Transformação digital em ecossistemas de inovação agro: evidências das startups graduadas por uma incubadora tecnológica universitária

Digital transformation in agricultural innovation ecosystems: evidence from startups graduated from a university technology incubator

Catarina Barbosa Careta
Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Piracicaba, SP, Brasil
Luiz Fernando Satolo
Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). São José dos Campos, SP, Brasil
Gustavo Machado Mendes
Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Piracicaba, SP, Brasil

GT 12 - Impactos socioambientais das novas tecnologias no agronegócio

Resumo: Este artigo investiga o papel de ecossistemas de inovação vinculados a universidades na promoção da transformação digital de startups tecnológicas do setor agro. A partir de uma análise exploratória de empresas graduadas por uma incubadora tecnológica universitária brasileira, examina-se como mecanismos institucionais, infraestrutura de conhecimento e redes colaborativas contribuem para a evolução de capacidades digitais, maturidade tecnológica e inserção de mercado. Metodologicamente, o estudo utiliza dados primários coletados por survey junto às empresas graduadas, analisados por estatística descritiva e interpretação comparativa das trajetórias organizacionais antes e após o processo de incubação. Os resultados indicam que a incubação atua como catalisadora da transformação digital ao viabilizar acesso a competências, conexões e recursos estratégicos, favorecendo a reconfiguração de modelos de negócio e a ampliação do portfólio tecnológico. Conclui-se que a transformação digital observada ocorre de forma ecossistêmica, articulando universidade, mercado e infraestrutura de inovação, e não apenas por adoção isolada de tecnologias. O estudo contribui para a literatura de Administração da Tecnologia da Informação ao oferecer evidências empíricas sobre o papel de ambientes de inovação na construção de capacidades digitais em setores intensivos em conhecimento.
Palavras-chave: agtechs, empreendedorismo tecnológico, gestão da inovação.

Abstract: This article investigates the role of financial innovation ecosystems in universities in promoting the digital transformation of agricultural technology startups. Based on an exploratory analysis of companies graduated from a Brazilian university technology incubator, it examines how institutional mechanisms, knowledge infrastructure, and collaborative networks contribute to the evolution of digital and technological capabilities and market insertion. Methodologically, the study uses primary data collected through research with the graduated companies, analyzed using descriptive statistics and comparative interpretation of organizational trajectories before and after the incubation process. The results indicate that incubation acts as an expansion of digital transformation by enabling access to skills, connections, and strategic resources, supporting the reconfiguration of business models and the expansion of the technological portfolio. It concludes that digital transformation occurred in an ecosystemic way, articulating university, market, and innovation infrastructure, and not merely through the isolated adoption of technologies. This study contributes to the Information Technology Management literature by offering empirical evidence on the role of innovation environments in building digital capabilities in knowledge-intensive sectors.
Keywords: agtech, technological entrepreneurship, innovation management.

1. Introdução

A transformação digital tem sido reconhecida como um dos fenômenos mais relevantes na reconfiguração de estratégias, processos e relações interorganizacionais, exigindo das organizações respostas que demandam da adoção de tecnologias. Na literatura, a digitalização é compreendida como uma mudança estrutural na lógica de criação e captura de valor, na qual

a estratégia digital passa a se integrar à estratégia de negócios e a influenciar o posicionamento competitivo em ambientes dinâmicos (BHARADWAJ et al., 2013; VIAL, 2019). Essa perspectiva enfatiza que a transformação digital envolve processos contínuos de renovação estratégica e reconfiguração organizacional, sustentados por aprendizagem e adaptação progressiva ao longo do tempo (WARNER; WÄGER, 2019).

Ao mesmo tempo, abordagens recentes indicam que a transformação digital não se desenvolve isoladamente dentro das empresas, pois a inovação digital emerge de arquiteturas tecnológicas modulares, de recombinação e de interdependências entre atores que operam em diferentes camadas e domínios. A "arquitetura modular em camadas" e a expansão de plataformas digitais intensificam interações e tornam a inovação cada vez mais distribuída, ampliando a importância de redes e estruturas ecossistêmicas para a geração de valor (YOO et al., 2010). Nesse contexto, torna-se relevante compreender a transformação digital como processo interorganizacional e mediado, no qual capacidades internas e relações externas coevoluem.

A perspectiva das capacidades dinâmicas fornece base explicativa para entender como organizações respondem a ambientes de mudança tecnológica acelerada por meio da integração, construção e reconfiguração de competências internas e externas. Tais capacidades envolvem processos de perceber oportunidades, mobilizar recursos e transformar a base organizacional, sustentando inovação contínua e adaptação estratégica (TEECE, 2007). Em ambientes com uso intensivo de tecnologia, essa lógica se torna ainda mais relevante, pois a digitalização aumenta a necessidade de renovação e de alinhamento entre tecnologia, organização e mercado, reforçando que a transformação digital deve ser entendida como processo cumulativo e multidimensional (WARNER; WÄGER, 2019; VIAL, 2019).

Além das capacidades internas, a literatura enfatiza que a inovação e a transformação digital se estruturam em ecossistemas, nos quais múltiplos atores precisam alinhar atividades e recursos para viabilizar propostas de valor conjuntas. O conceito de ecossistema destaca a interdependência entre organizações complementares, a ausência de controle centralizado e os desafios de coordenação, alinhamento e governança em contextos de coevolução (ADNER, 2017; JACOBIDES et al., 2018). Definições recentes ampliam esse entendimento ao incorporar instituições, artefatos e relações de complementaridade e substituição como elementos que influenciam o desempenho inovador, reforçando a natureza evolutiva e institucional do fenômeno (GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020).

No empreendedorismo tecnológico, essa dimensão ecossistêmica assume especial relevância, pois startups, empresas intensivas em conhecimento, enfrentam restrições de recursos e dependem de mecanismos externos de aprendizagem e acesso a oportunidades tecnológicas. Evidências mostram que startups podem se beneficiar do conhecimento do ambiente científico e de interações universidade–empresa, que favorecem absorção de conhecimento, desenvolvimento de produtos e fortalecimento do desempenho inovador (FUDICKAR; HOTTENROTT, 2018). Nesse contexto, o suporte de networking promovido por incubadoras universitárias envolve tanto a conexão entre empresas incubadas quanto a articulação com redes externas (universidade, indústria e profissionais especializados), funcionando como mecanismo de aceleração de aprendizado e acesso a recursos estratégicos (SOETANTO; JACK, 2016).

Incubadoras tecnológicas universitárias configuram-se como instrumentos de política e infraestrutura de suporte ao empreendedorismo inovador, oferecendo serviços especializados, acesso a redes e mecanismos de financiamento e conectando startups a recursos científicos e institucionais (MIAN et al., 2016). Esse papel se insere na agenda da universidade empreendedora, na qual instituições de ensino superior buscam fortalecer governança, liderança e capacidades organizacionais para atuar como agentes de desenvolvimento e inovação, incorporando mecanismos estruturados de apoio ao empreendedorismo e à transferência de conhecimento (KLOFSTEN et al., 2019). Estudos recentes também indicam que incubadoras acadêmicas podem funcionar como ambientes de aprendizagem institucional e fortalecimento de competências empreendedoras, ampliando seu impacto para além do suporte direto às empresas (SHEKHAR et al., 2023).

