

Mensuração do nível de maturidade tecnológica em projetos colaborativos: desafios e oportunidades para a Gestão do Conhecimento

Measuring the technology readiness level in collaborative projects: challenges and opportunities for Knowledge Management

Elaine Dias^a, Wanise Barroso^b, Ana Claudia Amaral^c

^a elainecfdias@gmail.com

^b wanisefar@gmail.com

^c aamaral_99@yahoo.com.br

Data de submissão: 21/10/2024

Data de aceite: 28/11/2024

Resumo: A mensuração do Technology Readiness Level (TRL) e a formulação de estratégias para a Gestão do Conhecimento (GC) constituem elementos fundamentais para o sucesso de projetos colaborativos. A maturidade tecnológica nessas iniciativas está diretamente relacionada aos mecanismos de compartilhamento de conhecimento, os quais se encontram ligados ao nível de desenvolvimento do produto ou tecnologia. A metodologia utilizada nessa pesquisa foi uma revisão integrativa da literatura onde foram utilizadas as bases de dados: Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Google Acadêmico. Foram selecionados sete estudos, dos quais emergiram dois núcleos temáticos: estratégias de compartilhamento de conhecimento em projetos e novas escalas TRL adaptadas a projetos colaborativos. Os desafios e oportunidades identificados em projetos colaborativos e avaliados por TRL incluem dificuldades de comunicação e a necessidade de coordenação e governança eficazes. A aceleração do desenvolvimento tecnológico, suportada por práticas eficazes de GC, pode levar a inovações de forma mais rápida e eficiente.

Palavras-chave: Nível de maturidade tecnológica; TRL; Gestão do conhecimento; Projetos; Colaboração.

Abstract: The measurement of Technology Readiness Level (TRL) and the formulation of strategies for Knowledge Management (KM) are fundamental elements for the success of collaborative projects. The technological maturity in these initiatives is directly correlated with knowledge-sharing mechanisms, which are interconnected with the level of product or technology development. The methodology employed was an integrative literature review, using the following databases: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, and Google Scholar. Seven studies were selected, revealing two thematic cores: strategies for knowledge sharing in projects and new TRL scales adapted for collaborative projects. The challenges and opportunities identified in collaborative projects evaluated by TRL include communication difficulties and the need for effective coordination and governance. The acceleration of technological development, supported by effective KM practices, can lead to innovations in a more rapid and efficient manner.

Keywords: Technology Readiness Levels; TRL; Knowledge management; Project; Collaboration.

1. Introdução

Nas últimas décadas, as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) evoluíram para um modelo mais aberto e colaborativo, frequentemente conduzidas por meio de projetos (Dooley *et al*, 2016). Os projetos colaborativos de P&D proporcionam diversas oportunidades para as organizações envolvidas, não apenas permitindo avanços em seus desenvolvimentos

devido aos conhecimentos e recursos complementares, mas também facilitando a transferência de conhecimento (Tiwana, 2008; Dietrich *et al*, 2010).

Estudos como os de Saenz e Perez-Bouvier (2014), indicaram que as relações colaborativas entre organizações podem proporcionar acesso a um volume significativo de conhecimento para a inovação. Esses estudos destacam que os

parceiros de aliança representam, muitas vezes, a principal fonte de novas ideias e informações que levam a inovações tecnológicas e a melhorias no desempenho. Os parceiros geram capital relacional ao desenvolver rotinas eficazes de compartilhamento de conhecimento interempresarial.

O estudo de Davis e Eisenhardt (2011) aborda a importância de relações simbióticas em projetos de colaboração tecnológica, questionando por que alguns projetos resultam em inovações tecnológicas e outros não. Eles concluem que somente os projetos que estabelecem essas relações simbióticas conseguem prosperar; no entanto, não identificam as práticas colaborativas associadas a esse tipo de relação. Por sua vez, Calamel *et al.* (2012) enfatizam que a condução adequada dos projetos é crucial para seu sucesso, enquanto destacam a importância da coordenação entre múltiplos atores em projetos de inovação, referindo-se a esse processo como "construção da colaboração".

A evolução tecnológica desempenha um papel crucial na transformação de sociedades e economias, promovendo avanços que afetam diretamente a competitividade e a inovação organizacional. Nesse contexto, o conceito de TRL, acrônimo inglês para *Technology Readiness Levels* (em português Nível de Maturidade Tecnológica), surgiu como uma ferramenta essencial para avaliar e gerenciar a maturidade de novas tecnologias. Inicialmente desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), o TRL se tornou amplamente adotado por diversas indústrias e governos para facilitar a tomada de decisões sobre investimentos em P&D. No entanto, a integração eficaz dos TRLs na prática organizacional exige uma compreensão aprofundada dos mecanismos de Gestão do Conhecimento (GC) que podem potencializar o progresso tecnológico em cada estágio de prontidão.

A mensuração do TRL e estratégias para a GC são elementos cruciais para o sucesso de projetos colaborativos. A maturidade tecnológica em projetos colaborativos está relacionada diretamente com mecanismos de aquisição, conversão e principalmente no compartilhamento de conhecimento, visto que estão relacionados diretamente com o nível de desenvolvimento do produto ou tecnologia.

Os projetos colaborativos de P&D visam aproximar as tecnologias do mercado ou de aplicações permanentes por parte de organizações

parceiras no projeto, portanto, estes projetos podem fornecer uma rica coleção de exemplos de processos de desenvolvimento colaborativo em vários níveis de maturidade tecnológica.

Enquanto os TRLs fornecem uma métrica para avaliar a maturidade tecnológica, há uma lacuna significativa na literatura sobre como estratégias específicas de GC podem ser alinhadas com esses níveis para maximizar a eficiência e eficácia do desenvolvimento tecnológico. Esta pesquisa visa preencher essa lacuna, oferecendo uma revisão integrativa que combine práticas de GC com os diferentes estágios de TRL e identifique novas ferramentas de mensuração de maturidade tecnológica.

Assim, neste artigo busca-se identificar como as organizações adaptam suas estratégias de GC para lidar com tecnologias emergentes em diferentes estágios de prontidão tecnológica em projetos colaborativos.

A compreensão dos mecanismos de GC em projetos medidos por TRL também pode enriquecer teorias existentes sobre inovação aberta, transferência de conhecimento e aprendizagem organizacional. Ao investigar como o conhecimento é gerido e compartilhado em diferentes níveis de maturidade tecnológica, a pesquisa pode fornecer *insights* valiosos para a criação de novas teorias e modelos que abordem a complexidade das inovações tecnológicas contemporâneas.

