



Ecosistema de inovação e digitalização: uma análise da adoção digital entre as empresas da região de Campinas

Mariano Francisco Laplane* , Roberto Alexandre Zanchetta Borghi** ,
Julia Torracca*** 

* Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas (SP), Brasil. E-mail: mlaplane@unicamp.br

** Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas (SP), Brasil. E-mail: razb@unicamp.br

*** Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro (RJ), Brasil. E-mail: julia.torracca@ie.ufrj.br

SUBMISSÃO: 21 DE FEVEREIRO DE 2022 VERSÃO REVISADA (ENTREGUE): 30 DE MARÇO DE 2023
APROVADO: 16 DE MAIO DE 2023

RESUMO

O artigo tem por objetivo discutir o papel do ecossistema de inovação como fator que contribui para a adoção de gerações mais avançadas de tecnologias digitais nas empresas. Com base na literatura sobre gestão estratégica de empresas e economia da inovação de inspiração neoschumpeteriana, o artigo avalia se a participação em um ecossistema de inovação intensivo em recursos para o desenvolvimento de tecnologias digitais estimula o processo de digitalização das empresas. A discussão baseia-se na análise dos resultados de um questionário aplicado em 2020 a empresas localizadas na região metropolitana de Campinas, algumas das quais vinculadas à Unicamp, e a empresas de outras regiões do Brasil. O exercício econométrico comprova que a participação das empresas em ecossistemas de inovação promove a adoção de estágios mais avançados de digitalização para setores econômicos específicos.

PALAVRAS-CHAVE | ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO; REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS; UNICAMP; DIGITALIZAÇÃO; EMPRESAS

Innovation ecosystem and digitalization: an analysis of digital adoption among firms in the region of Campinas

ABSTRACT

The paper aims to discuss the role of innovation ecosystems as a factor that contributes to the adoption by companies of more advanced generations of digital technologies. Based on the literature about corporate strategic management and innovation economics from Neoschumpeterian inspiration, the paper assesses whether the participation in an innovation ecosystem intensive in resources for the development of digital technologies stimulates companies' digitalization process. The discussion derives from the analysis of results from a survey applied in 2020 to different companies located at the Campinas metropolitan region (RMC), some of them linked to the University of Campinas (Unicamp), and to companies from other Brazilian regions. The econometric exercise shows that the participation in innovation ecosystems promotes the adoption of more advanced stages of digitalization in specific economic industries.

KEYWORDS | INNOVATION ECOSYSTEMS; CAMPINAS METROPOLITAN REGION; UNICAMP; DIGITALIZATION; COMPANIES

1. Introdução

A digitalização da indústria é tema crescentemente discutido em diversos países em meio ao contexto de mudanças no paradigma tecnológico-produtivo (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2017; UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2019). Em parte, o processo de adoção de tecnologias digitais, mesmo de tecnologias ainda em desenvolvimento, depende dos núcleos geradores e difusores de tecnologia, representados pelos ecossistemas de inovação. Conforme relatam Matt et al. (2021), atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) devem ser complementadas por ações interorganizacionais, como treinamento e redes de interação, de modo que o conjunto de ações dos atores de um ecossistema ajuda a viabilizar a adoção das tecnologias associadas à Indústria 4.0.

No processo de digitalização observado especificamente no contexto de países em desenvolvimento, essa interação por meio da cooperação e colaboração entre os diferentes atores no interior de um ecossistema de inovação é de particular importância. Estudos empíricos revelam que as empresas que possuem uma maior tendência a adotar tecnologias digitais são empresas tradicionalmente grandes, de rápido crescimento, geralmente voltadas para a exportação e que, na grande maioria das vezes, empregam pessoas mais qualificadas em termos de habilidades para o digital (HALLER; SIEDSCHLAG, 2011).

Esses fatores, entendidos aqui como determinantes que favorecem a uma maior digitalização, contrastam com o perfil usualmente identificado nas empresas de países em desenvolvimento. Nessas economias, há uma forte presença da chamada heterogeneidade estrutural solidificada na presença de um amplo setor informal somado a uma baixa diversificação da estrutura produtiva (BOGLIACINO; CODAGNONE, 2019). Uma vez reunidas, essas condições acabam por ser impeditivas de um processo de digitalização mais difundido, criando silos isolados onde a adoção de tecnologias digitais mais avançadas ocorre somente em alguns setores e, mesmo assim, em nichos muito

específicos. De acordo com Andreoni e Anzolin (2019), inúmeras empresas utilizando tecnologias obsoletas passam a coexistir com poucas empresas que estão efetivamente no paradigma mais recente.

Nesse contexto, a presença de um ecossistema de inovação pode se tornar um canal para viabilizar o uso de tecnologias digitais, sobretudo por meio das interações estabelecidas entre seus integrantes, assim como se constitui em importante vetor de promoção de inovações. Suzigan e Albuquerque (2011a) documentam a importância histórica da interação entre universidades e empresas para fomentar as inovações no país. Em outro texto, os autores destacam que...

[...] for each economic or social success case in Brazil, there is a public research institute and/or a university in a supporting role. This relationship that lies behind most Brazilian products with comparative advantages in the international market was built during a long historical process of learning and accumulation of scientific knowledge and technological competencies. (SUZIGAN; ALBUQUERQUE, 2011b, p. 4).

Suzigan et al. (2011) discutem o padrão de interação entre universidades e empresas no estado de São Paulo, que possui elevado desenvolvimento produtivo e consolidados centros de pesquisa e universidades de ponta, representando forte pujança econômica e de ciência e tecnologia. No interior do estado, destacam-se as regiões de Campinas, São José dos Campos, Ribeirão Preto e São Carlos. Nesse sentido, pode-se afirmar que a região metropolitana de Campinas (RMC) constitui um dos polos de tecnologia reconhecidamente mais relevantes no Brasil e tem na Unicamp um dos alicerces de sua consolidação enquanto tal¹ (GORGULHO, 2019). Em grande medida, o papel assumido pela região se deve à associação de empresas com

¹ Isso não significa que não haja outros polos dinâmicos de inovação no Brasil, como nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba, Florianópolis e Recife, além do Distrito Federal, para se mencionar algumas. Para esta pesquisa, porém, o recorte possível se limitou à região metropolitana de Campinas e, sobretudo, às empresas com vínculo junto à Unicamp, ambientes reconhecidos por elevado grau de inovação.

universidades de ponta, centros e institutos de pesquisa, de caráter público e privado, cuja interação permite o desenvolvimento de novas tecnologias (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS, 2020).

Conforme aponta Schaeffer (2020, p. 55),

[...] entre os principais resultados/impactos positivos gerados pelas universidades nos ecossistemas de inovação [...], destacam-se: a formação de recursos humanos, que remete diretamente à função primária dessas instituições; o aumento dos depósitos de propriedade intelectual e das publicações; e, o incremento das atividades de empreendedorismo especificamente, como a geração de novos empreendimentos intensivos em conhecimento e a atração de investimentos empresariais.

Ao investigar as regiões mais inovativas do estado de São Paulo, a autora destaca, dentre outros resultados, não apenas os impactos positivos gerados pelas universidades nos ecossistemas de inovação, como também a concentração geográfica desses impactos nos respectivos ecossistemas.

Este artigo contribui para esta literatura ao analisar o papel do ecossistema de inovação como fator condicionante da estratégia das empresas da região de Campinas, em especial vinculadas à Unicamp, na adoção de gerações mais avançadas de tecnologias digitais². O caráter inovador do estudo decorre da pesquisa realizada junto às empresas sobre seu processo de adoção – atual e esperado – de tecnologias digitais. A escolha por essa região em específico se deu por conta da oportunidade de se entrevistar as empresas diretamente relacionadas à Unicamp no tocante às suas estratégias e experiências em termos de adoção digital e contrastar seus resultados com empresas de perfil semelhante, porém localizadas em outras regiões. Entende-se que, em parte, os resultados diferenciados obtidos para a região de Campinas

² Sobre os desafios mais amplos de se adotar tecnologias digitais no Brasil, ver Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2020).

e, particularmente, às empresas vinculadas à Unicamp podem ser atribuídos à existência de um ecossistema de inovação consolidado na região, em linha com estudos prévios sobre o tema (SUZIGAN et al., 2011; GORGULHO, 2019; SCHAEFFER, 2020).

O artigo encontra-se dividido em quatro seções, além desta introdução e das conclusões. Com base na literatura a respeito da gestão estratégica de empresas e economia da inovação de inspiração neoschumpeteriana, a primeira seção revisita o conceito de ecossistemas de inovação. A segunda seção caracteriza o ecossistema de inovação de Campinas. A terceira aborda aspectos metodológicos da pesquisa de campo, das entrevistas a partir das quais foram obtidos os dados utilizados na análise descritiva e do modelo econométrico proposto neste estudo. A quarta seção descreve e discute os resultados obtidos a partir da análise descritiva das três amostras, compostas por empresas vinculadas à Unicamp, empresas da RMC e outras empresas dispersas pelo Brasil, bem como apresenta os resultados do modelo econométrico aplicado para estimar o papel do ecossistema de inovação, em especial aquele formado pelas empresas ligadas à Unicamp, na adoção de tecnologias digitais.