Apesar dos avanços teóricos, permanece uma lacuna na compreensão da transformação digital em múltiplos níveis, referente à articulação entre capacidades dinâmicas, ecossistemas de inovação e estruturas institucionais de incubação em empresas emergentes. Revisões e sínteses indicam que ainda não há convergência plena sobre como dimensões tecnológicas, organizacionais e institucionais se conectam em processos de transformação digital, o que demanda investigações que articulem esses níveis de análise (VIAL, 2019; GOMES et al., 2018; SOETANTO; JACK, 2016). Tal lacuna se torna evidente em contextos de empreendedorismo tecnológico universitário, nos quais a incubadora pode funcionar como plataforma sociotécnica de construção de capacidades digitais e de coordenação ecossistêmica.

Diante dessa lacuna, este artigo apresenta o seguinte problema de pesquisa: como a transformação digital de startups graduadas em uma incubadora tecnológica universitária se

relaciona a trajetórias de maturidade tecnológica, transformações organizacionais e à inserção no ecossistema de inovação? O objetivo geral do estudo é analisar a transformação digital de startups graduadas, considerando seu perfil tecnológico, a evolução de maturidade tecnológica, mudanças organizacionais e o papel do ecossistema e da incubadora como infraestrutura institucional mediadora. A investigação é orientada pela premissa de que a transformação digital ocorre como processo progressivo e interdependente, no qual capacidades organizacionais e relações ecossistêmicas se articulam (TEECE, 2007; ADNER, 2017; VIAL, 2019).

2. Fundamentação teórica

A transformação digital é compreendida como um fenômeno organizacional amplo, que transcende a simples adoção de tecnologias para envolver mudanças estruturais na forma como as organizações criam e capturam valor. Estudos destacam que o avanço das tecnologias de informação, comunicação e conectividade passou a redefinir estratégias, processos e relações interorganizacionais, exigindo a fusão entre estratégia de negócios e estratégia digital (BHARADWAJ et al., 2013). Nessa perspectiva, a transformação digital representa alterações profundas nas trajetórias de criação de valor das organizações, desencadeadas por tecnologias digitais e acompanhadas por respostas estratégicas que buscam reposicionar a empresa em ambientes competitivos dinâmicos (VIAL, 2019).

A literatura também enfatiza que a transformação digital deve ser interpretada como um processo contínuo de renovação estratégica e não como um evento pontual de mudança tecnológica. Evidências empíricas mostram que o uso de tecnologias digitais, como plataformas, analytics ou Internet das Coisas, está associado a melhorias operacionais, criação de novos modelos de negócio e reconfiguração organizacional progressiva (WARNER; WÄGER, 2019). Esse processo envolve transformações simultâneas em modelos de negócio, práticas colaborativas e cultura organizacional, reforçando o caráter evolutivo, cumulativo e multidimensional da digitalização.

A compreensão dessas transformações organizacionais tem sido apoiada pela perspectiva das capacidades dinâmicas, que explica como as empresas respondem a ambientes de rápida mudança tecnológica. Capacidades dinâmicas referem-se à habilidade de integrar, construir e reconfigurar competências internas e externas para lidar com contextos competitivos mutáveis, envolvendo processos de perceber oportunidades, aproveitá-las e transformar a base de recursos organizacionais (TEECE, 2007).

A relação entre capacidades dinâmicas e transformação digital tem recebido crescente atenção, pois a digitalização intensifica a necessidade de adaptação estratégica e aprendizagem organizacional. Pesquisas indicam que organizações precisam desenvolver capacidades específicas para criar, implementar e transformar modelos de negócio digitais, especialmente em contextos marcados por tecnologias disruptivas e mudanças aceleradas de mercado (WARNER; WÄGER, 2019). Assim, a transformação digital pode ser interpretada como um desdobramento contemporâneo da lógica das capacidades dinâmicas aplicada a ambientes intensivos em tecnologia.

Além das dimensões internas da empresa, a literatura recente destaca que a transformação digital ocorre em contextos interorganizacionais caracterizados por elevada interdependência entre múltiplos atores. O conceito de ecossistema tem sido utilizado para descrever estruturas nas quais diferentes organizações precisam alinhar atividades e recursos para viabilizar uma proposta de valor conjunta (ADNER, 2017). Nesses arranjos, a criação de valor depende da coordenação entre parceiros complementares, introduzindo desafios estratégicos relacionados à governança, alinhamento e coevolução organizacional.

A abordagem estrutural dos ecossistemas enfatiza que tais arranjos diferem de mercados ou cadeias hierárquicas tradicionais por se basearem em complementaridades específicas e em coordenação sem controle centralizado. Ecossistemas emergem quando a modularidade tecnológica permite que organizações interdependentes colaborem preservando autonomia, criando valor por meio de complementaridades não genéricas e investimentos compartilhados (JACOBIDES et al., 2018). Essa configuração torna-se relevante em ambientes digitais, nos quais plataformas tecnológicas e inovação distribuída ampliam a necessidade de coordenação multilateral.

O avanço do conceito de ecossistema de inovação tem sido acompanhado por esforços de sistematização conceitual que buscam maior rigor analítico. Revisões sistemáticas evidenciam a transição do conceito de business ecosystem, mais associado à captura de valor, para innovation ecosystem, centrado na criação conjunta de valor e na dinâmica de inovação (GOMES et al., 2018). Essa distinção contribui para delimitar o fenômeno e reforça a importância de compreender os mecanismos de geração de inovação em redes interdependentes de atores.

No esforço de conferir maior precisão conceitual, Granstrand e Holgersson (2020) propõem que um ecossistema de inovação seja entendido como o conjunto evolutivo de atores, atividades, artefatos, instituições e relações, incluindo relações de complementaridade e

substituição, que influenciam o desempenho inovador de um ator ou de uma população de atores. Essa definição amplia abordagens anteriores ao incorporar artefatos tecnológicos, competição e instituições, oferecendo uma base mais abrangente para analisar processos de transformação digital em contextos organizacionais complexos.

No âmbito do empreendedorismo tecnológico, a literatura evidencia que empresas de base tecnológica se beneficiam das interações com instituições de pesquisa e com o ambiente científico. O conhecimento gerado em universidades e organizações públicas de pesquisa flui para o setor privado por meio de publicações, mobilidade de pesquisadores e interações formais e informais, contribuindo para a introdução de novos produtos e serviços (FUDICKAR; HOTTENROTT, 2018). Tais interações demonstram que o desempenho inovador dessas empresas depende não apenas de recursos internos, mas também de sua capacidade de absorver conhecimento externo.