2. Referencial teórico

2.1 Nível de Maturidade Tecnológica - A escala *Technology Readiness Levels* (TRL)

A maturidade tecnológica se refere aos níveis de prontidão de um dado elemento tecnológico para ser incorporado a um sistema para a realização de missão específica em seu ambiente operacional. Para avaliar a maturidade de uma tecnologia, existem diferentes métodos, sendo o mais comumente utilizado o TRL, que foi desenvolvido por Stan Sadin, da NASA, em 1974, originalmente com sete níveis. Atualmente, apresenta um conjunto de métricas escaláveis, variando do nível 1, o mais baixo, até o 9, o mais alto, conforme proposto por John Mankins, em 1995.

A escala TRL é uma metodologia de gestão amplamente utilizada para avaliar o nível de maturidade de uma determinada tecnologia,

ajudando a identificar o estágio de maturidade tecnológica de uma inovação. É frequentemente utilizada em projetos de pesquisa e desenvolvimento, bem como em iniciativas governamentais e industriais.

Essa metodologia permite identificar, analisar e desenvolver ferramentas de gestão adaptadas para diversos ramos tecnológicos, com critérios objetivos, que orientam pesquisadores e gestores de projetos na tomada de decisões. Ela auxilia na busca mais eficaz, eficiente e efetiva de novas tecnologias e soluções, ajudando a alcançar objetivos estratégicos de desenvolvimento e produção de novas tecnologias (Nolte & Kruse, 2011).

A TRL consiste em uma métrica de 9 (nove) estágios para a definição do nível de maturidade de um produto, desde a pesquisa básica até um produto suficientemente maduro, pronto para ser comercializado. Em 2013, foi publicada a norma ISO 16290:2013, estabelecendo critérios básicos para cada um dos 9 (nove) níveis de TRL, tendo sido traduzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas em 2015 (ISO, 2013). Cada nível de maturidade tecnológica correlaciona-se com as fases de desenvolvimento do projeto (ABGI Brasil, 2023). Com as adaptações das descrições e características do TRL para contemplar o ciclo de vida de um projeto de PD&I em diferentes áreas e o devido fluxo de atividades de pesquisa, a Figura 1 demonstra o grau de maturidade de uma tecnologia em relação à sua fase de desenvolvimento.

A partir dos conceitos e correlações entre as fases de desenvolvimento de um projeto de PD&I, é possível indicar qual o nível de maturidade tecnológica de um projeto, conectando incentivos e fomentos à inovação que se baseiam na escala, e identificando as possibilidades de acesso a recursos financeiros para inovação (ABGI Brasil, 2023).

Assim, no contexto das tecnologias alternativas, a escala TRL permite que os

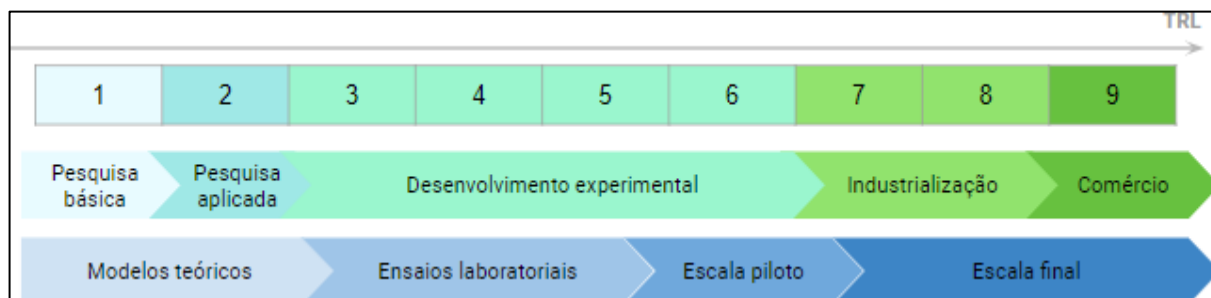
pesquisadores e gestores avaliem a eficácia e a segurança de novas abordagens, identifiquem desafios e definam estratégias para superá-los. Ela fornece critérios objetivos para a mensuração do progresso tecnológico, permitindo a comparação entre diferentes soluções e o direcionamento dos recursos de pesquisa e investimento de forma mais eficiente (Ribeiro, Frey & Azevedo, 2022; Gil, Andrade & Costa, 2014).

Outro benefício da utilização da escala TRL é a facilitação da comunicação entre os diversos *stakeholders* envolvidos no desenvolvimento de tecnologias alternativas. Ela fornece um vocabulário comum e uma linguagem padronizada para descrever o estágio de desenvolvimento de uma tecnologia, facilitando a compreensão e o diálogo entre cientistas, financiadores, reguladores e outros atores-chave (Ribeiro, Frey & Azevedo, 2022).

Esse conceito é fundamental em projetos colaborativos, pois permite que diferentes parceiros avaliem e alinhem suas expectativas em relação ao desenvolvimento tecnológico. Ao definir claramente em que nível de prontidão uma tecnologia se encontra, as organizações podem tomar decisões mais informadas sobre alocação de recursos, cronogramas e estratégias de desenvolvimento, garantindo que todos os envolvidos compartilhem uma compreensão comum do progresso do projeto.

Quando as organizações se unem, elas trazem consigo uma diversidade de experiências, conhecimentos e competências, criando um ambiente propício para a troca de informações valiosas. Essa colaboração não apenas fomenta a criatividade e a geração de novas ideias, mas também acelera a transição entre os níveis de prontidão de tecnologia, uma vez que as partes interessadas podem abordar desafios complexos de forma coletiva. Além disso, o aprendizado mútuo que ocorre nesse contexto pode levar ao desenvolvimento de soluções mais robustas e eficazes, fortalecendo as capacidades

Figura 1. Correlação entre os TRL, a fase de desenvolvimento e suas escalas.



Fonte: Adaptada de ABGI Brasil (2023).

individuais e coletivas das organizações participantes (Alcará *et al.*, 2009; IPE, 2003).

2.2 Projetos compartilhados e desafios para o conhecimento

Desde o início da década de 90 até os dias de hoje, já se pode reconhecer a relação entre a geração de conhecimento e seu contexto, a relevância estratégica do conhecimento tácito e o papel fundamental da socialização como catalisador para a ampliação do conhecimento dentro das organizações. A teoria da criação do conhecimento, estabelecida por Nonaka e Takeuchi em 1997 e seguida por Nonaka, Toyama e Konno (2002), além de Nonaka e Von Krogh (2009), tem se desenvolvido, formando um importante arcabouço teórico para compreender o intrincado processo de produção de conhecimento.