2. Ecossistemas de inovação e digitalização das empresas

A importância crescente da inovação mudou progressivamente o foco da literatura sobre gestão estratégica das empresas do conceito de “ecossistemas de negócios”, introduzido por Moore (1993), para o conceito de “ecossistemas de inovação”. Na formulação original de Moore, o ecossistema de negócios abrangia empresas de diversos setores que combinavam suas competências para conquistar mercados. Nesse processo, a inovação era uma das dimensões da interação. Na literatura sobre ecossistemas de inovação, o foco reside nas formas e nas características da interação que tem a própria inovação como objetivo. Trata-se de compreender o papel da interação na redução

de riscos e na aceleração do surgimento de novas oportunidades de negócios para o conjunto dos atores envolvidos (ADLER, 2006; ADNER; KAPOOR, 2010; GAWER; CUSUMANO, 2014).

Entre as diversas definições de ecossistemas de inovação registradas na literatura, no presente estudo adota-se a seguinte³:

[...] the network of interconnected actors, organized around a particular value chain/industry where the actors include public agencies, firms, intermediaries and any other actor that contributes to the production and use of a product or service stemming from that value chain/industry. (MAZZUCATO; ROBINSON, 2018, p. 168).

O conceito é suficientemente amplo para abranger a participação de atores empresariais e não empresariais, criadores de conhecimento, desenvolvedores e difusores de tecnologias, fornecedores e prestadores de serviços e usuários de inovações. A inovação resulta da combinação de competências por meio da interação entre os envolvidos.

Diferentemente da literatura de inspiração também neoschumpeteriana que estuda o papel da inovação no desenvolvimento do território e foca nos “sistemas locais de inovação”, nos “polos tecnológicos” ou nos “distritos de inovação” (BALDONI, 2019, p. 24-31; KATZ; WAGNER, 2014), a literatura dos ecossistemas de inovação privilegia a análise da dinâmica do processo de inovação⁴. Os estudos destacam a importância das redes formais e informais que promovem a co-inovação e a cocriação de valor. Trata-se de compreender quais são os mecanismos de cooperação (ALEXY; GEORGE; SALTER, 2013), como estão relacionados com as estratégias e os modelos de gestão das empresas, em particular da gestão da inovação (ROHRBECK; HÖLZLE; GEMÜNDEN, 2009), e a importância dos perfis complementares dos atores, empresariais e não empresariais (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2009; LI; GARNSEY,

³ Para uma resenha das definições encontradas na literatura, ver Tsugimoto et al. (2018).

⁴ Para uma resenha das semelhanças e diferenças entre a literatura sobre os Sistemas Locais de Inovação e a relativa aos Ecossistemas de Inovação, ver Russo-Spena, Tregua e Bifulco (2017). No Brasil, existe uma rica literatura sobre “arranjos produtivos locais” (APLs), conceito que abrange os sistemas locais de inovação. Ver Cassiolato e Lastres (1999).

2014). A sinergia decorrente dessa interação virtuosa funciona como motor do processo de inovação, inclusive de tecnologias associadas à Indústria 4.0 (BENITEZ; AYALA; FRANK, 2020).

As contribuições desses estudos são potencialmente úteis para pesquisar os condicionantes da capacidade das empresas de evoluir no processo de digitalização de seus negócios, seja como inovadoras ou como usuárias de soluções digitais. A transformação digital impacta o modelo de gestão das empresas e das cadeias de valor, criando elos entre fornecedores, produtores e distribuidores. As mudanças dos padrões de consumo, estilos de vida e formas de sociabilidade representam novas oportunidades de negócios, cuja captura depende da agilidade e da eficiência na articulação de competências e no compartilhamento de informações. O acesso à informação técnica, mercadológica e financeira agiliza a construção de novos modelos de negócios para enfrentar o risco tecnológico e de mercado em condições que mudam rapidamente (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2017; INSTITUTO EUVALDO LODI, 2018; UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2019).

Na fase atual de evolução da tecnologia digital, a sinergia nos avanços da capacidade de transmissão e processamento de grandes volumes de dados – por meio, por exemplo, de *Big Data*, inteligência artificial e Internet das Coisas – pode viabilizar o desenvolvimento acelerado de aplicações e gerar novos processos e novos produtos em todos os setores da atividade econômica. Contudo, a própria transversalidade das aplicações acarreta maior complexidade à interação entre as empresas nas diversas etapas, desde o desenvolvimento da inovação em si até sua difusão e consolidação.

No processo de digitalização, interagem empresas que atuam em diversos mercados e que, portanto, contam com capacitações distintas, e tecnologias em diversos estágios de maturidade, que precisam ser integradas (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2017, p. 73-97; INSTITUTO EUVALDO LODI, 2018). A transformação digital dos negócios requer, portanto, a interação entre atores diversos e apresenta intensidade elevada

de fluxos de informações e de recursos, por meio de múltiplos canais, formais e informais (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2017, p. 246-259).

Nesta dinâmica, a interação entre instituições de ciência e tecnologia (ICTs), universidades e outras instituições que aportam recursos humanos qualificados, empresas especializadas no desenvolvimento de bens e serviços digitais, bem como investidores e empresas de diversos setores em busca de soluções digitais, pode condicionar o ritmo e a extensão da difusão das inovações. As universidades podem, assim, assumir um papel-chave no desenvolvimento de ecossistemas de inovação (HEATON; SIEGEL; TEECE, 2019).

Em função de suas características, a transformação digital pode depender de ecossistemas de inovação que se enquadrem no modelo que Zahra e Nambisan (2012, p. 225) denominam de “*Jam Central Model*”:

[...] related to a collection of independent entities, such as research centers, collaborating to envision and to develop an innovation in an emergent or radically new field. The term ‘jam’ signifies the improvisational nature of innovation (i.e., the objectives and direction of innovation tend to emerge organically from the collaboration) and the lack of centralized leadership in the ecosystem (i.e., there are no dominant companies, and the governance responsibility is diffused among partners).

A transversalidade de suas aplicações e a velocidade da evolução da tecnologia digital podem requerer que, na expressão utilizada por Zahra e Nambisan (2012), os objetivos e a direção do processo de digitalização “surjam organicamente da colaboração no interior do ecossistema” entre empresas de diversos setores. A transversalidade impõe, também, que a definição de Mazzucato e Robinson (2018) anteriormente referida seja adaptada, deslocando a análise do âmbito de uma “cadeia de valor específica”, como proposto pelos autores, para o campo de aplicação de uma “tecnologia específica” (a digital), que impacta diversas cadeias de valor.

3. Ecossistema de inovação na RMC

A região metropolitana de Campinas (RMC) é a segunda maior do Estado de São Paulo e abriga mais de 3,1 milhões de habitantes, 1,2 milhão dos quais no município de Campinas. Em 2017, o Produto Interno Bruto (PIB) da região foi de R\$ 194,7 bilhões, equivalente a 9,2% do PIB paulista. No mesmo ano, o PIB do município de Campinas somou R\$ 59 bilhões, representando, portanto, 2,8% do PIB paulista. Em valores *per capita*, o PIB da RMC é superior ao do total do Estado de SP (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS, 2020, p. 158).

Ademais, a RMC conta com boa infraestrutura de logística rodoviária e aeroportuária, com um setor industrial sofisticado e com um moderno setor de serviços. Apesar da pequena participação do setor agropecuário no PIB da região, dispõe de significativa estrutura agrícola e agroindustrial. Existem grandes produtores e empresas do agronegócio estabelecidas na RMC produzindo: soja, fibras e produtos têxteis, carnes e produtos do complexo sucroalcooleiro. No setor industrial, destacam-se os segmentos automobilístico, químico e farmacêutico, de máquinas e equipamentos, e metalúrgico. Grandes empresas industriais, nacionais e multinacionais, estão instaladas na RMC: Bayer, Bosch, Braskem, Dell, Eaton, General Electric, Goodyear, Honda, HP, IBM, Iveco, Magneti Marelli, Mercedes-Benz, Motorola, Petrobras, Pirelli, Rhodia, Samsung, Scania, Syngenta, Tetra Pak, Toyota, Unilever e Volkswagen, entre outras. Um conjunto diversificado de pequenas e médias empresas completa o tecido industrial da região (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS, 2020, p. 162).

Diversos fatores contribuíram para o surgimento de um ambiente de inovação na RMC, tendo como eixo a cidade de Campinas. Ao longo dos anos, configurou-se um aglomerado de instituições de ciência, tecnologia (ICTs) sob a influência da Unicamp e de instituições públicas e privadas de pesquisa, dentre as quais o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), o Centro Nacional de

Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), a Embrapa e o Instituto Eldorado (IE)⁵.