Essas evidências reforçam a importância dos ecossistemas empreendedores baseados em conhecimento, nos quais universidades desempenham papel central na geração e difusão de oportunidades tecnológicas. Empresas jovens e intensivas em tecnologia, mesmo enfrentando restrições de recursos, conseguem inovar ao explorar spillovers de conhecimento provenientes do ambiente científico, o que explica sua elevada capacidade inovadora relativa (FUDICKAR; HOTTENROTT, 2018). A inovação, portanto, emerge de processos interativos e cumulativos que conectam pesquisa pública, empreendedorismo e desenvolvimento tecnológico.

Nesse contexto, incubadoras tecnológicas universitárias configuram-se como mecanismos institucionais específicos de articulação entre universidade, mercado e políticas públicas. A literatura sobre Technology Business Incubation destaca que incubadoras, parques tecnológicos e aceleradoras funcionam como instrumentos de política voltados ao apoio a empresas de base tecnológica, oferecendo infraestrutura, serviços especializados, acesso a redes e mecanismos de financiamento (MIAN et al., 2016). Além da provisão de infraestrutura física, estudos indicam que incubadoras universitárias têm evoluído para oferecer suporte predominantemente intangível, especialmente por meio de networking estruturado, mentoria, treinamento e coaching, ampliando seu papel como articuladoras de recursos estratégicos para empresas intensivas em conhecimento (SOETANTO; JACK, 2016).

A evolução das incubadoras universitárias também deve ser compreendida no âmbito da agenda da universidade empreendedora. Universidades contemporâneas enfrentam desafios estratégicos relacionados à liderança, governança e construção de capacidades organizacionais que lhes permitam atuar como agentes de desenvolvimento econômico e social (KLOFSTEN

et al., 2019). A incorporação de incubadoras e mecanismos de apoio ao empreendedorismo constitui parte dessa estratégia de diversificação e de fortalecimento de capacidades dinâmicas institucionais voltadas à inovação.

Além de apoiar a criação de empresas, incubadoras acadêmicas podem atuar como plataformas de desenvolvimento de capacidades intraempreendedoras no ambiente universitário. Evidências indicam que incubadoras instaladas em instituições de ensino superior funcionam como veículos de aprendizagem organizacional, diversificação institucional e fortalecimento de competências empreendedoras de docentes, estudantes e gestores (SHEKHAR et al., 2023). Assim, tais estruturas ampliam a noção tradicional de incubação ao incorporarem dimensões de aprendizado institucional e transformação organizacional.

No campo das políticas e sistemas de inovação, a articulação entre sistemas de inovação e ecossistemas amplia a compreensão das dinâmicas institucionais que moldam a inovação. Enquanto abordagens de sistemas enfatizam estruturas nacionais, regionais ou setoriais, perspectivas ecossistêmicas destacam interdependências dinâmicas, coevolução e articulação entre atores (GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020; GOMES et al., 2018). Em setores intensivos em conhecimento, como o agronegócio tecnológico, tais articulações tornam-se ainda mais relevantes, dada a complexidade socioecológica e a necessidade de coordenação entre múltiplos domínios (PIGFORD et al., 2018).

Estudos recentes sobre pequenas e médias empresas indicam ainda que a transformação digital depende de fatores organizacionais complementares, como liderança e cultura digital, que viabilizam a incorporação estratégica das tecnologias. Evidências empíricas mostram que capacidades dinâmicas funcionam como antecedentes que fortalecem liderança digital e cultura organizacional orientada à digitalização, ambas essenciais para sustentar processos de transformação (HELD et al., 2025). Essa perspectiva amplia a compreensão da transformação digital ao incorporar dimensões humanas e organizacionais além da tecnologia.

Dessa forma, o corpo teórico analisado converge para a ideia de que a transformação digital resulta da interação entre tecnologias digitais, capacidades organizacionais e estruturas ecossistêmicas de inovação. Enquanto a literatura de estratégia e sistemas de informação explica os mecanismos internos de adaptação e renovação, os estudos sobre ecossistemas, incubação e universidade empreendedora evidenciam o papel das interdependências institucionais e das infraestruturas organizacionais na geração de inovação. A integração dessas abordagens fornece base analítica consistente para investigar como incubadoras tecnológicas

universitárias podem atuar como mediadoras e catalisadoras da transformação digital de startups.

3. Método de pesquisa

O delineamento da pesquisa caracteriza-se como estudo empírico com base em dados primários coletados por meio de survey estruturado aplicado às startups graduadas pela incubadora ESALQTec, incubadora tecnológica vinculada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Do total de 20 startups graduadas até o primeiro semestre de 2025, 19 empresas atenderam ao convite de participação na pesquisa. A coleta de dados buscou captar variáveis relacionadas ao perfil tecnológico das empresas, à evolução de seus estágios de desenvolvimento, às transformações organizacionais ocorridas ao longo do processo de incubação e à inserção das startups no ecossistema de inovação.

A unidade de análise do estudo corresponde às startups de base tecnológica que concluíram o processo de incubação na ESALQTec. Essa delimitação é coerente com a literatura sobre Technology Business Incubation, que enfatiza o papel das incubadoras como mecanismos institucionais de apoio ao desenvolvimento de empresas inovadoras (MIAN et al., 2016; SOETANTO; JACK, 2016). Ao focar empresas graduadas, a pesquisa busca capturar resultados consolidados do processo de incubação, evitando analisar iniciativas ainda em fase embrionária e permitindo observar mudanças estruturais associadas à trajetória organizacional.

A base de dados utilizada compreende informações reportadas pelas startups, incluindo categoria tecnológica desenvolvida, acesso a instrumentos de fomento, estágio da tecnologia na entrada e na saída da incubação, número de funcionários em diferentes momentos, faturamento médio anual, localização atual da empresa, registro de patente ou propriedade intelectual e avaliação dos benefícios percebidos em relação à incubadora e ao ecossistema regional. Essas variáveis foram selecionadas à luz da literatura sobre transformação digital e ecossistemas de inovação, que destaca a relevância de capacidades organizacionais, articulações interorganizacionais e mecanismos institucionais para o desempenho inovador (ADNER, 2017; GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020).

A operacionalização dos construtos teóricos seguiu critérios de aderência conceitual às bases apresentadas na Seção 2. A evolução do estágio tecnológico foi interpretada como proxy de reconfiguração de recursos e de capacidades dinâmicas, na medida em que reflete a transição de ideação para validação, consolidação e escalabilidade de modelos de negócio tecnológicos

(TEECE, 2007). As transformações organizacionais foram analisadas a partir de mudanças no número de funcionários e na estrutura produtiva, indicando processos de crescimento e adaptação estratégica coerentes com a literatura de renovação organizacional associada à digitalização (WARNER; WÄGER, 2019).