No entanto, apesar de os pesquisadores da área terem construído um importante corpo teórico baseado nesta teoria, durante os últimos 30 anos, ainda existem algumas lacunas relevantes, como a necessidade de uma melhor ilustração que compreenda o processo interativo, evolutivo e incorpore a natureza dinâmica da criação do conhecimento, principalmente questões relativas às práticas ou processos empregados pelos atores.

Nesse sentido, a gestão do conhecimento é responsável por criar ideias e conceitos capazes de serem incorporados em tecnologias, produtos e serviços que atendam às demandas dos clientes e da sociedade. Esses novos conhecimentos representam um processo de inovação contínua, que gera vantagem competitiva sustentável e duradoura (Nonaka, Toyama & Konno, 2002).

Sob essa ótica, as organizações produzem inovação por meio da criação e do compartilhamento de novos conhecimentos (Popadiuk & Choo, 2006), os quais precisam ser disponibilizados aos colaboradores, de forma sistemática e contínua (Nonaka & Von Krogh, 2009).

O compartilhamento de conhecimento é influenciado por inúmeras variáveis que podem impactar esse processo de diferentes formas (Nonaka & Takeuchi, 1997; Szulanski, 2000). Essas variáveis incluem fatores relacionados ao conhecimento sendo transferido, ao transmissor e receptor do conhecimento, e ao contexto em que o compartilhamento de conhecimento ocorre. Em relação às variáveis que servem

como barreiras ao compartilhamento de conhecimento provenientes da própria organização, estas podem abranger aspectos relacionados à estrutura, aos processos operacionais, à cultura e ao clima organizacional (Terra, 2000).

Para que o compartilhamento bem-sucedido de conhecimento ocorra, deve haver uma linguagem comum entre os indivíduos que atuam nesses projetos colaborativos. Um obstáculo significativo está nesse aspecto: frequentemente, o conhecimento a ser compartilhado envolve vocabulário inovador para os destinatários, ou termos que podem ser decodificados de forma diferente do pretendido pelo emissor. Sveiby (1998, p. 49) afirma que "o significado que uma pessoa expressa nunca é o mesmo que aquele gerado na mente do receptor." Também pode acontecer que o emissor tenha dificuldades em articular o conhecimento que deseja compartilhar com os outros ou não tenha palavras adequadas para isso.

Bartol e Srivastava (2002) definem o compartilhamento de conhecimento como a ação de disseminar informações, ideias, sugestões e experiências relevantes para a organização de um indivíduo para outros. Eles afirmam que o compartilhamento de conhecimento é um componente chave dos sistemas de gestão do conhecimento. Szulanski (2000) discute a transferência de conhecimento, enfatizando que essa transferência não deve ser vista como um ato unilateral de passar informações de uma pessoa para outra, mas sim como um processo que consiste em várias etapas, cada uma apresentando seus próprios desafios.

O conhecimento pode ser compartilhado através de diferentes mecanismos, por exemplo, através da conversa entre os funcionários, do treinamento, de repositórios de conhecimento, entre outros. O compartilhamento do conhecimento requer mecanismos que permitam a interação entre as pessoas, enquanto o compartilhamento explícito necessita de mecanismos que possibilitem a documentação do conhecimento. Diversos mecanismos que podem auxiliar como o e-mail (Saito *et al.* 2007); comunidades de prática (Aurum *et al.* 2008); diretório de especialistas (Benbya & Belbaly, 2005; Kumar & Ganesh, 2011); repositórios (Saito *et al.* 2007); *network* (Aurum *et al.* 2008); *brainstorming* (Kumar & Ganesh, 2011); entre outros. A estratégia adotada pela empresa irá definir o tipo de conhecimento priorizado pela mesma, tácito ou explícito, e assim

influenciar na escolha dos mecanismos adotados para o compartilhamento do conhecimento.

Pesquisas recentes têm indicado que, para desenvolver e impulsionar ideias que mantenham a inovação nas empresas, as organizações precisam enfrentar e resolver esse paradoxo (Nonaka *et al.*, 1994). De fato, encontrar um equilíbrio adequado entre *exploration* e *exploitation* (exploração e aproveitamento), além de fomentar sinergias entre essas duas abordagens, pode auxiliar na melhoria do desempenho corporativo.

A aplicação simultânea dessas duas estratégias, *exploration* e *exploitation*, já foi identificada como "contradição estratégica" (Tushman & Smith, 2005) e "atrito criativo" (Leonard-Barton, 1995) e isso requer uma gestão habilidosa para maximizar as sinergias potenciais (Nonaka *et al.*, 1994). É a síntese dinâmica entre essas duas abordagens que permite que uma empresa se torne sustentavelmente inovadora.

Embora o conhecimento tácito e explícito seja contrastante, não são opostos absolutos, mas sim partes de uma contínua gama de categorias. Dessa forma, a inovação surge da continuidade espiral desse processo de conversão. O mesmo se aplica à relação entre exploração e aproveitamento, que também coexistem em uma continuidade e em interação espiral (Nonaka & Von Krogh, 2009).

Kodama e Shibata (2014) discutem algumas implicações decorrentes da análise e observação das novas formas de organização e gestão de projetos de P&D nas empresas. Eles afirmam que "[...] tudo o que a empresa utiliza para lidar com a gestão da incerteza (*exploration*) e com a gerência de produtos existentes (*exploitation*)" ocorre por meio de parcerias com organizações formais e pela estruturação dinâmica de diversas equipes multifuncionais, resultando em projetos que incorporam diferentes especializações e capacidades existentes (Kodama & Shibata, 2014, p. 78).

As ideias de Kodama e Shibata (2014) são corroboradas por estudos anteriores de Dietrich *et al.* (2010), que destacam a importância da colaboração para a integração de conhecimentos entre as organizações envolvidas em projetos e também apontam que a síntese de conhecimento especializado, oriundo de múltiplas fontes, tanto internas quanto externas à organização, pode ser crucial para a gestão das incertezas técnicas e operacionais que podem determinar o sucesso ou o fracasso de um projeto.

Assim, Mussi e Angeloni (2011) afirmam que o principal objetivo da gestão de um projeto é integrar as bases de conhecimento dos membros da equipe e dos stakeholders, com o intuito de promover o sucesso do projeto. No entanto, uma das principais dificuldades enfrentadas na gestão do conhecimento em projetos é a temporalidade, bem como a singularidade dessas iniciativas.

