácito para sua disseminação e consolidação no território.

Bibliografia

ACCA, R. S. ***Tipologias de intensidade tecnológica: revisão metodológica e aplicação para a análise da estrutura produtiva do estado de São Paulo***. São Paulo: SEADE Metodologia, 2021. Disponível em: https://metodologia.seade.gov .br/integra/?analise=intensidade-tecnologica Acesso em: 02 de dezembro de 2024.

CAPELLO, R.; LENZI, C. Industry 4.0 and servitization: regional patterns of 4.0 technological transformations in Europe. ***Technological Forecasting and Social Change***, v. 173, p. 2-14, 2021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521005977. Acesso em: 16 de outubro de 2021.

CASTELLS, M. ***A sociedade em rede.*** São Paulo: Editora Paz e Terra, 2002.

CNI. ***As invenções da 4ª revolução industrial: uma análise dos dados de patentes no Brasil.*** Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/1/invencoes-da-4-revolucao-industrial-uma-analise-dos-dados-de-patentes-no-brasil/. Acesso em: 07 de setembro de 2022.

CORRADINI, C.; SANTINI, E.; VECCIOLINI, C. The geography of industry 4.0 technologies across european regions. ***Regional Studies,*** v. 55, p. 1667-1680, 2021. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00343404.2 021. 1884216?journalCode=cres20. Acesso em: 04 de julho de 2022.

DOLOREAUX. D. What we should know about regional systems of innovation. ***Technology in Society***. v. 24, n. 3, p. 243-263, 2000. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X02000076#:~:text=RSI%20results%20from%20a%20territorially,each%20other%20and%20public%20institutions. Acesso em: 10 de outubro de 2021.

DINIZ, C. C.; GONÇALVES, E. Economia do conhecimento e desenvolvimento regional no Brasil. In: DINIZ, C. C.; LEMOS, M. B. (Org.). ***Economia e território***. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

EXAME. Lenovo investe US$100 mi em centro de pesquisa no Brasil. Disponível em: https://exame.com/tecnologia/lenovo-investe-us-100-mi-em-centro-de-pesquisa-no-brasil/. Acesso em: 30 de abril de 2023

EPO. ***Patents and the Fourth Industrial Revolution: the inventions behind digital transfomation***. Disponível em: https://www.epo.org/service-support/publications.html?pubid=163#tab3. Acesso em: 07 de outubro de 2022.

ELDORADO. ***Inauguração Laboratório Prototipagem***. Disponível em: https://www.eldorado. org.br/noticia/inauguracao-laboratorio-prototipagem/. Acesso em: 30 de abril de 2023.

HASSINK, R. T.; ISAKSEN, A.; TRIPPL, M. Towards a comprehensive understanding of new regional industrial path development. ***Regional Studies***, v. 53, n. 11, p. 1636–45, 2019. doi:10.1080 /00343404.20 1 9.1566704. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00343404.2019. 1566704. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

INPI. Classificação Internacional de Patentes (IPC). Disponível em: http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/media/help/pt/guide.pdf. Acesso em 04 de outubro de 2023.

LAFFI, M.; BOSCHMA, R. Does a local knowledge base in industry 3.0 foster diversification in industry 4.0 technologie? Evidence from European regions. ***Regional Science Association International,*** v. 101, p. 5-35, 2022. Disponível em: https://rsaiconnect.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pirs. 12643. Acesso em: 21 de junho de 2022.

MORCEIRO, P. C. ***Nova classificação de intensidade tecnológica da OCDE e a posição do Brasil.*** Disponível em: https://dow nloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif461-8-13.pdf. Acesso em: 21 de maio de 2022.

PÓVOA, L. M. C. ***Depósitos de patentes de universidades brasileiras (1979-2004)***. XII Seminário Sobre a Economia Mineira, 2006. Disponível em: https://diamantina.cedeplar.ufmg.br/portal/download/diamantina-2006/D06A006.pdf. Acesso em: 02 de março de 2023.

SANTOS, A. P. dos. ***Tecnologias da indústria 4.0 e a distribuição regional no Brasil (1997-2017).*** Dissertação (Mestrado), Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.

SANTOS, R. C. B. Campinas como pólo tecnológico na reestruturação do espaço urbano regional. In: A. F. A. Carlos; A. I. G. de Lemos. (Org.). ***Dilemas urbanos: Novas abordagens sobre as cidades***. São Paulo: Editora Contexto, 2003, p. 204-211.