O papel do ecossistema foi examinado por meio de variáveis relativas à localização das empresas após a incubação, ao registro de propriedade intelectual e à percepção de benefícios associados tanto à incubadora quanto ao ambiente regional de inovação. Essa escolha metodológica está alinhada à abordagem estrutural de ecossistemas, que enfatiza interdependências, complementaridades e instituições como elementos constitutivos da inovação (JACOBIDES et al., 2018; GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020). A análise das percepções em escala Likert permitiu captar dimensões qualitativas do suporte ecossistêmico, sem desconsiderar sua mensuração sistemática. A inclusão de variáveis perceptivas relacionadas a networking e apoio ao desenvolvimento do negócio encontra respaldo na literatura que identifica o suporte de networking e o suporte empreendedor como dimensões centrais da proposta de valor das incubadoras universitárias (SOETANTO; JACK, 2016).

Os dados foram tratados por meio de estatística descritiva e visualizações analíticas, incluindo distribuições de frequência, gráficos comparativos e representações de fluxos entre estágios tecnológicos e categorias organizacionais. Essa estratégia metodológica é compatível com o objetivo exploratório do estudo, que busca identificar padrões e trajetórias associadas à transformação digital em um contexto específico, sem pretensão de inferência causal generalizável. A utilização de representações gráficas também permite evidenciar relações interdependentes entre variáveis, aproximando a análise empírica da lógica relacional dos ecossistemas de inovação.

4. Discussão dos resultados

4.1. Perfil tecnológico das startups

A primeira dimensão de análise refere-se ao perfil tecnológico das startups graduadas, considerando a categoria da tecnologia desenvolvida e a obtenção de financiamentos ou investimentos. A Figura 1 apresenta a distribuição das startups por categoria tecnológica e por tipo de financiamento obtido.

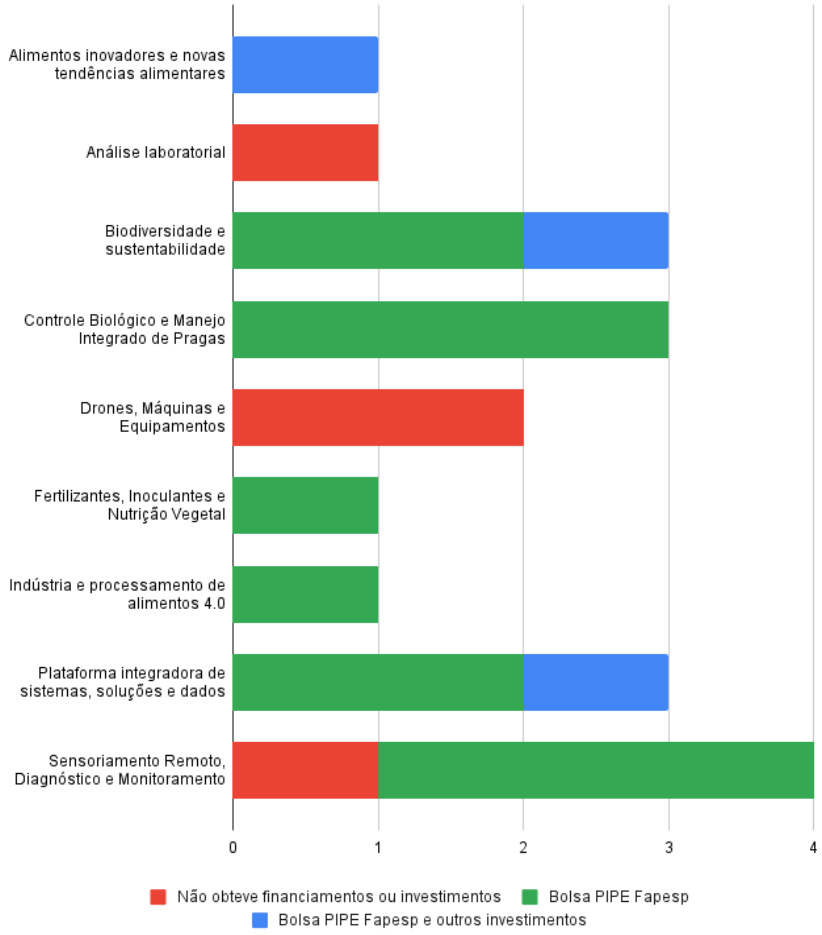

Figura 1 - Perfil tecnológico das startups graduadas e obtenção de financiamentos/investimentos

Observa-se que as categorias “Biodiversidade e sustentabilidade” e “Controle Biológico e Manejo Integrado de Pragas” concentram maior número de startups com acesso a bolsas PIPE Fapesp, sendo que, no primeiro caso, há também registro de combinação entre PIPE e outros investimentos. A categoria “Plataforma integradora de sistemas, soluções e dados” também apresenta casos com financiamento PIPE e associação com outros investimentos. Em contraste, nas categorias “Análise laboratorial” e “Drones, Máquinas e Equipamentos” verificam-se exclusivamente startups que não obtiveram financiamentos ou investimentos conforme a tipologia apresentada.

As categorias “Fertilizantes, Inoculantes e Nutrição Vegetal” e “Indústria e processamento de alimentos 4.0” registram casos com bolsa PIPE Fapesp, ainda que em número reduzido. Já “Alimentos inovadores e novas tendências alimentares” apresenta um caso com combinação de PIPE e outros investimentos. Esses resultados indicam heterogeneidade quanto ao acesso a instrumentos de fomento e investimento entre diferentes frentes tecnológicas

desenvolvidas pelas startups analisadas, sem que se possa inferir relações causais a partir da amostra considerada.

4.2. Evolução de maturidade tecnológica

A segunda dimensão analítica aborda a trajetória de maturidade tecnológica das startups, comparando o estágio da tecnologia na entrada e na saída do processo de incubação. A Figura 2 apresenta os fluxos entre os estágios de "Ideação/protótipo", "Validação do MVP", "Business" e "Scale-up".

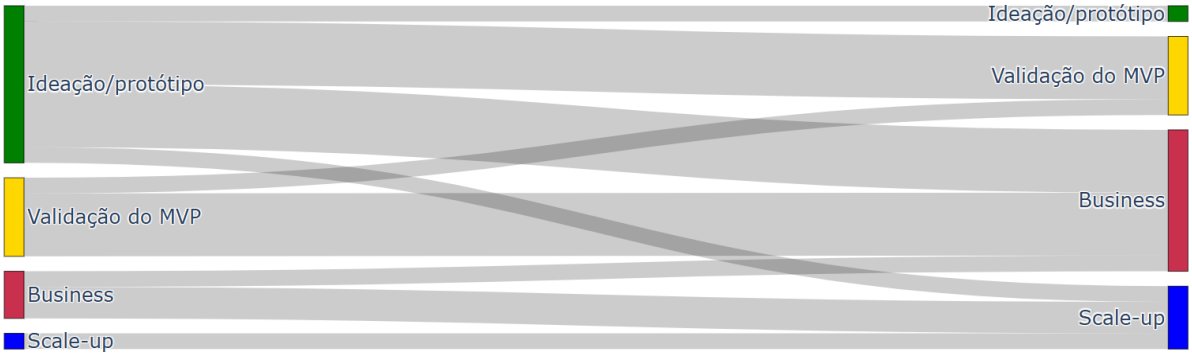

Figura 2 - Evolução do estágio de maturidade tecnológica entre entrada e saída da incubadora

Os dados indicam que, na entrada, há predominância de startups no estágio de "Ideação/protótipo", com registros de permanência nesse estágio, bem como transições para "Validação do MVP", "Business" e "Scale-up". Verifica-se que quatro startups evoluíram de "Ideação/protótipo" para "Validação do MVP" e quatro para "Business", além de um caso de transição direta para "Scale-up". Também se observam transições de "Validação do MVP" para "Business", bem como permanências nos estágios de "Business" e "Scale-up".