"Todo projeto possui um término programado e resultados únicos, que sempre geram novos conhecimentos" (Shinoda *et al.*, 2015, p. 96). A limitação temporal dificulta a retenção de novas ideias devido à fragmentação do conhecimento organizacional, enquanto a singularidade dos projetos reduz a capacidade de replicar ideias e desenvolver novas relações, uma vez que as pessoas se reúnem para um projeto específico e depois se dispersam, dificultando a continuidade do aprendizado (Shinoda *et al.*, 2015; Hanisch *et al.*, 2009).

3. Metodologia

Esta pesquisa se caracteriza como exploratória e tem como base a revisão integrativa da literatura. A revisão integrativa é um método de Revisão Bibliográfica Sistemática que tem como finalidade sintetizar resultados obtidos em pesquisas sobre um tema ou questão, de maneira ordenada e abrangente e é denominada integrativa porque fornece informações mais amplas sobre um assunto/problema, constituindo, assim, um corpo de conhecimento. Este desenho de pesquisa possibilita uma avaliação crítica e a síntese de evidências disponíveis sobre o tema investigado em seu produto final, proporcionando uma organização do estado atual do conhecimento e reflexões para a implementação de novas intervenções (Mendes *et al.*, 2008; Whitemore & Knafl, 2005).

A revisão integrativa obedece às seguintes fases: (i) identificação do tema e formulação da questão da pesquisa; (ii) estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos estudos para amostragem; (iii) coleta dos dados que serão extraídos das bases e (iv) análise crítica dos estudos selecionados; (v) interpretação dos resultados; (vi) apresentação da síntese estabelecida e revisão dos conteúdos (Mendes *et al.*, 2008).

Obedecendo à primeira etapa, o objetivo desta pesquisa foi analisar como as organizações podem equilibrar o desenvolvimento de

novas tecnologias e produtos com uma gestão eficaz do conhecimento, garantindo um impacto positivo significativo no progresso tecnológico dos projetos realizados colaborativamente, dentro ou fora da organização. Como forma de operacionalizar a pesquisa, inicialmente foi elaborado e validado um protocolo de pesquisa segundo o objetivo estabelecido, no qual foram definidos dentre outros aspectos:

- **Sintaxe de busca em inglês:** (“*Technology Readiness Level*”) AND (*knowledge*) AND (*collaboration*). Sintaxe de busca em português: (“Nível de maturidade tecnológica”) AND (conhecimento) AND (colaboração). As buscas foram realizadas no título, ou no resumo, ou nas palavras-chave.
- **Bases de dados para a busca:** O critério de escolha foi por bases de dados multidisciplinares, buscando abranger todas as pesquisas sobre a temática e áreas de conhecimento. As bases pesquisadas foram: *Web of Science* (WoS) - Coleção Principal (*Clarivate Analytics*), *Scopus* (Elsevier), *ScienceDirect* e Google Scholar (Acadêmico).
- **Critérios de inclusão dos estudos:** O estudo aborda a avaliação de maturidade tecnológica e as estratégias para gestão do conhecimento em projetos colaborativos; sem restrição de data, sendo considerados todos os estudos publicados e disponíveis até junho de 2024.
- **Critérios de exclusão dos estudos:** O texto completo não está disponível gratuitamente; o estudo não é primário; o estudo não está escrito em inglês, francês ou espanhol ou não trata da TRL em projetos colaborativos.

4. Resultados

Após a seleção dos artigos nas bases segundo a sintaxe de busca, realizou-se a leitura dos títulos e das palavras-chave para selecionar os artigos conforme critério de inclusão. Os 66 documentos recuperados (23 na Scopus, quatro na WoS, sete na ScienceDirect e 32 no Google Acadêmico) foram analisados individualmente e, a partir da leitura dos resumos, foram identificados aqueles que não demonstravam experiências ou estudos com mensuração da maturidade tecnológica em projetos colaborativos com compartilhamento de conhecimento ou eram duplicados, sendo excluídos 59 artigos, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios de exclusão para seleção de documentos para a revisão

Critério	Total
Não abordam a experiência em projetos colaborativos com uso da TRL e gestão do conhecimento	28
Artigos sobre assuntos não-relacionados	25
Artigos duplicados	6
TOTAL	59

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para o portfólio final, aderente ao objeto de estudo, restaram sete estudos para revisão, que foram lidos integralmente pelos autores. O conteúdo dos documentos foi avaliado pelos autores por meio de uma análise descritiva extraíndo as práticas adotadas e modelos propostos, emergindo dois núcleos temáticos: (i) práticas de gestão do conhecimento em projetos colaborativos e medidos por TRL e (ii) novas abordagens para mensuração da maturidade tecnológica em projetos colaborativos.

No Quadro 1 são apresentados os resultados da pesquisa bibliográfica, cuja organização se dá conforme o ano, os autores, o título, base de dados e os objetivos. Dos sete artigos selecionados, dois estudos foram encontrados na Scopus, um na base da Web of Science (WoS), um no ScienceDirect e três no Google Scholar.

5. Discussão

Todos os artigos selecionados são internacionais e estavam disponíveis para a análise (artigo completo). A partir dos artigos selecionados, foi possível responder à questão principal de pesquisa proposta neste trabalho e assim, identificar especificamente os enfoques dados pelos estudos, conforme apresentado a seguir.

5.1 Desafios e oportunidades no compartilhamento de conhecimento em projetos colaborativos medidos por TRL

Pinilla *et al* (2019), em um estudo no setor aeroespacial espanhol, discutem como o déficit estrutural de conhecimentos e competências especializadas podem ser supridos através de um centro de pesquisa industrial avançado e a rede de conhecimento com atores ligados a este centro. O setor aeroespacial, no seu conjunto, é um setor de investimento intensivo em P&D e exige conhecimento especializado.

Os autores enfatizam o compartilhamento do

Quadro 1. Lista de artigos selecionados segundo critérios da revisão.