A Unicamp tem forte vocação para a pesquisa desde sua origem. Desde os anos 1960, a universidade realiza expressiva produção de conhecimento e de formação de mão de obra qualificada. O CPqD, antigo centro de pesquisa da Telebrás, é atualmente uma organização privada e sua sede abriga um conjunto de empresas que desenvolvem tecnologias e sistemas digitais para aplicações em telecomunicações, saúde, agricultura, sistemas urbanos e outras áreas. O CTI é uma unidade de pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação que desenvolve projetos de interesse do governo federal e do setor produtivo em laboratórios abertos. O CNPEM reúne os Laboratórios Nacionais de Luz Síncrotron, de Biociências, de Nanotecnologia e de Biorenováveis e desenvolve projetos de pesquisa em parceria com a comunidade acadêmica e com instituições privadas. O ITAL integra o sistema de pesquisa do Estado de São Paulo e realiza atividades de pesquisa, desenvolvimento, assistência tecnológica e inovação nas áreas de embalagem, transformação, conservação e segurança de alimentos e bebidas. A Embrapa conta com três unidades na RMC: a Embrapa Informática Agropecuária, a Embrapa Meio Ambiente e a Embrapa Territorial. Já o Instituto Eldorado é uma organização privada, sem fins lucrativos, que desenvolve soluções digitais para telecomunicações e de informática, petróleo e gás, automobilística, agronegócio, saúde e energia, em parceria com empresas globais.

A proximidade geográfica é considerada um fator que facilita a interação entre as ICTs e as empresas (GARCIA et al., 2011). O entorno da Unicamp, do CNPEM, do CPqD, do CTI, do ITAL, do IAC e das outras instituições concentra recursos humanos, bem como laboratoriais, e concede experiência à RMC para atratividade de empresas inovadoras. Contudo, a concentração espacial de instituições de pesquisa não é condição suficiente para o surgimento de um ecossistema de inovação

⁵ O papel da interação entre as universidades e instituições de pesquisa e as empresas no processo de geração de inovações no Brasil é destacado por Suzigan et al. (2011).

nos termos definidos pela literatura, haja vista que precisam existir canais formais e informais de efetiva interação.

Baldoni (2019) identifica na RMC um “sistema local de inovação” dividido em cinco “subsistemas”: o das ICTs, o das filiais de empresas multinacionais, o das agências públicas de fomento, o das empresas de base tecnológica (*startups*) e o dos investidores. Argumenta que os cinco subsistemas são relativamente autônomos, uma vez que as interações no seu interior são mais intensas que as interações externas (BALDONI, 2019, p. 153-156). O principal subsistema é o das ICTs, com forte protagonismo da Unicamp, em torno do qual orbitam principalmente empresas de base tecnológica.

Os resultados da pesquisa de Baldoni (2019) sugerem que o sistema local de inovação da RMC pode não atender totalmente os requisitos do conceito de ecossistema de inovação, em função da fragilidade dos canais de interação entre seus subsistemas. Já os canais formais e informais estabelecidos entre a Unicamp e seu entorno empresarial, por sua vez, permitem que o subsistema seja enquadrado no conceito. Sua agência de inovação, a Inova Unicamp, fomenta a aproximação entre os docentes e pesquisadores e as empresas, assim como também o empreendedorismo dos alunos (GASPAROTO, 2019). A agência interage com as chamadas “empresas filhas da Unicamp”, fundadas por seus alunos, ex-alunos, funcionários ou professores. A agência Inova promove a interação entre as “empresas filhas da Unicamp” e outras empresas sediadas na região, em particular as de base tecnológica⁶ (RENNER, 2017).

Pode-se considerar, portanto, que no entorno da Unicamp constituiu-se um ecossistema de inovação, uma vez que há mecanismos efetivos de interação entre a universidade e um tecido produtivo diversificado, o que cria um terreno fértil para o surgimento de novas

⁶ Em 2019, as “empresas filhas da Unicamp” totalizavam 815 unidades, produzindo uma receita anual de R\$ 8 bilhões e empregando mais de 30 mil pessoas. Dois terços localizavam-se na RMC. Predominava o segmento de TI (230 empresas), embora o conjunto fosse composto também por empresas especializadas em biotecnologia, engenharias, energia, telecomunicações, saúde, arte, desenho e multimídia, bem como química e tecnologias verdes (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2020).

empresas intensivas em conhecimento, para o surgimento de novas soluções tecnológicas e para a difusão de inovações. As atividades da Inova ultrapassam a função de transferência de tecnologia para o setor produtivo, usualmente atribuída aos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs). Além da incubadora de empresas e do parque tecnológico, a agência promove por vários canais a comunicação entre as próprias empresas, facilitando a criação de conexões e o acesso à informação para aquelas que mantêm vínculo com a Unicamp (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2020).

Embora o sistema local de inovação da RMC possa não constituir um ecossistema de inovação coeso (BALDONI, 2019), é caracterizado pela concentração de ICTs e de *startups* especializadas no desenvolvimento de soluções digitais que podem criar um ambiente favorável para sua difusão. A presença de instituições de pesquisa, de empresas e de organizações que atuam na interface com o entorno empresarial, oferece canais de acesso à informação técnica, mercadológica e financeira sobre as possíveis oportunidades advindas das soluções digitais. A avaliação dos riscos envolvidos na adoção de novas formas de interação com os fornecedores e com os clientes, novas formas de gestão da produção e novos modelos de negócios pode se beneficiar da experiência disponível no entorno.

A percepção da necessidade e da viabilidade de avançar na digitalização pode se tornar mais aguda quando as empresas estão imersas em um ambiente no qual a experimentação é mais intensa e os recursos para enfrentar os desafios estão mais disponíveis. O ambiente, de um lado, estimula as empresas a antecipar a incorporação de inovações digitais e, de outro, as torna mais otimistas quanto à possibilidade de continuar evoluindo no processo de digitalização, ainda que enfrentem restrições de capital, porte maior ou elevados graus de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e exportações.

Disso deriva a hipótese deste estudo de que as empresas da RMC e, em especial, as “empresas filhas da Unicamp” têm maiores probabilidades de alcançar níveis avançados de digitalização do que as empresas dispersas em outras regiões, uma vez que estão inseridas em

um ecossistema de inovação, seja pouco coeso, como o de Campinas, seja mais coeso, como no caso das empresas ligadas à Inova. Cabe destacar, ainda, que isso não significa que empresas em outras regiões metropolitanas que possuam algum tipo de caracterização de um ecossistema de inovação também não possam adotar padrões de digitalização tão ou mais avançados. No caso desta pesquisa em específico, o desenho da amostra de empresas entrevistadas permite claramente distinguir empresas com vínculos à Inova, empresas localizadas na RMC sem ligação com a agência de inovação da Unicamp e, ainda, demais empresas dispersas em várias regiões do país com perfil semelhante em termos de porte e setor que pertence, sem necessariamente estar ou não vinculadas a algum polo que possa ser caracterizado como um ecossistema de inovação.

4. Metodologia

O estudo pretende mostrar que o ecossistema de inovação contribui para que as empresas da RMC e, em particular, aquelas vinculadas à Unicamp por meio da agência Inova, atinjam um estágio de digitalização mais avançado, o que se evidencia a partir de comparação com um conjunto de outras empresas dispersas pelo Brasil. Para tanto, baseia-se em dados obtidos a partir de pesquisa de campo autodeclaratória sobre a digitalização na indústria brasileira⁷, que inclui um grupo de empresas da RMC, algumas das quais vinculadas à Unicamp.

Para o presente estudo, o exercício cotejou as respostas obtidas das empresas do Brasil, da RMC e das empresas vinculadas à Unicamp (“empresas filhas da Unicamp”), dando ênfase para a dimensão local como fator de adoção da digitalização pelas empresas junto a outras variáveis explicativas. Não obstante, cabe sublinhar que políticas de

⁷ Mais detalhes sobre a metodologia dessa pesquisa encontram-se no artigo intitulado “*Chasing the rainbow: towards an experimental methodological framework for the assessment of digitalisation at the firm level*”, de autoria de João Carlos Ferraz, também publicado nesta seção especial.

caráter nacional também cumprem papel nesse sentido, embora não tenham sido objeto de análise do presente estudo. É válido destacar, por exemplo, que a Estratégia Brasileira para a Transformação Digital, estabelecida em 2018, possui um caráter de política de inovação mais horizontal (BRASIL, 2018), beneficiando, neste caso, o conjunto de empresas das diversas localidades e podendo ter efeitos mais promissores no padrão futuro de adoção digital das empresas do que em seu padrão atual, ao qual a presente pesquisa se destina. Ademais, por conta do caráter pontual da pesquisa de campo, não é possível vincular as respostas obtidas e resultados derivados com a ação específica de um programa.