Há, ainda, registros de manutenção do estágio inicial para alguns casos, como "Ideação/protótipo" para "Ideação/protótipo" e "Validação do MVP" para "Validação do MVP". Esses resultados evidenciam a coexistência de trajetórias distintas de evolução tecnológica ao longo do período de incubação, incluindo tanto progressões entre estágios quanto permanências no mesmo nível de maturidade.

4.3. Transformações organizacionais

A terceira dimensão examina mudanças organizacionais associadas ao processo de incubação, com foco na estrutura de pessoal das startups. A Figura 3 apresenta, no painel (a), a distribuição do número de funcionários na entrada da incubação e, no painel (b), o número atual de funcionários.

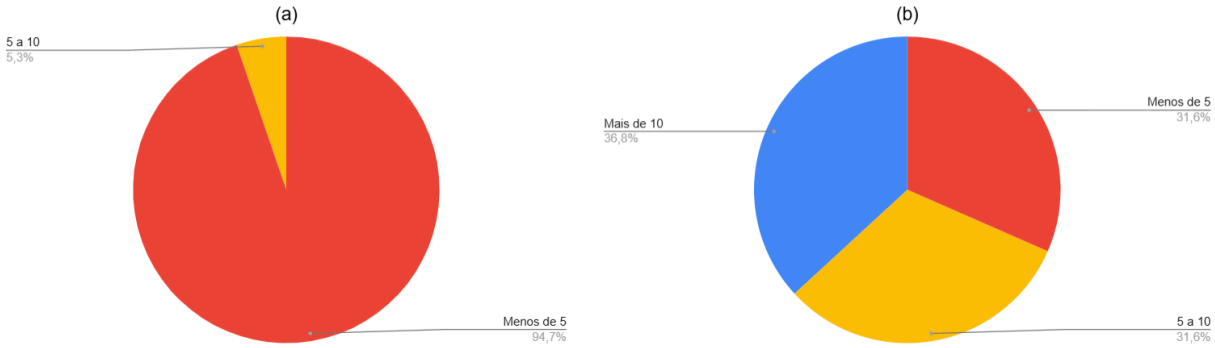

Figura 3 - Estrutura de pessoal das startups na entrada (a) e na situação atual (b)

Na entrada da incubação, observa-se forte concentração de startups com menos de cinco funcionários (18 casos), enquanto apenas uma startup se encontrava na faixa de cinco a dez funcionários. Na situação atual, verifica-se maior dispersão entre as categorias, com seis startups na faixa de menos de cinco funcionários, seis na faixa de cinco a dez e sete com mais de dez funcionários.

Essa redistribuição sugere alterações na estrutura organizacional ao longo do período analisado, com redução relativa da concentração no estrato inferior e ampliação da presença em faixas superiores de número de funcionários. Os dados não permitem identificar os mecanismos específicos associados a essas mudanças, mas indicam transformações na escala organizacional das empresas ao longo de sua trajetória.

4.4. Papel do ecossistema

A quarta dimensão analítica contempla o papel do ecossistema de inovação, considerando tanto variáveis estruturais quanto percepções das startups sobre benefícios associados à incubadora e ao ambiente mais amplo de inovação. A Figura 4 apresenta a distribuição das startups segundo faixa de faturamento, localização atual (incubadora, sede própria ou outros ambientes de inovação do ecossistema) e registro de patente ou propriedade intelectual.

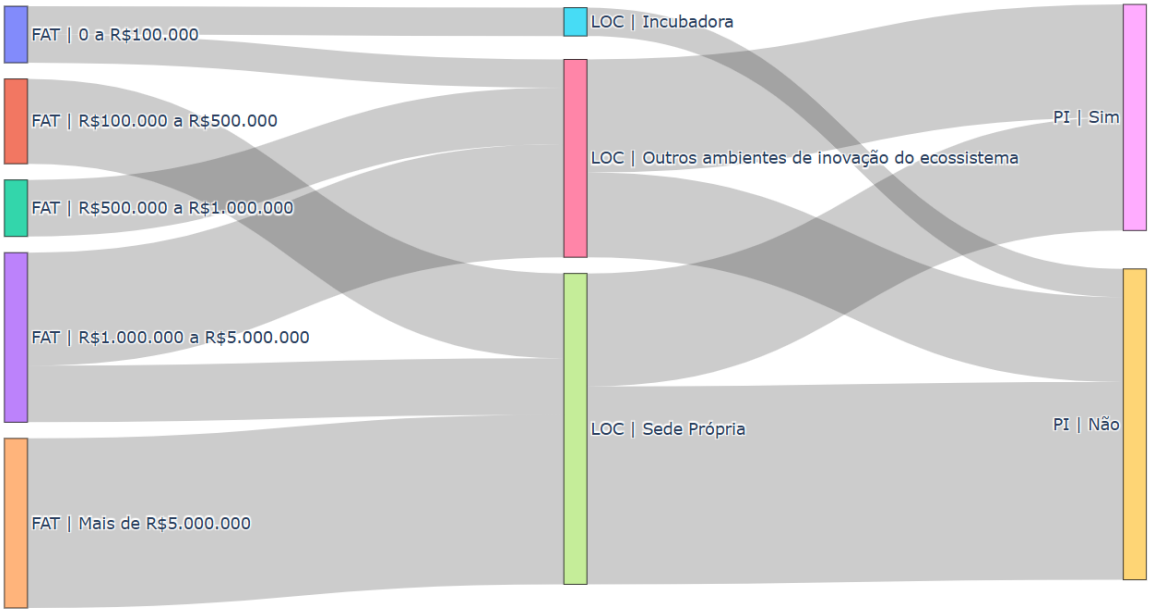

Figura 4 - Distribuição das startups por faixa de faturamento, localização atual e registro de patente/PI

Nos estratos inferiores de faturamento (“0 a R$100.000”), as startups encontram-se em incubadora ou em outros ambientes de inovação do ecossistema (coworking, hub de inovação ou parque tecnológico), sem registro de patente durante ou após o período de incubação. À medida que se observam faixas superiores de faturamento, verificam-se casos situados em sede própria, com e sem registro de patente, bem como startups em outros ambientes de inovação com registro de patente nas faixas intermediárias e superiores. Na faixa “Mais de R$5.000.000”, todas as startups registradas encontram-se em sede própria, com presença tanto de casos com patente quanto sem patente. Os resultados indicam uma distribuição diferenciada das startups segundo faturamento, localização e registro de propriedade intelectual, evidenciando múltiplas configurações entre posição no ecossistema e resultados tecnológicos.