Ano	Autores	Título	Base	Objetivos
2019	Pinilla; Rodríguez; Gandarias; de Lacalle; Farokhad	TRLs 5-7 Advanced Manufacturing Centres, Practical Model to Boost Technology Transfer in Manufacturing	WoS	Redes de inovação
2019	Engel; Silbergliitt; Chow; Molly	Development of a Knowledge Readiness Level Framework for Medical Research	Google	Conhecimento e novo TRL
2020	Campana, E.F.; Di Piazza, M.C.; Di Summa, M.; Ferro, E.; Massoli, P.; Sacco, M.; Soldovieri, F.; Vaglieco, B.M.; Bassan, N.; Castino	CNR-Fincantieri Joint Projects: A Successful Example of Collaboration between Research and Industry Based on the Open Innovation Approach	Google	Inovação aberta e colaboração
2021	González-Piñero; Páez-Avilés; Juanola-Feliu; Samitier	Cross-fertilization of knowledge and technologies in collaborative research projects	Scopus	Redes colaborativas
2023	Uren; Edwards	Technology readiness and the organizational journey towards AI adoption: An empirical study	Science Direct	Novas dimensões no TRL e IA
2023	Klessova; Engell; Thomas	The interplay between the contextual conditions and the advancement of the technological maturity in inter-organizational collaborative R&D projects: a qualitative study	Google	Colaboração intra e inter organizacional
2024	Yfanti; Sakkas	Technology Readiness Levels (TRLs) in the Era of Co-Creation	Scopus	Cocriação no TRL

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

conhecimento e a capacidade de pesquisa e desenvolvimento com outros parceiros, o que aumentaria as possibilidades de sucesso dos projetos. Assim, a massa crítica criada possibilita a participação em consórcios de projetos internacionais e nacionais em condições de maior igualdade com os centros de referência europeus, além de permitir a escolha de participar em atividades com maior retorno tecnológico e acesso a orçamentos mais significativos. As pequenas empresas envolvidas no centro teriam a chance de dar um salto ainda maior, considerando suas limitações de investimento em P&D e a dificuldade de desenvolver atividades contínuas de aquisição de tecnologia (Pinella *et al.*, 2019).

O estudo espanhol identifica diversos desafios que transcendem o mero acompanhamento da maturidade tecnológica, destacando a necessidade de uma coordenação efetiva do centro de pesquisa, a qual pode ser desempenhada por uma universidade ou por um agente tecnológico. Além disso, é fundamental que o processo de construção de estruturas e mecanismos permita a cooperação, a comunicação, a

coordenação das ações, a tomada de decisão e a superação de conflitos, levando em conta a complexidade intrínseca a esse tipo de arranjo.

Sob essa perspectiva, González-Piñero *et al.* (2021) analisam a gestão da prontidão tecnológica por meio de redes colaborativas de conhecimento, considerando a abordagem de uma rede de inovação. O estudo investiga de que maneira a fertilização cruzada de conhecimentos e tecnologias em projetos financiados pela União Europeia é afetada pela multidisciplinaridade e pela diversidade da base de conhecimento, bem como pela interrelação entre os atores e projetos que compõem a rede de inovação. Segundo os autores, a maior contribuição para a fertilização cruzada e sucesso nos projetos é oriunda da natureza multidisciplinar dos projetos e do conhecimento prévios dos atores envolvidos, destacando a importância do registro das lições aprendidas e troca entre os participantes.

Com relação ao avanço da maturidade tecnológica em projetos colaborativos de P&D do Horizon 2020¹¹, Klessova, Engell e Thomas (2023) ressaltam que a progressão em direção a níveis

¹¹ O objetivo do programa *Horizon Europe* é reforçar a base científica e tecnológica da UE, nomeadamente mediante o desenvolvimento de soluções para materializar prioridades políticas, como as transições ecológica e digital. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

mais elevados de TRL (7 e 8) resulta em alterações nas condições contextuais, as quais exercem influências diversas sobre os processos de desenvolvimento colaborativo. Um aspecto crucial ao avançar para esses níveis superiores de é a necessidade de engajar um número significativo de intervenientes adicionais, especialmente dentro das organizações que não estavam diretamente envolvidas no projeto durante os níveis de TRL mais baixos.

Desta forma, com o avanço da maturidade da P&D, evoluem as necessidades de interagir com mais unidades dentro das organizações, envolvendo atores externos (gestores, técnicos, unidades de negócio, TI, jurídico, etc.) que não participaram desde o início. Esses atores têm suas próprias agendas e experiência, o que impacta a definição de prioridades do projeto.

No contexto intraorganizacional, Klessova, Engell e Thomas (2023) identificam que o TRL 7 atua como um "divisor de águas" na pesquisa. Ao avançar para níveis superiores de maturidade (TRLs 7-8), a necessidade de envolver um número significativo de intervenientes externos aos projetos torna-se crítica, uma vez que os recursos internos são limitados e escassos. Esse fator desempenha um papel importante e influencia de maneira significativa o processo de desenvolvimento do produto ou da tecnologia.

Já na colaboração interorganizacional a fase crítica foi no TRL 5-6, onde ocorreram mudanças nos padrões de compartilhamento como a

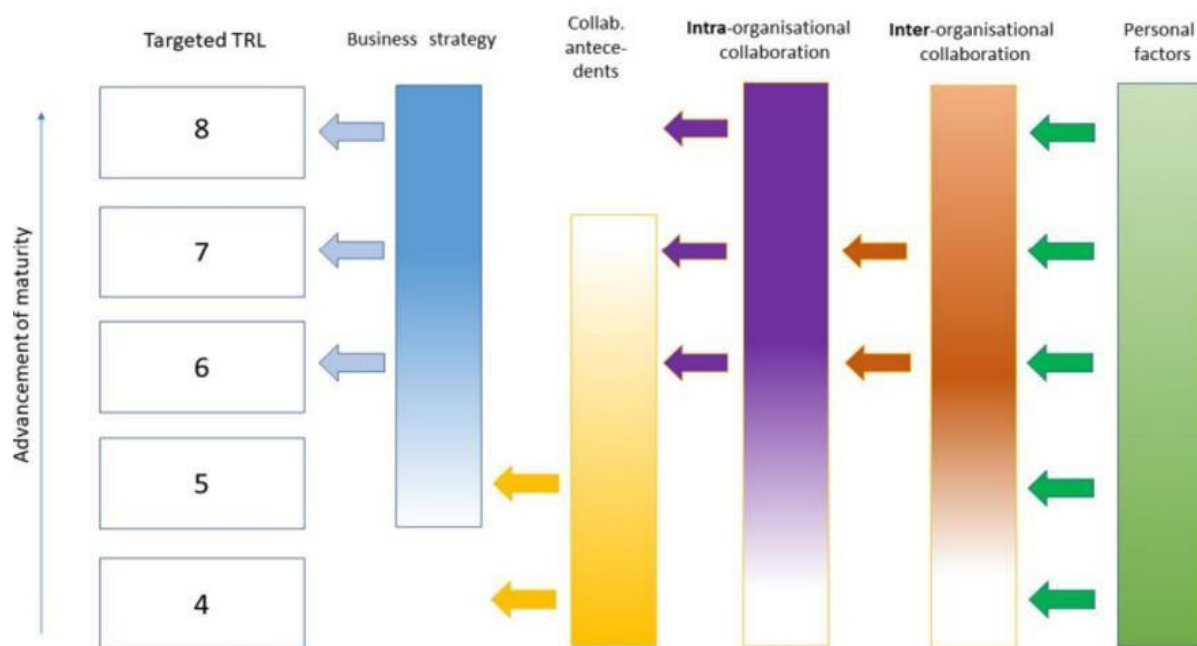
integração técnica mais complexa, envolvendo atores externos (no que diz respeito ao projeto) e a necessidade de lidar com a disponibilidade dos dados, incluindo os aspectos de segurança e questões de acessibilidade, legais e regulamentares.