4.1 Pesquisa de campo e indicadores descritivos da digitalização

A pesquisa de campo ora tratada tem como base a experiência pioneira demarcada pelo projeto “I-2027” capitaneado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), em 2017, que buscou investigar os riscos e oportunidades para a adoção de tecnologias ditas emergentes por parte de aproximadamente 760 empresas industriais brasileiras (INSTITUTO EUVALDO LODI, 2018). Ela teve como ponto de partida a especificação de gerações de tecnologias digitais que pudessem ser empregadas por diferentes funções empresariais em dois pontos diferentes no tempo (presente e um futuro datado para os próximos 10 anos), levando em consideração, para tanto, os esforços que estavam sendo realizados para alcançar o padrão de adoção digital projetado. Nesse sentido, foram levantadas diferentes tecnologias alocadas segundo a sua geração digital, a saber:

- G1: automação dispersa, pontual e não integrada;
- G2: tecnologias digitais parcialmente integradas em algumas áreas ou linhas;
- G3: plataformas de automação integradas nas plantas;
- G4: plataformas integradas e inteligentes, incluindo cadeia de valor.

Como uma única empresa possui diferentes funções empresariais, é possível a convivência de distintas gerações digitais em uma única empresa. Em 2020, aplicou-se um questionário semelhante ao de 2017 que contou com um conjunto de 982 empresas industriais no Brasil, de diversos portes e setores, com o objetivo de construir indicadores que permitissem a caracterização do uso atual de tecnologias digitais (isto é, no momento da pesquisa em 2020) e da adoção esperada de tais tecnologias no prazo de dez anos (até 2030). Cabe ressaltar que se trata de percepções do respondente acerca do uso atual e futuro de tecnologias digitais.

O grau de digitalização foi verificado em três funções empresariais, quais sejam, relacionamento com fornecedores, gestão da produção e relacionamento com clientes. A partir do somatório das respostas para cada função empresarial, pode-se obter o resultado agregado acerca da percepção da empresa sobre seu posicionamento atual e esperado em termos de adoção das tecnologias digitais.

As empresas foram classificadas, com base na CNAE 2.0, como pertencentes aos seguintes sistemas produtivos: agroindústria, bens de capital, bens de consumo, complexo automotivo, insumos básicos, indústria química e tecnologias de informação e comunicação. As empresas entrevistadas informaram também se realizaram exportações, P&D e treinamento no ano da pesquisa.

A partir do amplo levantamento realizado, contemplaram-se, para a finalidade deste artigo, três conjuntos de amostras:

- Amostra 1: 982 empresas com 50 empregados ou mais, sendo 69 empresas localizadas na região metropolitana de Campinas (RMC) e 913 empresas localizadas nas demais regiões do Brasil;
- Amostra 2: 595 empresas com 50 a 149 empregados, sendo 34 empresas fundadas por alunos, ex-alunos ou professores da Unicamp (“empresas filhas da Unicamp” na caracterização da Agência Inova), 22 empresas localizadas na RMC sem vínculo com a Unicamp e 539 empresas localizadas nas demais regiões do Brasil;
- Amostra 3: composta por empresas de dois setores representativos dentro do conjunto de empresas vinculadas à Unicamp, a saber, agroindústria e bens de capital, de modo que foram selecionadas

85 empresas da agroindústria, sendo 10 vinculadas à Unicamp, 2 na RMC sem vínculo com a Unicamp e 73 empresas nas demais regiões do Brasil, e 132 empresas de bens de capital, sendo 11 vinculadas à Unicamp, 6 na RMC sem vínculo com a Unicamp e 115 empresas nas demais regiões do Brasil.

É importante destacar que, para a finalidade deste artigo, pôde-se realizar a aplicação do questionário para um conjunto de empresas vinculadas à Unicamp, de forma a cotejar os resultados obtidos com os demais advindos de empresas tanto da RMC como de outras regiões do país, sem uma concentração específica a um polo de tecnologia ou ecossistema de inovação. Após a análise descritiva dos resultados, sobretudo em relação ao padrão atual de adoção digital das empresas, buscou-se realizar exercícios econométricos para testar a hipótese da pesquisa de que empresas diretamente vinculadas a um ecossistema de inovação específico, como é reconhecidamente o caso das “empresas filhas da Unicamp”, apresentam maior probabilidade de estarem em estágios mais avançados de adoção digital.

4.2 Exercício econométrico: modelo e variáveis

Dentro do universo das possibilidades empíricas para modelos com dados categóricos, as regressões logísticas costumam ser instrumentos úteis para se analisar relações de chances de ocorrência de uma determinada categoria de uma variável dependente em contraposição às chamadas variáveis independentes, quer elas sejam contínuas ou categóricas (AGRESTI, 2002). Por meio de uma função logística, essas regressões estimam as probabilidades de que uma variável de resultado esteja associada a categorias de variáveis independentes no caso delas serem categóricas. Tem-se, então, como resultado a probabilidade de ocorrência de um evento específico a partir da função logística que prevê a classe-alvo correspondente da variável de resposta categórica (LONG; FREESE, 2006, 2014).

Dado o escopo da pesquisa de campo realizada e que serve de fonte para os objetivos pretendidos no presente artigo, optou-se pela

utilização de regressões logísticas ordenadas. Além de ser um método consensualmente aceito para dados baseados em variáveis categóricas, esses modelos pressupõem que há uma ordem relativa nas categorias da variável a ser explicada. Essa escolha teve como ponto de partida estudo anterior que também se baseou em uma pesquisa de campo sobre adoção de tecnologias digitais na indústria brasileira (KUPFER; FERRAZ; TORRACCA, 2019). Contar com o ordenamento das categorias da variável resposta se mostra importante para esse escopo, pois de alguma forma busca-se diferenciar empresas mais avançadas sob o ponto de vista da adoção digital em relação àquelas menos avançadas.

Ainda quanto ao método da regressão logística ordenada, ela pode assumir dois tipos no que diz respeito aos seus coeficientes estimados. Na primeira, assume-se que eles descrevem relações semelhantes independentemente das categorias em questão. Nesse caso, as regressões logísticas ordenadas poderiam ser denominadas também por regressões paralelas ou de chances proporcionais, já que os coeficientes são invariantes aos pontos de corte e, portanto, os parâmetros de efeito são os mesmos ao longo dos níveis da variável dependente e nas diferentes regressões logísticas. No entanto, na maioria das vezes, a premissa de proporcionalidade pode não ser atendida, criando uma impressão enganosa de como o resultado e as variáveis explicativas estão relacionados. No segundo tipo, há, então, as chamadas regressões logísticas ordenadas generalizadas ou de chances proporcionais parciais. Nessa segunda modalidade, não há imposição de probabilidades proporcionais a todas as variáveis independentes, fornecendo resultados mais precisos de uma maneira geral (WILLIAMS, 2016).

A regressão a ser estudada terá variável dependente binária, tratando os grupos de interesse com valores iguais a 0 e 1. Sua funcionalidade se ocupa de prever a probabilidade de uma observação estar no grupo igual a 1 (“eventos”) em relação ao grupo igual a zero (“não eventos”), tal e qual na Equação 1 a seguir em que b_n são os coeficientes dos regressores X_n (HAIR et al., 2009):

$$\text{Logit}_i = \ln \left(\frac{\text{prob}_{\text{eventos}}}{1 - \text{prob}_{\text{eventos}}} \right) = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n \quad (1)$$

Utiliza-se a razão de desigualdades, ou seja, a razão entre as probabilidades dos dois eventos, para a estimação dos coeficientes das variáveis independentes. O “evento”, no caso, será o fato de a firma estar adotando hoje tecnologias compatíveis com a terceira ou quarta geração digital, assim como definido anteriormente. Simetricamente, o chamado “não evento” corresponderá ao fato de estarem atualmente na primeira ou segunda geração digital. Essa variável resposta será aqui denominada por “RAZAO_TDA”. Como a geração digital foi obtida na pesquisa de campo por função da empresa, optou-se por considerar todas elas de forma desagregada. Com isso, as regressões estimadas contarão com 2.946 observações, já que se tem uma amostra com 982 empresas (correspondente à Amostra 1 citada anteriormente) e cada uma delas respondeu sua adoção digital para as três funções empresariais: relacionamento com fornecedores, gestão da produção e relacionamento com clientes.

Com o objetivo de distinguir o efeito de pertencer ao grupo das empresas vinculadas à Unicamp para o padrão de adoção de tecnologias digitais avançadas, optou-se por criar uma variável (“RMC2”) que conta com três categorias: ela assume valor 3 se a empresa for vinculada à Unicamp, valor 2 se ela é uma empresa da região metropolitana de Campinas apenas e, por fim, possui valor igual a 1 para todas as demais empresas do banco de dados, ou seja, de outras regiões do país.