A Figura 5 apresenta as percepções das startups em relação aos benefícios associados à incubadora, segundo escala Likert de 1 a 5. Observa-se elevada concentração de respostas nos níveis superiores da escala para dimensões como “Proximidade da universidade”, “Networking com outras empresas” e “Visibilidade”. No caso de “Proximidade da universidade”, 74% das respostas situam-se no nível 5. “Networking com outras empresas” apresenta 63% no nível 5, enquanto “Visibilidade” registra 53% no mesmo nível. Dimensões como “Apoio ao desenvolvimento do modelo de negócio” e “Acesso ao ambiente de inovação do Vale do Piracicaba” apresentam distribuição mais equilibrada entre os níveis 4 e 5.

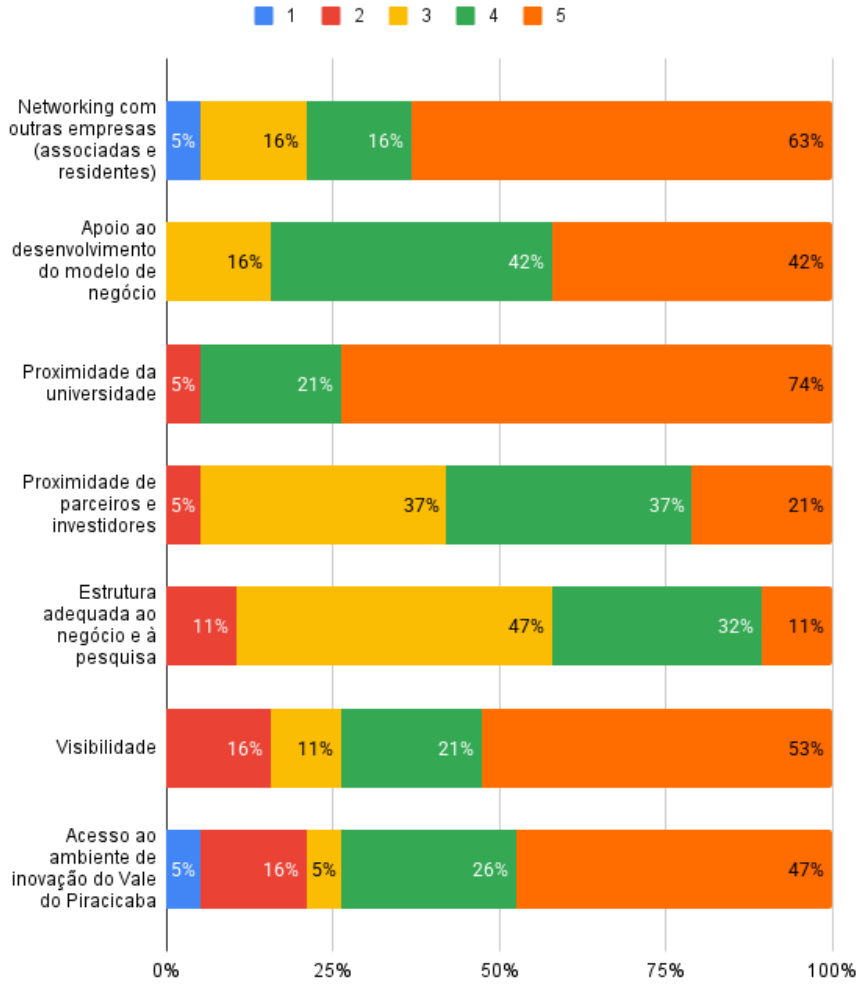

Figura 5 - Benefícios percebidos da incubadora segundo escala Likert

Já a Figura 6 apresenta a avaliação das vantagens proporcionadas pelo ambiente de inovação do Ecossistema de Piracicaba. No âmbito do ecossistema mais amplo, destacam-se percentuais elevados no nível 5 para “Networking” (58%), “Visibilidade” (53%) e “Localização geográfica” (53%). Em contrapartida, a dimensão “Investimentos” apresenta maior concentração no nível 3 (58%), indicando avaliação intermediária nessa dimensão específica. “Mão-de-obra especializada” e “Estrutura de desenvolvimento” apresentam predominância no nível 4, enquanto “Oportunidade de negócios” distribui-se entre os níveis 4 e 5.

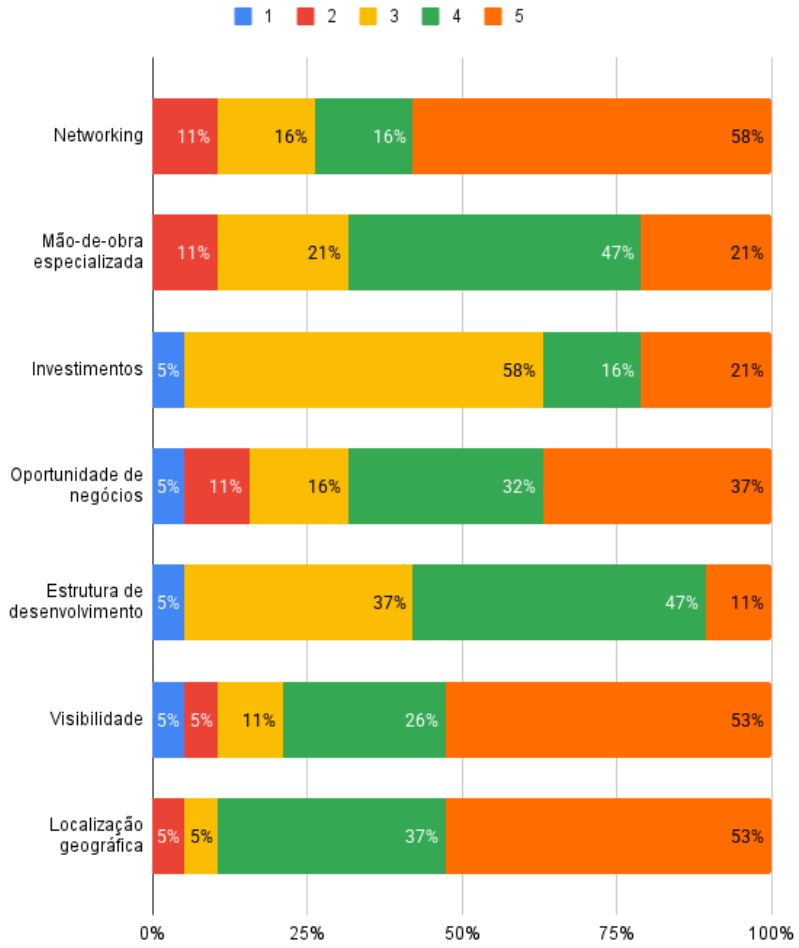

Figura 6 - Vantagens percebidas do ambiente de inovação do Ecossistema de Piracicaba segundo escala Likert