Além disso, fatores pessoais como a distância geográfica e barreiras na comunicação tanto a nível linguístico como técnico bem como fatores organizacionais, como ausência de uma governança eficaz e tipo de cultura organizacional, tiveram um papel importante para o compartilhamento de conhecimento interorganizacional ao longo do avanço da maturidade, em todos os aspectos, mas especialmente em TRLs médios e alto.

Na Figura 2 pode-se observar a influência de condições contextuais não técnicas no processo de desenvolvimento colaborativo e no TRL, tanto da colaboração intra quanto interorganizacional, verificado por Klessova, Engell e Thomas (2023).

Sob a perspectiva da inovação aberta, estudos investigaram a participação de empresas e universidades em projetos no setor marítimo italiano, identificando barreiras no compartilhamento de conhecimento. Entre essas barreiras, destacam-se a ausência de bases de dados e informação por parte dos membros das equipes de P&D, o que dificultava a comunicação e a interação com pesquisadores e gestores de outros setores industriais, comprometendo,

Figura 2. Influência dos fatores no TRL



Fonte: Klessova, Engell e Thomas (2023).

assim, o fluxo de conhecimento (Campana *et al*, 2020).

Os autores ressaltam, como benefícios e oportunidades, a capacidade da equipe em gerir profissionalmente projetos complexos de baixo TRL, ao mesmo tempo em que se beneficia de uma abordagem orientada para resultados. Ademais, enfatizam a obtenção de propriedade intelectual e vantagem competitiva em todas as áreas abrangidas pelo projeto colaborativo, bem como a promoção de conexões entre designers e técnicos com seus pares no ambiente de pesquisa, facilitando a circulação de ideias, compartilhamento de conhecimento e validação de pressupostos, ultrapassando o escopo específico de cada projeto. Por fim, enfatizam a colaboração na formulação de novas iniciativas conjuntas para aprimorar ainda mais os resultados alcançados nos projetos.

5.2 Novas abordagens do trl para abarcar o compartilhamento do conhecimento em projetos colaborativos

Os autores do artigo "*Technology Readiness Levels (TRLs) in the Era of Co-Creation*" (Yfanti & Sakkas, 2024) analisaram a aplicação do TRL na era da cocriação e concluíram que o modelo tradicional, desenvolvido pela NASA, apresenta limitações em cenários de cocriação. Eles argumentam que a cocriação exige uma abordagem mais abrangente e colaborativa para avaliar a prontidão tecnológica, reconhecendo que o desenvolvimento tecnológico, nesse contexto, não é linear, mas sim um processo iterativo e

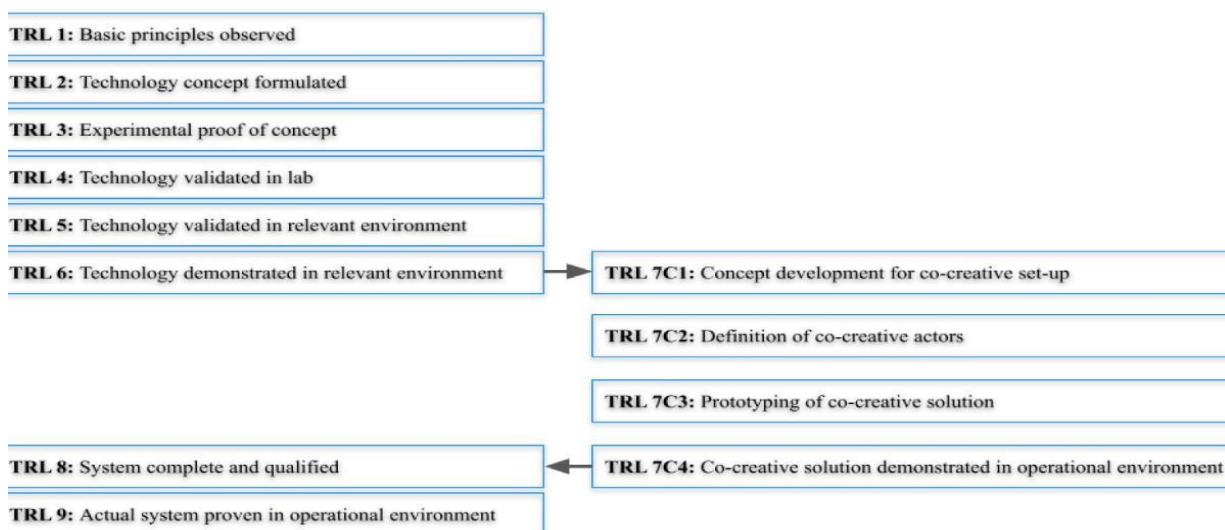
interdependente entre diferentes atores.

Para superar as limitações do modelo tradicional de TRL, os autores propõem a inclusão de novas etapas no TRL 7 (figura 3), que representam o estágio de demonstração em ambiente relevante. Essas etapas são:

- **TRL 7 (C1):** Desenvolvimento de um conceito para uma configuração de cocriação. Essa etapa se concentra em definir um conceito de solução que transcenda o desenvolvimento tecnológico inicial e envolve múltiplos atores. A definição do conceito deve garantir que a solução agregue valor para todos os participantes e que seja viável em termos de viabilidade econômica e técnica.
- **TRL 7 (C2):** Definição dos atores da cocriação: Nesta etapa, os atores que farão parte da cocriação são identificados e suas funções e responsabilidades são definidas. A seleção dos atores deve levar em consideração suas capacidades e habilidades para contribuir para o sucesso da cocriação.
- **TRL 7 (C3):** Prototipagem da solução de cocriação: A etapa da prototipagem visa desenvolver um protótipo da solução de cocriação, incorporando os diferentes elementos e tecnologias desenvolvidos pelos diferentes atores. O protótipo permite testar a viabilidade técnica e a funcionalidade da solução, além de identificar possíveis problemas e desafios.