Além dessa variável independente, outras quatro foram consideradas nas análises que seguirão. Todas elas foram selecionadas tendo em vista seu potencial de impacto no uso de tecnologias digitais. A primeira foi o porte⁸ da empresa (“PORTE2”) que é uma variável binária com valor igual a 0 para as empresas pequenas e médias-pequenas e 1 para aquelas classificadas como médias-grandes ou grandes. A segunda considera o fato de a empresa realizar ou não atividades internas de P&D (“PD_INTERNO” = 1 se a empresa respondeu que sim). A terceira é relativa à atividade exportadora (“EXPORTOU”) e assume valor 1 se a empresa realizou algum tipo de exportação e 0 caso contrário.

⁸ De acordo com o questionário, as empresas pequenas possuem até 50 funcionários, médias-pequenas de 50 a 100, médias-grandes de 100 a 150 e grandes possuem mais de 150 funcionários vinculados.

A última variável faz menção à realização de treinamento de pessoal para a adoção digital (“DISP_TREIN_PESSOAL” = 1 se sim e 0 caso contrário). Os resultados são apresentados e discutidos a seguir.

5. Resultados e discussão

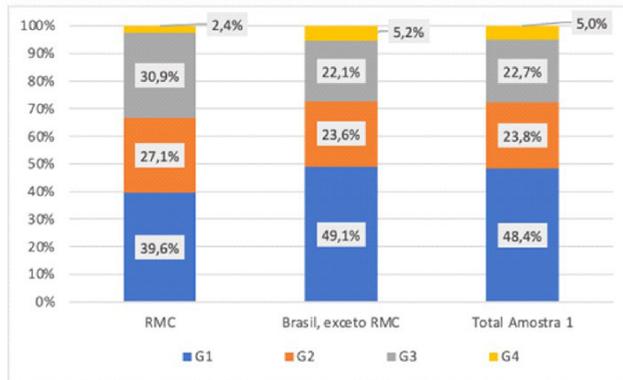
Os resultados derivados da pesquisa são analisados em quatro blocos, sendo os três primeiros análises descritivas das três amostras supramencionadas e o quarto bloco destinado à análise econométrica. O primeiro bloco consiste em comparar a adoção atual das tecnologias digitais das empresas na RMC em comparação à média brasileira. O segundo bloco permite cotejar a adoção atual das tecnologias digitais, considerando-se também as “empresas filhas da Unicamp” que, por hipótese, estariam integradas a um ecossistema de inovação ainda mais robusto do que as empresas somente da RMC. O terceiro bloco considera que os resultados para as empresas vinculadas à Unicamp são heterogêneos do ponto de vista setorial, de modo que se justifica verificar o uso atual e esperado das tecnologias digitais nos dois setores mais representativos, a saber, de agroindústria e bens de capital, comparando-se também à RMC e à média brasileira. Por fim, o quarto bloco traz as evidências do modelo econométrico proposto.

5.1 Região metropolitana de Campinas *versus* Brasil

Os resultados obtidos, a partir da análise da Amostra 1, para as empresas localizadas na região metropolitana de Campinas e demais empresas no Brasil permitem contrastar o estágio de digitalização já atingido.

O Gráfico 1 indica que praticamente metade das empresas da amostra brasileira se situa no estágio digital ainda inicial (G1). Essa participação, embora elevada, é bastante inferior no caso das empresas na RMC (cerca de 40%). Em contraste, as empresas da RMC declararam estar, em mais de 30% dos casos, em G3. Essa participação é de 22% no

GRÁFICO 1
Adoção de tecnologias digitais 2020, RMC e Brasil – Amostra 1



Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

caso da média das empresas das demais regiões do país. No entanto, cabe a ressalva de que a parcela de empresas que declara se encontrar atualmente já no estágio mais avançado de digitalização (G4) é maior para o Brasil do que para a RMC.

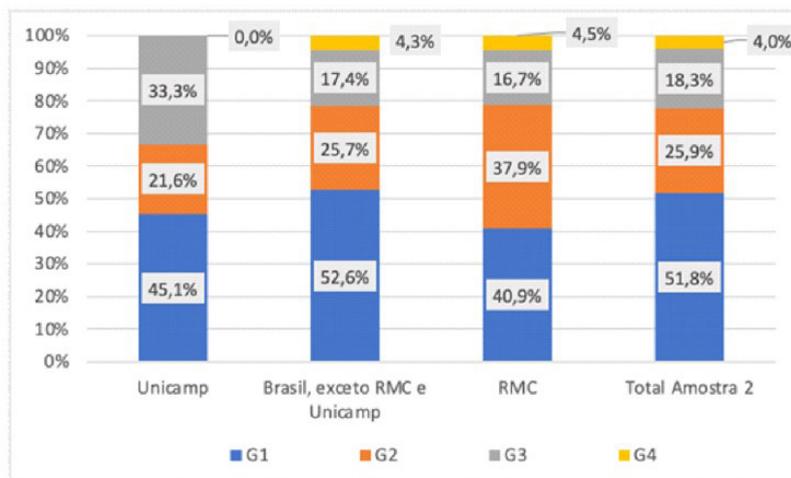
A análise preliminar das respostas revela que no Brasil é elevado o número de empresas que se encontra em um estágio bastante incipiente do processo de digitalização, como é o caso das soluções que a pesquisa caracteriza como G1. Na RMC, a constatação de que as empresas se encontram em um estágio mais avançado sugere a existência de fatores favoráveis à digitalização das empresas nessa região.

5.2 Empresas vinculadas à Unicamp × RMC × Brasil

A partir da análise da Amostra 2, pode-se aferir como a adoção de tecnologias digitais por parte das empresas denominadas pela agência Inova como “filhas da Unicamp” se diferencia das demais empresas tanto da RMC como do Brasil.

O Gráfico 2 indica que, embora não haja na amostra empresas vinculadas à Unicamp em G4, um terço das empresas já se encontra em G3. Este percentual é muito superior ao observado em relação ao

GRÁFICO 2
Adoção de tecnologias digitais 2020, empresas Unicamp, RMC e Brasil – Amostra 2



Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

restante de empresas da RMC (16,7%) ou em relação ao Brasil como um todo (17,4%). O número de empresas na RMC é pequeno e na amostra do Brasil como um todo é um pouco maior. Vale ressaltar, ainda, que persiste grande número de empresas atualmente em G1 nos diferentes estratos de empresas.

A proporção de “empresas filhas da Unicamp” que declara já ter atingido G3 sugere que, pelo menos no que tange à digitalização, esse grupo de empresas encontra-se em estágio mais avançado do que as da RMC e de outras regiões do Brasil. O contraste entre as respostas das empresas vinculadas à Unicamp e das outras da RMC parece corroborar o resultado de Baldoni (2019), que identificou um “sub” sistema de inovação articulado em torno da Unicamp e de outras ICTs, caracterizado neste estudo como um ecossistema de inovação coeso.

5.3 Perfil das empresas

Além de comparar os padrões de adoção de tecnologias digitais, analisaram-se características das empresas das três amostras que

poderiam explicar as diferenças nos estágios de digitalização. Como o porte das empresas já tinha sido considerado na construção das amostras, a análise focalizou nas atividades de exportação, de P&D e de treinamento (Tabela 1) e no setor de atividades (Tabela 2).

As empresas vinculadas à Unicamp se mostraram, relativamente, menos exportadoras do que as empresas das outras duas amostras. Em contrapartida, uma proporção maior declarou ter realizado atividades de P&D e de treinamento. Menos de 30% das empresas vinculadas à Unicamp registraram exportações em 2020, ano da pesquisa, percentual este de 37,5% para empresas no restante do Brasil e superior a 50% no caso de outras empresas da RMC. Em relação às atividades de P&D, contudo, quase dois terços das empresas vinculadas à Unicamp realizaram algum tipo naquele ano. Por fim, mais de três quartos das empresas vinculadas à Unicamp ofereceram algum tipo de treinamento à mão de obra no ano da pesquisa, situação semelhante à das empresas da RMC, porém muito acima das demais empresas no Brasil.