4.5. Interpretação dos resultados à luz da literatura

Os resultados evidenciam que a transformação digital observada nas startups graduadas não pode ser interpretada como um processo circunscrito à empresa, mas como um fenômeno que se desenvolve em interação com infraestruturas institucionais e relações interorganizacionais no ecossistema de inovação. Essa interpretação é consistente com a literatura que compreende a transformação digital como reconfiguração estratégica e organizacional, envolvendo mudanças na criação e captura de valor e na própria integração entre estratégia digital e estratégia de negócios (BHARADWAJ et al., 2013; VIAL, 2019). Ao considerar que a digitalização intensifica interdependências e amplia a relevância de arranjos colaborativos, os achados sugerem que as trajetórias tecnológicas e organizacionais analisadas se articulam a mecanismos de coordenação e suporte que extrapolam limites organizacionais (YOO et al., 2010).

O perfil tecnológico e a heterogeneidade no acesso a financiamentos e investimentos sugerem que instrumentos institucionais de fomento podem operar como condicionantes

relevantes do desenvolvimento tecnológico e da viabilização de trajetórias de inovação. Ainda que os resultados não permitam inferência causal, a presença de startups com apoio do PIPE Fapesp e, em alguns casos, com combinação de PIPE e outros investimentos, é compatível com a concepção de que a transformação digital envolve recursos, competências e respostas estratégicas moldadas por condições externas e oportunidades institucionais (VIAL, 2019). Nesse sentido, os resultados dialogam com evidências sobre a importância de vínculos com a base científica e com a infraestrutura de pesquisa para a inovação em empresas intensivas em conhecimento, uma vez que a interação universidade–empresa favorece a difusão e a absorção de conhecimento e amplia oportunidades tecnológicas (FUDICKAR; HOTTENROTT, 2018).

A evolução de maturidade tecnológica entre entrada e saída da incubação reforça a compreensão da transformação digital como processo progressivo de reconfiguração e aprendizado, com trajetórias que combinam avanços e permanências em estágios específicos. A literatura de capacidades dinâmicas destaca que organizações se adaptam por meio de processos de perceber oportunidades, mobilizar recursos e transformar sua base de competências ao longo do tempo (TEECE, 2007). A coexistência de transições entre estágios e de manutenção em determinados níveis sugere que a transformação digital ocorre sob diferentes ritmos e restrições, o que é coerente com a visão de renovação estratégica contínua e multidimensional associada à digitalização (WARNER; WÄGER, 2019; VIAL, 2019).

As evidências de mudanças na estrutura de pessoal entre o início da incubação e a situação atual indicam transformações organizacionais que podem ser interpretadas como parte de processos mais amplos de consolidação e escalabilidade. A literatura aponta que a transformação digital envolve reconfigurações internas em práticas, estruturas e cultura, na medida em que novas tecnologias demandam rearranjos de recursos e rotinas organizacionais (WARNER; WÄGER, 2019). Em perspectiva de capacidades dinâmicas, alterações na escala organizacional podem ser compreendidas como manifestações de reorganização de recursos para sustentar a captura de oportunidades e a execução de estratégias em contextos mutáveis (TEECE, 2007).

Os resultados relativos ao papel do ecossistema evidenciam a relevância das condições institucionais e das interdependências entre atores para a trajetória das startups. A distribuição das empresas por faixa de faturamento, localização atual e registro de patente sugere que resultados econômicos e tecnológicos se associam a diferentes posições no ecossistema, o que é compatível com a abordagem de ecossistemas que enfatiza alinhamento e coordenação entre organizações complementares para viabilizar propostas de valor (ADNER, 2017). Ao mesmo

tempo, a presença de múltiplas configurações entre faturamento, inserção institucional e propriedade intelectual reforça a ideia de que ecossistemas são estruturas complexas compostas por atores, artefatos e instituições em evolução, cujas relações de complementaridade e competição influenciam desempenho inovador (GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020).

As avaliações sobre benefícios percebidos da incubadora e do ecossistema regional reforçam a importância de redes colaborativas, proximidade com a universidade e acesso a ambientes de inovação como elementos estruturantes do processo de transformação digital. Nesse sentido, a elevada valorização de dimensões relacionadas a networking, proximidade universitária e visibilidade sugere que a incubadora e o ecossistema atuam como infraestrutura relacional que facilita conexões e recombinações, apoiando trajetórias de inovação para além das capacidades internas das startups (SOETANTO; JACK, 2016).

Esses resultados permitem interpretar a incubadora universitária como uma plataforma sociotécnica que amplia o conceito tradicional de apoio ao empreendedorismo ao articular recursos institucionais, redes e conhecimento científico (MIAN et al., 2016; SOETANTO; JACK, 2016). Contudo, ao considerar a transformação digital como fenômeno ecossistêmico, a incubadora pode ser compreendida não apenas como prestadora de serviços, mas como mediadora de interdependências universidade–empresa–mercado, contribuindo para a construção de capacidades digitais e para processos de aprendizagem interorganizacional. Essa mediação é consistente com a agenda da universidade empreendedora, que atribui às universidades desafios de governança e liderança para atuar como agentes de desenvolvimento e inovação, incorporando mecanismos de apoio ao empreendedorismo e à transferência de conhecimento (KLOFSTEN et al., 2019).

A dimensão humana e organizacional da transformação digital também encontra suporte nos resultados e no referencial teórico ao considerar que capacidades dinâmicas operam como antecedentes de liderança e cultura digital, essenciais para sustentar processos de transformação em pequenas e médias empresas. Embora a pesquisa não tenha mensurado diretamente liderança ou cultura, a valorização de proximidade universitária, redes e ambiente de inovação sugere condições que podem favorecer aprendizado, acesso a competências e desenvolvimento de práticas associadas à digitalização, conforme discutido na literatura sobre antecedentes organizacionais da transformação digital (HELD et al., 2025). Dessa forma, o ecossistema e a incubadora podem ser compreendidos como elementos que viabilizam não apenas recursos técnicos, mas também condições sociais e institucionais que sustentam capacidades organizacionais orientadas à digitalização.

5. Considerações finais

Este artigo analisou a transformação digital de startups graduadas em uma incubadora tecnológica universitária, articulando evidências empíricas descritivas com o referencial de transformação digital, capacidades dinâmicas e ecossistemas de inovação. Ao tomar a incubadora como unidade institucional mediadora, o estudo buscou compreender como trajetórias tecnológicas, transformações organizacionais e inserção ecossistêmica se relacionam em um contexto de empreendedorismo tecnológico associado à universidade. Essa abordagem mostrou-se coerente com a literatura que entende a transformação digital como reconfiguração estratégica e organizacional e não como mera adoção tecnológica, além de reconhecer a importância das interdependências interorganizacionais na geração de inovação (BHARADWAJ et al., 2013; VIAL, 2019; ADNER, 2017).