Os autores argumentam que, ao incorporar essas etapas adicionais no TRL 7, o modelo de TRL se torna mais adequado para avaliar a prontidão tecnológica em contextos de cocriação,

Figura 3. Correlação entre os TRL, a fase de desenvolvimento e suas escalas.



Fonte: Yfanti e Sakkas (2024).

promovendo uma abordagem mais colaborativa e integrada para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções inovadoras.

A incorporação dessas etapas ao modelo de TRL aprimora sua aplicabilidade em cenários de cocriação, garantindo a viabilidade da solução em termos de valor para todos os participantes, interoperabilidade entre os elementos e transparência na economia da cocriação. Além disso, a inclusão de um protótipo de cocriação valida a viabilidade técnica da solução e permite a identificação de problemas e desafios, otimizando o processo de desenvolvimento.

Outro estudo que apresenta uma proposta de TRL adaptado para mensurar a maturidade tecnológica foi realizado por Engel e seus colaboradores (2019), os quais propuseram uma versão alternativa do TRL, ajustando-o para produtos desenvolvidos na área de pesquisa médica. O *Knowledge Readiness Level* (KRL), nome dado a nova ferramenta, avalia a maturidade do “conhecimento resultante de pesquisas com potencial para melhorar a saúde pública”. Os três primeiros KRLs (1 a 3) constituem a base científica para o avanço em direção à aplicação prática. Esses níveis refletem resultados de pesquisas na área da saúde que visam identificar os mecanismos fundamentais, em vez de focar em aplicações diretas, e são predominantemente teóricos ou conceituais. Muitas vezes, esses estudos englobam investigações laboratoriais, descritivas ou exploratórias.

Os próximos KRLs (4 a 6) são voltados para pesquisa e desenvolvimento, com o objetivo de gerar conhecimento aplicado, ou seja, conhecimento que pode ser utilizado para desempenhar uma função não relacionada à pesquisa ou para aprimorar a compreensão de uma aplicação ou ferramenta. A pesquisa nestes níveis frequentemente levanta questões como a aplicação pode funcionar em condições ideais de pesquisa. Para obter uma classificação de KRL 4, 5 ou 6, o produto deve ser baseado em pesquisas válidas e replicadas de KRL 1-3.

As classificações KRL 7-9 são atribuídas aos produtos resultantes de pesquisas projetadas para enfatizar a validade externa (generalização) do conhecimento para uso em uma aplicação específica do mundo real. Para obter uma classificação de KRL 7, 8 ou 9, o produto deve ser baseado em pesquisas válidas e replicadas de KRL 4-6.

No método do KRL três etapas são adicionadas: definir o valor cocriativo, definir os

cocriadores e garantir que a economia da cocriação seja clara e racional para todos, bem como para garantir a interoperabilidade dos seus itens de solução.

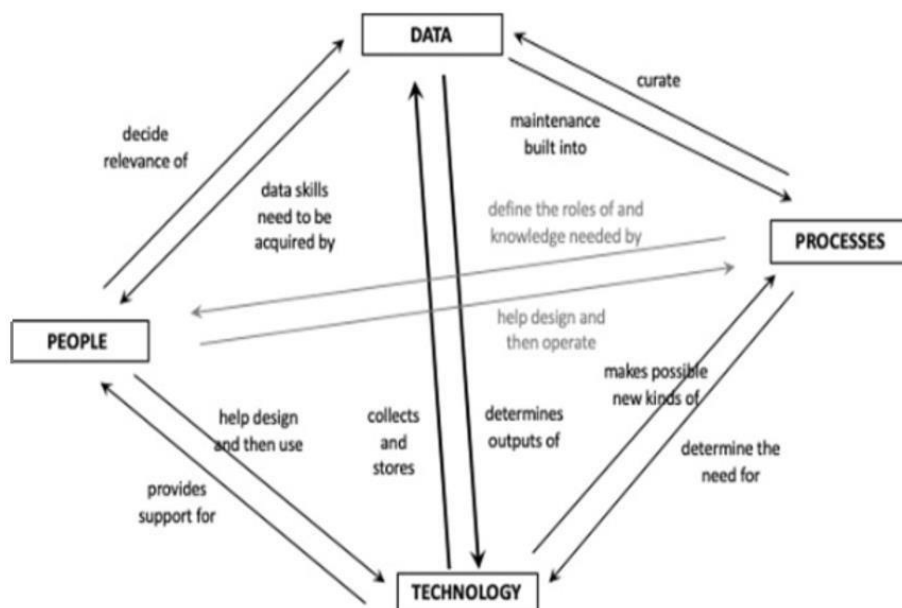
Em uma nova abordagem, Uren e Edwards (2023) apresentam um uso atualizado da TRL, com ênfase na Inteligência Artificial (IA). É proposto um modelo que incorpora uma versão estendida da proposta anterior de Uren e Edwards (2005), incluindo as dimensões Pessoas, Processos e Tecnologia, relacionadas aos Dados. Dessa forma, reúne as perspectivas de prontidão tecnológica e fatores sociotécnicos em um modelo ampliado do processo de adoção de IA, que enfatiza as relações dinâmicas entre os dados e outros fatores. Assim, as interconexões entre os elementos são tão importantes quanto os próprios elementos (Figura 4).

Utilizou-se a TRL porque a tecnologia de IA abrange uma variedade de tecnologias em distintos níveis de prontidão, e esses diferentes níveis podem estar associados a variados fatores sociotécnicos.

Segundo modelo desenvolvido pelos autores (“tetraedro”), a tecnologia adotada torna possíveis novos tipos de processos, que definem os papéis e os conhecimentos necessários às pessoas, que ajudam a conceber e depois utilizar a tecnologia, ao mesmo tempo que são impulsionados pela melhoria das ligações dela com os dados. Além disso, ao alinhar o tetraedro com o TRL, o novo modelo fornece uma explicação de quando e como os papéis dos diferentes fatores mudam durante o percurso de adoção da tecnologia. Em particular, propõe uma mudança de ênfase nas relações entre os dados e outros fatores como a colaboração e o compartilhamento do conhecimento entre as equipes à medida que o processo de adoção avança (Figura 5).