TABELA 1
Exportação, P&D e treinamento, empresas Unicamp, RMC e Brasil – Amostra 2

Exportou	Amostra			
	UNICAMP	Brasil	RMC	Total Geral
Sim	29,4%	37,5%	54,5%	37,6%
Não	70,6%	62,5%	45,5%	62,4%
Total Geral	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
P&D	Amostra			
	UNICAMP	Brasil	RMC	Total Geral
Sim	64,7%	45,1%	50,0%	46,4%
Não	35,3%	54,9%	50,0%	53,6%
Total Geral	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Treinamento	Amostra			
	UNICAMP	Brasil	RMC	Total Geral
Sim	76,5%	57,3%	72,7%	59,0%
Não	23,5%	42,7%	27,3%	41,0%
Total Geral	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

TABELA 2
Adoção de tecnologias digitais 2020 nos setores de agroindústria e de bens de capital, empresas Unicamp, RMC e Brasil – Amostra 3

AGREGADO HOJE (%)	Agroindústria			
	Unicamp	Brasil	RMC	Total Geral
G1	6,7%	65,8%	83,3%	59,2%
G2	23,3%	20,1%	16,7%	20,4%
G3	70,0%	12,8%	0,0%	19,2%
G4	0,0%	1,4%	0,0%	1,2%
Total Geral	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
AGREGADO HOJE (%)	Bens de capital			
	Unicamp	Brasil	RMC	Total Geral
G1	81,8%	50,4%	50,0%	53,0%
G2	12,1%	25,2%	27,8%	24,2%
G3	6,1%	19,1%	22,2%	18,2%
G4	0,0%	5,2%	0,0%	4,5%
Total Geral	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

Finalmente, a Tabela 2 compara a digitalização das empresas com atuação nos setores agroindustrial e bens de capital, com base na Amostra 3. Trata-se de dois setores que concentram mais de 60% das empresas que compõem a amostra “filhas da Unicamp” e que também estão bem representados nas demais regiões.

Ao se analisar o grau de adoção das tecnologias digitais, percebe-se que 70% das empresas da agroindústria vinculadas à Unicamp se encontram em G3. Esse percentual é de apenas 6% no caso das empresas de bens de capital. Quando se comparam as empresas agroindustriais vinculadas à Unicamp às demais do mesmo setor, nota-se que aquelas se encontram em patamar de digitalização substancialmente mais avançado que as da RMC e do restante do Brasil. O inverso, no entanto, ocorre em termos das empresas do setor de bens de capital.

Os resultados apresentados nesta subseção sugerem que o estágio mais avançado de digitalização das empresas pode resultar não unicamente de sua inserção no ecossistema de inovação da RMC ou da Unicamp, mas também às atividades que desenvolvem, como

exportação, P&D, treinamento e setor de atuação. Com o intuito de estimar a efetiva contribuição da vinculação das empresas ao ecossistema de inovação à adoção de gerações mais avançadas de tecnologias digitais, foi realizado o exercício econométrico descrito na próxima subseção.

5.4 Exercício econométrico

Como primeiro exercício mais geral, optou-se por captar inicialmente o efeito conjunto da variável porte com a variável RMC2 na probabilidade em se adotar tecnologias digitais mais avançadas, deixando, portanto, a análise do impacto das variáveis mais relacionadas ao padrão de conduta dos agentes, tais como exportar, realizar P&D e treinamento, para um segundo exercício. Não foi considerado também o recorte setorial nesse primeiro momento. Dessa maneira, obtém-se o efeito mais específico da condição da empresa ser ou não vinculada à Unicamp para a amostra como um todo. Esses primeiros resultados estão dispostos na Tabela 3. Em ambos os exercícios, foi utilizada a Amostra 1, conforme descrito na metodologia do trabalho.

TABELA 3
Resultados da regressão logística ordenada: exercício 1

RAZAO_ TDA	Razão de Chances	Desv. Pad.	z	P>z	[Intervalo de Confiança 95%]	
RMC2 = 2	1,5827	0,349403	2,08	0,038 (**)	1,0268	2,4396
RMC2 = 3	1,7150	0,354969	2,61	0,009 (***)	1,1431	2,5730
Porte2	2,0144	0,170587	8,27	0,000 (***)	1,7063	2,3781
Intercepto	0,2746	0,01641	-21,63	0,000 (***)	0,2443	0,3087

Notas: (**) significativo a 5% e (***) significativo a 1%. Para RMC = 2, a empresa faz parte da região metropolitana de Campinas e RMC = 3 representa as empresas da RMC que estão vinculadas à Unicamp.

Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

Pelo teste de Wald, a hipótese de regressão paralela foi rejeitada, implicando coeficientes estimados diferentes para cada categoria da variável a ser explicada. Tanto a variável porte quanto aquela que

representa a localização se mostraram significativas nesse primeiro exercício. A leitura da Tabela 3 está em termos de razão de chances. Isso significa dizer que o fato de a empresa pertencer à região metropolitana de Campinas em contraposição a qualquer outro município do país, tudo o mais constante, aumenta a probabilidade de ela adotar tecnologias compatíveis com as 3ª e 4ª gerações digitais em 58,27%. O efeito para uma empresa vinculada à Unicamp é ainda maior – aumenta a chance de adoção em 71,50%. O porte, como já era de se esperar, dada a importância da disponibilidade de recursos e condições técnico-produtivas para o uso de tecnologias digitais, possui um grande impacto – ser uma empresa média-grande ou grande aumenta a probabilidade de estar em G3 ou G4 em relação a uma pequena ou média-pequena em 101,44%, tudo o mais constante.

O segundo exercício incorpora à análise variáveis mais estratégicas ligadas à decisão da firma e que, eventualmente, possuem relação com a sua predisposição ao uso de tecnologias digitais, tais como a condução de atividades internas de P&D e treinamento de pessoal. Optou-se por incluir, também, a variável referente à orientação exportadora para se ter alguma métrica mais relacionada ao desempenho da empresa. Essa configuração de regressão foi estimada para o total da amostra e para cada um dos setores isoladamente, uma vez que as empresas vinculadas à Unicamp estão estatisticamente melhor representadas em setores específicos (ver Tabela 2). Os resultados estão na Tabela 4 a seguir.

TABELA 4
Resultados da regressão logística ordenada: exercício 2

Setor	RAZAO_TDA	Razão de Chances	Desv. Pad.	Z	P>z	[Intervalo de Confiança 95%]	
Total (n=2.949)	RMC2 = 2	1,2611	0,294764	0,99	0,321	0,79764	1,99393
	RMC2 = 3	1,3257	0,28664	1,3	0,192	0,86778	2,02532
	Porte2	1,8684	0,170209	6,86	0,000 (***)	1,56291	2,23367
	PD_INTERNO	2,5523	0,328396	7,28	0,000 (***)	1,98345	3,28442
	EXPORTOU	1,2548	0,118079	2,41	0,016 (**)	1,04349	1,50898
	DISP_TREIN_PESSOAL	1,7564	0,239546	4,13	0,000 (***)	1,34441	2,29464
	Intercepto	0,1045	0,01033	-22,84	0,000 (***)	0,08605	0,12680

Notas: (*) significativo a 10%, (**) significativo a 5% e (***) significativo a 1%. O símbolo n/d expressa a inexistência de observação para esse campo. Para RMC = 2, a empresa faz parte da região metropolitana de Campinas e RMC = 3 representa as empresas da RMC que estão vinculadas à Unicamp.

Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

TABELA 4
Continuação...