SANTOS, A. B. A.; FAZION, C. B.; MEROE, G. P. S. Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. ***Caderno de Administração***, v. 5, n. 1, p. 1-16, 2011. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/caadm/articl e/vi ew/9014. Acesso em: 10 de maio de 2024.

SEADE. ***Investimentos em centros de P&D em São Paulo***. Disponível em: https://www.seade.gov.br/sao-paulo-investe-r-61-bilhoes-em-pd-ao-longo-da-decada/#:~:text=A%20Pesquisa%20de%20Investimentos%20Anunciados,no %20estado%20de%20S%C3%A3o%20Paulo. Acesso em: 14 de maio de 2023.

SEADE. ***As tecnologias da informação e comunicação (TIC) nas contas regionais do Estado de São Paulo e na ótica da sua cadeia produtiva.*** Disponível em: https://sptic.seade.gov.br/integra/?analise=tecnologias-informacao-comunicacao-tics-contas-regionais-estado-sao-paulo-otica-cadeia-produtiva. Acesso em 5 de maio de 2023.

SPOSITO, E. S. Desenvolvimento regional do Brasil: uma leitura pela ótica da quarta revolução industrial. In: OLIVEIRA, Floriano Godinho de et al (org.). ***Espaço e economia: geografia econômica e a economia política.*** Rio de Janeiro: Editora Consequência, 2019, p. 19-47.

SUZIGAN, W. et al. Inovação e conhecimento: indicadores regionalizados e aplicação a São Paulo. ***Revista de Economia Contemporânea*** [online]. 2006, v. 10, n. 2 [Acessado 7 agosto 2022], pp. 323-356. Disponível em: https://doi.org/10.1590 S1415-98482006000200000.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão de bolsa de mestrado, processo: 2021/13492-5; Ao Leandro Bruno Santos pela leitura cuidadosa e sugestões para a redação final.

Methodology for the study of Industry 4.0 in Geography: an analysis from patents deposited in the Municipality of Campinas/SP

Based on the observation that Industry 4.0 is a reality and that the indicators for understanding it are still under development, we propose a methodology that combines different sectors and sources to value data relating to industry 4.0, taking into account international classifications. In the first stage, we adopted the OECD proposition for the high, medium-high and medium technology sectors, aiming to analyze this new techno-economic paradigm. Next, we took into account the patents filed in Brazil based on the analysis of the INPI database and the report Patents and the Fourth Industrial Revolution. Furthermore, we take into account broader aspects such as GDP and the role of universities and research institutes. Taking Campinas as a case study, we used cartographic representations to locate the main industries and identify areas of greater technological density. Thus, the proposed methodology is based on the collection and analysis of patent data, which is an essential indicator for understanding the dynamics of Industry 4.0.

KEYWORDS: Industry 4.0, research methodology, patents, Campinas

Metodología para el estudio de la Industria 4.0 en Geografía: un análisis de las patentes depositadas en el municipio de Campinas/SP

Partiendo de la observación de que la industria 4.0 es una realidad y que los indicadores para entenderla aún están en desarrollo, proponemos una metodología que combine diferentes sectores y fuentes para valorar datos relacionados con la industria 4.0, teniendo en cuenta clasificaciones internacionales. En una primera etapa, adoptamos la propuesta de la OCDE para los sectores de tecnología alta, media-alta y media, con el objetivo de analizar este nuevo paradigma tecnoeconómico. A continuación, tomamos en cuenta las patentes registradas en Brasil a partir del análisis de la base de datos del INPI y del informe Patentes y la Cuarta Revolución Industrial. Además, tenemos en cuenta aspectos más amplios como el PIB y el papel de las universidades y los institutos de investigación. Tomando Campinas como caso de estudio, utilizamos representaciones cartográficas para localizar las principales industrias e identificar áreas de mayor densidad tecnológica. Así, la metodología propuesta se basa en la recogida y análisis de datos de patentes, siendo un indicador esencial para comprender la dinámica de la Industria 4.0.

PALABRAS CLAVE: Industria 4.0, metodología de investigación, patentes, Campinas

Artigo recebido em dezembro de 2024. Aprovado em fevereiro de 2025.