Os resultados indicam que a transformação digital observada se caracteriza, em primeiro lugar, como progressiva, na medida em que as trajetórias de maturidade tecnológica entre entrada e saída da incubação evidenciam movimentos de avanço e permanência em diferentes estágios. Esse padrão reforça a compreensão de que processos de digitalização e inovação envolvem aprendizagem, experimentação e reconfiguração cumulativa, compatíveis com a lógica de renovação estratégica contínua e com a perspectiva das capacidades dinâmicas (TEECE, 2007; WARNER; WÄGER, 2019). A heterogeneidade das trajetórias sugere que a consolidação de modelos de negócio e a evolução tecnológica não seguem um percurso uniforme, sendo influenciadas por condições organizacionais e pelo contexto institucional no qual as startups estão inseridas.

Em segundo lugar, os achados sustentam que a transformação digital se manifesta como ecossistêmica, uma vez que os resultados mostram associações entre elementos econômicos e tecnológicos das startups e sua posição em diferentes ambientes de inovação. A distribuição por faixa de faturamento, localização e registro de propriedade intelectual reforça a compreensão de que resultados inovadores se articulam a estruturas e relações do ecossistema, no qual atores, instituições e artefatos tecnológicos coevoluem e influenciam o desempenho inovador (GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020; JACOBIDES et al., 2018). As percepções sobre benefícios da incubadora e vantagens do ecossistema regional indicam que redes, proximidade universitária e visibilidade institucional são dimensões valorizadas, o que reforça o papel da infraestrutura relacional na sustentação de trajetórias de inovação (YOO et al., 2010).

Em terceiro lugar, os resultados sugerem que a transformação digital é baseada em aprendizado interorganizacional, ao evidenciar a relevância atribuída a networking, conexões

com a universidade e acesso ao ambiente regional de inovação. Essa evidência é consistente com estudos que destacam a importância dos fluxos de conhecimento provenientes do ambiente científico e das interações universidade–empresa para a inovação em empresas intensivas em conhecimento (FUDICKAR; HOTTENROTT, 2018). Ao mesmo tempo, as mudanças organizacionais observadas na estrutura de pessoal indicam transformações associadas a processos de consolidação e crescimento, reforçando que a transformação digital envolve reconfigurações internas que se conectam a oportunidades e recursos mobilizados em redes (WARNER; WÄGER, 2019).

As contribuições do artigo são de natureza teórica, empírica e prática. No plano teórico, o estudo amplia o debate sobre transformação digital ao incorporar a dimensão ecossistêmica e institucional, articulando capacidades dinâmicas e ecossistemas de inovação em contexto de incubação universitária (JACOBIDES et al., 2018; GRANSTRAND; HOLGERSSON, 2020). No plano empírico, sistematiza evidências descritivas sobre startups graduadas em incubadora universitária, contribuindo para a compreensão de como diferentes dimensões tecnológicas e organizacionais podem ser analisadas em conjunto. No plano prático, oferece subsídios para políticas de inovação e incubação tecnológica ao evidenciar a relevância de infraestruturas institucionais e redes colaborativas na estruturação de capacidades digitais organizacionais (MIAN et al., 2016; KLOFSTEN et al., 2019).

Como agenda para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar a investigação sobre os mecanismos por meio dos quais incubadoras tecnológicas universitárias influenciam a construção de capacidades digitais organizacionais, incorporando desenhos metodológicos longitudinais. Estudos comparativos entre diferentes incubadoras, regiões e setores também podem contribuir para identificar variações institucionais e ecossistêmicas que condicionam trajetórias de transformação digital. Adicionalmente, pesquisas que integrem métodos quantitativos e qualitativos podem examinar com maior detalhamento como redes, práticas de mentoria e instrumentos de fomento se articulam à formação de liderança e cultura digital nas empresas incubadas. Por fim, investigações que ampliem a análise para além do contexto universitário, incluindo aceleradoras, parques tecnológicos e outros arranjos institucionais, podem contribuir para consolidar uma compreensão da transformação digital em ecossistemas de inovação.

Referências

ADNER, Ron. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. Journal of Management, v. 43, n. 1, p. 39–58, jan. 2017.

BHARADWAJ, Anandhi et al. Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. MIS Quarterly, v. 37, n. 2, p. 471–482, 1 jun. 2013.

FUDICKAR, Roman; HOTTENROTT, Hanna. Public research and the innovation performance of new technology based firms. The Journal of Technology Transfer, v. 44, n. 2, p. 326–358, abr. 2019.

GOMES, Leonardo Augusto De Vasconcelos et al. Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. Technological Forecasting and Social Change, v. 136, p. 30–48, nov. 2018.

GRANSTRAND, Ove; HOLGERSSON, Marcus. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. Technovation, v. 90–91, p. 102098, fev. 2020.

HELD, Patrick; HEUBECK, Tim; MECKL, Reinhard. Boosting SMEs' digital transformation: the role of dynamic capabilities in cultivating digital leadership and digital culture. Review of Managerial Science, 17 jul. 2025.

JACOBIDES, Michael G.; CENNAMO, Carmelo; GAWER, Annabelle. Towards a theory of ecosystems. Strategic Management Journal, v. 39, n. 8, p. 2255–2276, ago. 2018.

KLOFSTEN, Magnus et al. The entrepreneurial university as driver for economic growth and social change - Key strategic challenges. Technological Forecasting and Social Change, v. 141, p. 149–158, abr. 2019.

MIAN, Sarfraz; LAMINE, Wadid; FAYOLLE, Alain. Technology Business Incubation: An overview of the state of knowledge. Technovation, v. 50–51, p. 1–12, abr. 2016.

PIGFORD, Ashlee-Ann E.; HICKEY, Gordon M.; KLERKX, Laurens. Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. Agricultural Systems, v. 164, p. 116–121, jul. 2018.

SHEKHAR, Himanshu; SATYANARAYANA, Krishna; CHANDRASHEKAR, Deepak. Role and contributions of an incubator in academic intrapreneurship – An examination. Technovation, v. 126, p. 102821, ago. 2023.

SOETANTO, Danny; JACK, Sarah. The impact of university-based incubation support on the innovation strategy of academic spin-offs. Technovation, v. 50–51, p. 25–40, abr. 2016.

TEECE, David J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. Strategic Management Journal, v. 28, n. 13, p. 1319–1350, dez. 2007.

VIAL, Gregory. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. The Journal of Strategic Information Systems, v. 28, n. 2, p. 118–144, jun. 2019.

WARNER, Karl S. R.; WÄGER, Maximilian. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. Long Range Planning, v. 52, n. 3, p. 326–349, jun. 2019.

YOO, Youngjin; HENFRIDSSON, Ola; LYYTINEN, Kalle. Research Commentary —The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research. Information Systems Research, v. 21, n. 4, p. 724–735, dez. 2010.