Setor	RAZAO_TDA	Razão de Chances	Dev. Pad.	Z	P>z	[Intervalo de Confiança 95%]	
Agroindústria (n=477)	RMC2 = 2	1,0097	0,841705	0,01	0,991	0,19706	5,17339
	RMC2 = 3	10,4609	4,940187	4,97	0,000 (***)	4,14563	26,39680
	Porte2	3,1733	0,83129	4,41	0,000 (***)	1,89905	5,30271
	PD_INTERNO	4,8411	1,895368	4,03	0,000 (***)	2,24741	10,42804
	EXPORTOU	1,4727	0,381227	1,5	0,135	0,88672	2,44605
	DISP_TREIN_PESSOAL	1,4822	0,686371	0,85	0,395	0,59806	3,67348
	Intercepto	0,0476	0,015298	-9,48	0,000 (***)	0,02537	0,08938
Bens de Capital (n= 555)	RMC2 = 2	0,8818	0,521317	-0,21	0,831	0,27677	2,80931
	RMC2 = 3	0,1348	0,100317	-2,69	0,007 (***)	0,03136	0,57960
	Porte2	1,0788	0,254322	0,32	0,748	0,67966	1,71244
	PD_INTERNO	1,7492	0,460808	2,12	0,034 (**)	1,04373	2,93141
	EXPORTOU	0,7040	0,157837	-1,57	0,118	0,45369	1,09250
	DISP_TREIN_PESSOAL	1,7556	0,490108	2,02	0,044 (**)	1,01577	3,03427
	Intercepto	0,1982	0,042817	-7,49	0,000 (***)	0,12977	0,30267
Bens de Consumo (n= 468)	RMC2 = 2	0,0000	8,59E-05	-0,01	0,990	0,00000	.
	RMC2 = 3	0,4359	0,336086	-1,08	0,282	0,09620	1,97544
	Porte2	1,2629	0,310696	0,95	0,343	0,77976	2,04541
	PD_INTERNO	1,7226	0,555359	1,69	0,092 (*)	0,91571	3,24047
	EXPORTOU	2,4163	0,587369	3,63	0,000 (***)	1,50048	3,89103
	DISP_TREIN_PESSOAL	2,8705	1,032392	2,93	0,003 (***)	1,41848	5,80895
	Intercepto	0,0772	0,02127	-9,3	0,000 (***)	0,04499	0,13248
Complexo Automotivo (n=228)	RMC2 = 2	1,2714	0,931516	0,33	0,743	0,30246	5,34474
	RMC2 = 3	0,0000	0,000428	-0,01	0,990	0,00000	.
	Porte2	2,8073	0,874947	3,31	0,001 (***)	1,52406	5,17110
	PD_INTERNO	2,0796	1,032831	1,47	0,140	0,78564	5,50463
	EXPORTOU	1,2415	0,448088	0,6	0,549	0,61197	2,51865
	DISP_TREIN_PESSOAL	2,3249	1,256763	1,56	0,119	0,80589	6,70711
	Intercepto	0,0877	0,038222	-5,58	0,000 (***)	0,03731	0,20604
Insumos Básicos (n=513)	RMC2 = 2	4,8753	2,754766	2,8	0,005 (***)	1,61077	14,75601
	RMC2 = 3	5,9629	5,334549	2	0,046 (**)	1,03265	34,43201
	Porte2	2,0733	0,497446	3,04	0,002 (***)	1,29544	3,31807
	PD_INTERNO	6,5318	2,929621	4,18	0,000 (***)	2,71178	15,73298
	EXPORTOU	1,1569	0,306192	0,55	0,582	0,68871	1,94351
	DISP_TREIN_PESSOAL	0,4484	0,19346	-1,86	0,063 (*)	0,19251	1,04452
	Intercepto	0,1145	0,024938	-9,95	0,000 (***)	0,07473	0,17548
Química (n=549)	RMC2 = 2	1,4389	0,620976	0,84	0,399	0,61756	3,35257
	RMC2 = 3	2,0297	1,413474	1,02	0,309	0,51841	7,94699
	Porte2	2,4680	0,532692	4,19	0,000 (***)	1,61672	3,76767
	PD_INTERNO	2,5039	0,68211	3,37	0,001 (***)	1,46801	4,27070
	EXPORTOU	1,0418	0,227301	0,19	0,851	0,67926	1,59768
	DISP_TREIN_PESSOAL	3,0281	0,882998	3,8	0,000 (***)	1,70990	5,36271
	Intercepto	0,0801	0,019697	-10,27	0,000 (***)	0,04949	0,12972

Notas: (*) significativo a 10%, (**) significativo a 5% e (***) significativo a 1%. O símbolo n/d expressa a inexistência de observação para esse campo. Para RMC = 2, a empresa faz parte da região metropolitana de Campinas e RMC = 3 representa as empresas da RMC que estão vinculadas à Unicamp.

Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

TABELA 4
Continuação...

Setor	RAZAO_TDA	Razão de Chances	Desv. Pad.	Z	P>z	[Intervalo de Confiança 95%]	
TICs (n=156)	RMC2 = 2	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
	RMC2 = 3	0,4889	0,629242	-0,56	0,578	0,03924	6,09153
	Porte2	1,0371	0,409024	0,09	0,926	0,47872	2,24659
	PD_INTERNO	3,4992	1,823706	2,4	0,016 (**)	1,25989	9,71844
	EXPORTOU	1,8274	0,686124	1,61	0,108	0,87543	3,81441
	DISP_TREIN_PESSOAL	0,8122	0,417916	-0,4	0,686	0,29624	2,22663
	Intercepto	0,1899	0,073307	-4,3	0,000 (***)	0,08910	0,40467

Notas: (*) significativo a 10%, (**) significativo a 5% e (***) significativo a 1%. O símbolo n/d expressa a inexistência de observação para esse campo. Para RMC = 2, a empresa faz parte da região metropolitana de Campinas e RMC = 3 representa as empresas da RMC que estão vinculadas à Unicamp.

Fonte: Elaboração própria com base em dados primários da pesquisa de campo.

Todas as regressões acima foram ajustadas quanto à possibilidade ou não de chances proporcionais. Quando se incluem as demais variáveis no modelo para o total da amostra, a variável locacional, apesar de ter um efeito positivo para a adoção atual de tecnologias digitais avançadas, deixa de ser significativa. Em compensação, tanto atividades de P&D, quanto a realização de treinamento de pessoal e o fato de a empresa exportar estão não apenas associados com uma maior probabilidade de a empresa adotar tecnologias G3 e G4, como também apresentam resultados significativos. Dentre as três, conduzir investimentos em P&D, ao que tudo indica, é o que possui maior fator de impacto – ela pode aumentar as chances de adoção em mais de 155%, tudo o mais constante. Esse resultado está em consonância com conclusões obtidas em outros trabalhos como, por exemplo, o de Delera et al. (2020) que confirmou uma relação positiva entre a adoção de novas tecnologias e a realização de P&D e treinamento de mão de obra, especialmente aquele voltado para o uso de novas máquinas e equipamentos.

A desagregação setorial, por sua vez, produz resultados diferenciados. Para sistemas produtivos como Bens de Consumo, Complexo Automotivo, Química e TICs, a variável que rastreia o impacto da localização sequer é significativa quer seja por conta da baixa representatividade de empresas localizadas na RMC ou que sejam vinculadas à Unicamp, quer seja porque as demais variáveis incluídas no modelo de fato cumprem uma relação estatística mais bem sustentada.

No entanto, quando se seleciona somente as empresas da Agroindústria, estar vinculada à Unicamp faz toda a diferença para esse avanço na direção da adoção atual de tecnologias digitais. Fazer parte do grupo denominado “empresas filhas da Unicamp” pela Inova amplia a probabilidade de adoção de tecnologias G3 ou G4 em mais de 900%, impacto superior ao observado para porte e até mesmo para a realização de atividades de P&D. Para o setor de Insumos Básicos, a relação também foi positiva e significativa, mostrando que de alguma forma estar atrelado à universidade pode não ser o fator que mais impulsiona, mas ao contribuir positivamente não pode ser negligenciado. O único setor cujo efeito de ser “filha da Unicamp” apresentou resultado negativo e estatisticamente significativo foi para o de Bens de Capital. Nesse caso, a condução de atividades de P&D e a realização de treinamento foram as mais preponderantes para a adoção de um padrão digital mais avançado.

6. Conclusões

Este artigo procurou mostrar o papel dos ecossistemas de inovação no processo de adoção de gerações mais avançadas de tecnologias digitais por parte das empresas, a partir dos arranjos existentes na região metropolitana de Campinas (menos coeso) e das empresas vinculadas à Unicamp (mais coeso).

A análise descritiva constatou que há um percentual maior de empresas localizadas na RMC em estágios mais avançados de tecnologias digitais do que no restante do país. Também evidenciou que a proporção de “empresas filhas da Unicamp” que declararam já ter atingido gerações mais sofisticadas de digitalização é superior às da RMC e de outras regiões do Brasil.

A partir desses resultados, realizaram-se exercícios econométricos para comprovar a contribuição dos ecossistemas de inovação ao processo de digitalização das atividades empresariais. A variável utilizada para captar o efeito da empresa ser “filha da Unicamp” mostrou que esse impacto é significativo e consideravelmente positivo quando se analisa o painel como

um todo. Entretanto, a análise que engloba variáveis adicionais, relativas ao comportamento estratégico da firma, deixou claro que há outros fatores estatisticamente significativos que condicionam a intensificação do processo de digitalização, tais como a condução de atividades de P&D e a realização de treinamento de pessoal. Nesse último caso, a participação no ecossistema de inovação deixa de ser estatisticamente significativa.

Dessa forma, o estágio mais avançado de digitalização das empresas que participam do ecossistema de inovação da Unicamp e da RMC deve ser atribuído ao seu engajamento em atividades de P&D e em atividades de treinamento. A maior propensão das empresas “filhas da Unicamp” a investir nessas atividades explica que atinjam estágios mais avançados de digitalização que as empresas da RMC e de outras regiões do país. Assim, a contribuição do ecossistema de inovação para o avanço da digitalização das empresas está associada à capacidade de estimular o esforço de P&D e de treinamento das empresas participantes.

Por fim, a análise desagregada mostrou que o setor de atividade das empresas condiciona a contribuição do ecossistema de inovação na promoção da adoção de gerações digitais mais avançadas. No caso da Agroindústria e de Insumos Básicos, a participação no ecossistema de inovação da Unicamp e da RMC mostrou-se estatisticamente significativa. Nesses dois setores, a probabilidade de as empresas atingirem estágios mais evoluídos na digitalização não é resultado apenas das atividades de P&D e/ou de treinamento desenvolvidas, mas também da própria participação no ecossistema. Dessa forma, a interação no ecossistema parece, nesses dois casos, contribuir para a adoção de tecnologias digitais nas empresas através de canais adicionais ao incentivo ao P&D e/ou ao treinamento.

Em síntese, os resultados apresentados mostram que o ecossistema de inovação pode desempenhar um papel na adoção de tecnologias digitais mais avançadas por parte das empresas, quer por meio do incentivo às atividades de P&D e de treinamento nas empresas participantes ou por outras formas de interação, em setores específicos. A implicação é que políticas que visem promover o avanço do processo de digitalização da indústria brasileira devem levar em conta a contribuição potencial dos ecossistemas de inovação. Estudos adicionais se fazem necessários para

compreender a dinâmica das interações locais e seus transbordamentos para difusão e adoção de tecnologias digitais não apenas na região de Campinas, mas também de outros polos de inovação no Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos pesquisadores do Grupo de Pesquisa de Indústria e Competitividade (GIC), que debateram versões preliminares desse artigo e a dois pareceristas anônimos pelas sugestões realizadas para aprimoramento dessa última versão.

Referências

- ADLER, R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, Boston, v. 84, n. 4, p. 98-107, 2006.
- ADNER, R.; KAPOOR, R. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, Hoboken, v. 31, n. 3, p. 306-333, 2010.
- AGRESTI, A. *Categorical data analysis*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.
- ALEXY, O.; GEORGE, G.; SALTER, A. J. Cui bono? The selective revealing of knowledge and its implications for innovative activity. *Academy of Management Review*, Ohio, v. 38, n. 2, p. 270-291, 2013.
- ANDREONI, A.; ANZOLIN, G. *A revolution in the making? Challenges and opportunities of digital production technologies for developing countries*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2019. (Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series, WP7).

- BALDONI, L. D. Geografia e inovação: a conversão de recursos em ativos no sistema local de inovação de Campinas (SP) Brasil. 2019. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. Industry 4.0 innovation ecosystems: an evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v. 228, p. 1-13, 2020.
- BOGLIACINO, F.; CODAGNONE, C. Adoption of advanced digital technologies in developing countries: learning from process innovation. Vienna: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2019. (Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series, WP8).
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. Estratégia brasileira para a transformação digital (e-digital). Brasília: Governo Federal do Brasil, 2018.
- CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. ‘Mode 3’ and ‘Quadruple helix’: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, Geneva, v. 46, n. 3-4, p. 201-234, 2009.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas locais de inovação: uma introdução. In: CASSIOLATO, J. E. (Org.). *Globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no Mercosul*. Brasília: MCT, 1999, p. 13-33.
- DELERA, M. et al. Does value chain participation facilitate the adoption of Industry 4.0: technologies in developing countries? The Netherlands: United Nations University - Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT), 2020. (MERIT Working Papers, 2020-046).
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS – FIPE. Implantação de ambientes de inovação e criatividade: relatório final. São Paulo: FAPESP; FIPE, 2020.

- GARCIA, R. et al. Os efeitos da proximidade geográfica para o estímulo da interação universidade-empresa. *Revista de Economia UFPR*, Curitiba, v. 37, n. esp., p. 307-330, 2011.
- GASPAROTO, M. R. M. A Unicamp no contexto do ecossistema empreendedor da região metropolitana de Campinas: um estudo utilizando a metodologia análise de redes sociais. 2019. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- GAWER, A.; CUSUMANO, M. A. Industry platforms and ecosystem innovation. *Journal of Product Innovation Management*, New York, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2014.
- GORGULHO, G. Massa crítica: Unicamp e a origem do polo de tecnologia de Campinas. São Paulo: Editora da Unicamp, 2019.
- HAIR, F. et al. *Análise multivariada de dados*. 6ª ed. São Paulo: Bookman, 2009.
- HALLER, S.; SIEDSCHLAG, J. Determinants of ICT adoption: evidence from firm-level data. *Applied Economics*, London, v. 43, n. 26, p. 3775-3788, 2011.
- HEATON, S.; SIEGEL, D. S.; TEECE, D. J. Universities and innovation ecosystems: a dynamic capabilities perspective. *Industrial and Corporate Change*, Oxford, v. 28, n. 4, p. 921-939, 2019.
- INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL. Confederação Nacional da Indústria – CNC. *Industry 2027: risks and opportunities for Brazil in the face of disruptive innovations. Final report: building the future of Brazilian industry*. Brasília: IEL/CNI, 2018.
- KATZ, B.; WAGNER, J. *The rise of innovation districts: a new geography of innovation in America*. Washington, DC: Brookings, 2014. Disponível em: <<https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/07/InnovationDistricts1.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2022.
- KUPFER, D.; FERRAZ, J. C.; TORRACCA, J. A comparative analysis on digitalization in manufacturing industries in selected developing

- countries: firm-level data on Industry 4.0. Vienna: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2019. (Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series, WP 16/2019).
- LI, J. F.; GARNSEY, E. Policy-driven ecosystems for new vaccine development. *Technovation*, Oxford, v. 34, n. 12, p. 762-772, 2014.
- LONG, J. S.; FREESE, J. Regression models for categorical and limited dependent variables using Stata. 2nd ed. College Station, TX: Stata Press, 2006.
- LONG, J. S.; FREESE, J. Regression models for categorical dependent variables using Stata. 3rd ed. College Station, TX: Stata Press, 2014.
- MATT, D. T. et al. The role of innovation ecosystems in Industry 4.0 adoption. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Bradford, v. 32, n. 9, p. 369-395, 2021.
- MAZZUCATO, M.; ROBINSON, D. K. R. Co-creating and directing Innovation Ecosystems? NASA's changing approach to public-private partnerships in low-earth orbit. *Technological Forecasting and Social Change*, Amsterdam, v. 136, p. 166-177, 2018.
- MOORE, J. F. Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, Boston, v. 71, n. 3, p. 75-83, 1993.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. The next production revolution: implications for governments and business. Paris: OECD Publishing, 2017.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. A caminho da era digital no Brasil. Paris: OECD Publishing, 2020.
- RENNER, D. P. Ecosistema de startups de Campinas: o papel da Inova Unicamp na estruturação do campo institucional. 2017. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2017.
- ROHRBECK, R.; HÖLZLE, K.; GEMÜNDEN, H. G. Opening up for competitive advantage: how Deutsche Telekom creates an open

- innovation ecosystem. *R & D Management*, Oxford, v. 39, n. 4, p. 420-430, 2009.
- RUSSO-SPENA, T.; TREGUA, M.; BIFULCO, F. Searching through the jungle of innovation conceptualisations: system, network and ecosystem perspectives. *Journal of Service Theory and Practice*, Bradford, v. 27, n. 5, p. 977-1005, 2017.
- SCHAEFFER, P. R. O papel das universidades na dinâmica dos ecossistemas de inovação: evidências para o estado de são paulo. 2020. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M. A interação universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil. In: SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.M.; CARIO, S. A. F. (Org.). *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011a.
- SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. M. The underestimated role of universities for the Brazilian system of innovation. *Brazilian Journal of Political Economy*, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 3-30, 2011b.
- SUZIGAN, W. et al. Elementos para uma caracterização do padrão de interação universidade-empresa no Estado de São Paulo. In: SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E.M.; CARIO, S. A. F. (Org.). *Em busca da inovação: interação universidade-empresa no Brasil*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.
- TSUGIMOTO, M. et al. A review of the ecosystem concept: towards coherent ecosystem design. *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v. 136, p. 49-58, 2018.
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO. *Industrial development report 2020: industrializing in the digital age*. Vienna: UNIDO, 2019.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. *Inova. Relatório de atividades da Agência de Inovação Inova Unicamp*. Campinas: Unicamp, 2020. Disponível em: <<https://www.inova.unicamp.br/>>

unicamp.br/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio-Anual-Inova-Uncamp-2020-v.2.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2022.

WILLIAMS, R. Understanding and interpreting generalized ordered logit models. *The Journal of Mathematical Sociology*, London, v. 40, n. 1, p. 7-20, 2016.

ZAHRA, S. A.; NAMBISAN, S. Entrepreneurship and strategic thinking in business ecosystems. *Business Horizons*, Bloomington, v. 55, n. 3, p. 219-229, 2012.

Contribuição dos autores:

A. Fundamentação teórico-conceitual e problematização: Mariano Francisco Laplane, Roberto Alexandre Zanchetta Borghi e Julia Torracca.

B. Pesquisa de dados e análise estatística: Mariano Francisco Laplane, Roberto Alexandre Zanchetta Borghi e Julia Torracca.

C. Elaboração de figuras e tabelas: Mariano Francisco Laplane, Roberto Alexandre Zanchetta Borghi e Julia Torracca.

D. Elaboração e redação do texto: Mariano Francisco Laplane, Roberto Alexandre Zanchetta Borghi e Julia Torracca.

E. Seleção das referências bibliográficas: Mariano Francisco Laplane, Roberto Alexandre Zanchetta Borghi e Julia Torracca.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Fonte de financiamento: Os autores declaram que não houve fonte de financiamento.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.