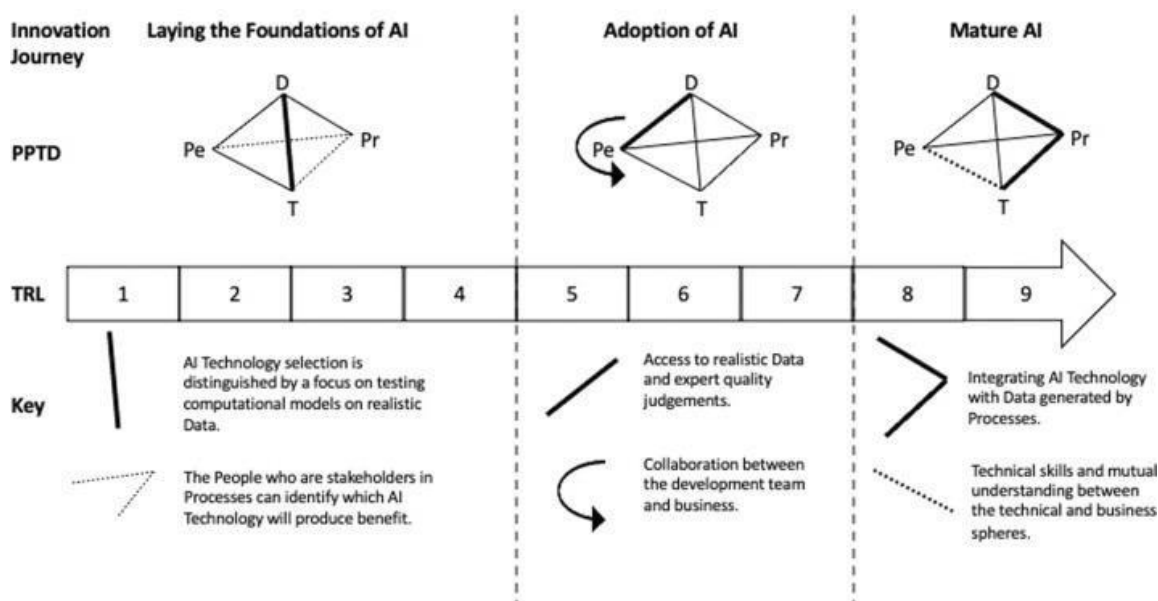
O modelo proposto por Uren e Edwards (2023) sugere que, além da prontidão tecnológica, a prontidão de pessoas, processos e dados é fundamental para alcançar sucesso com a inteligência artificial (IA). As conclusões do estudo também indicam que as organizações inovadoras devem promover a interação entre as áreas técnicas e de negócios, uma vez que essa colaboração facilita a troca de conhecimento e a integração de perspectivas distintas. Além disso, a capacitação contínua das equipes e a implementação de uma cultura organizacional

Figura 4. Correlação entre os TRL, a fase de desenvolvimento e suas escalas.



Fonte: Uren e Edwards (2023).

Figura 5. Correlação entre os TRL, a fase de desenvolvimento e suas escalas.



Fonte: Uren e Edwards (2023).

que valorize a inovação são essenciais para maximizar os benefícios da IA e garantir que as iniciativas sejam bem-sucedidas e sustentáveis a longo prazo.

6. Considerações finais e implicações

O presente estudo apresenta uma revisão integrativa de pesquisas que envolvem projetos entre organizações que utilizam a TRL para mensuração da maturidade tecnológica e as práticas de gestão do conhecimento utilizadas.

Pode-se observar também a elaboração de novos mecanismos em substituição ao TRL tradicional, incorporando a visão da gestão do conhecimento como o KRL e inclusão da dimensão “pessoas, processos e dados” à tecnologia.

A avaliação dos TRL e a aplicação de estratégias de GC podem influenciar de maneira significativa o desenvolvimento, a adoção e a maturidade das tecnologias inovadoras nas organizações que participam dos projetos.

Por meio da avaliação dos TRL, as organizações são capazes de mensurar o progresso e a

maturidade das tecnologias em desenvolvimento, permitindo a identificação de áreas que demandam maior investimento ou aprimoramento. A GC desempenha um papel crucial ao facilitar a disseminação e o compartilhamento de conhecimento interno, acelerando o processo de desenvolvimento de tecnologias inovadoras ao utilizar as lições aprendidas e as melhores práticas dos projetos.

Considerando a inter-relação entre a GC e o TRL, é fundamental reconhecer que o conhecimento tecnológico se configura como um componente estratégico essencial para a competitividade e a inovação nas organizações. Nesse sentido, os resultados desta pesquisa oferecem suporte valioso para organizações que buscam utilizar o conhecimento compartilhado em projetos de inovação, permitindo-lhes aproveitar as dinâmicas tecnológicas atuais como uma oportunidade para otimização e desenvolvimento.

Ademais, este trabalho contribui de maneira significativa para o campo da Gestão do Conhecimento ao apresentar uma abordagem sistêmica para a identificação de lacunas de conhecimento e oportunidades de desenvolvimento para as organizações envolvidas em projetos colaborativos. Essa abordagem não apenas facilita a reflexão crítica sobre as práticas atuais de GC, mas também propõe um modelo que pode ser utilizado para mapear e priorizar áreas de melhoria.

Ao enfatizar a importância do compartilhamento de conhecimento entre equipes e stakeholders, este estudo ressalta o papel crucial da GC na promoção de um ambiente de inovação contínua. A capacidade de aprender com experiências passadas e de integrar diferentes perspectivas pode levar a soluções mais criativas e eficazes, o que é vital em um cenário de rápida evolução tecnológica. Portanto, a adoção de práticas robustas de gestão do conhecimento pode não apenas incrementar a eficiência dos projetos, mas também impulsionar a transformação organizacional necessária para enfrentar os desafios do futuro.

A proposição descrita no presente artigo avança o conhecimento teórico ao integrar conceitos de TRL à estratégias do conhecimento em projetos, desde sua criação até seu compartilhamento em projetos colaborativos. Este desenho de pesquisa possibilita uma avaliação crítica e a síntese de evidências disponíveis sobre o tema investigado em seu produto final,

proporcionando uma organização do estado atual do conhecimento e reflexões sobre a temática, fornecendo informações mais amplas sobre um assunto/problema, constituindo, assim, um corpo de conhecimento.

Os principais desafios apontados nos projetos colaborativos que utilizam a TRL para mensuração da maturidade tecnológica foram as falhas na comunicação entre os envolvidos, ausência de governança efetiva e registro de lições aprendidas de projetos anteriores e que impactam no projeto vigente, a importância do conhecimento prévios dos atores envolvidos nos projetos colaborativos, a falta de padronização metodológica incorporando a visão de GC, entre outras questões. Como oportunidades destacam-se as redes de inovação e redes colaborativas e discussões sobre o desenvolvimento de novos frameworks, harmonizados e com uso de tecnologias emergentes.

A integração da mensuração da maturidade tecnológica (TRLs) e estratégias de GC tem implicações amplas e significativas. A aceleração do desenvolvimento tecnológico, suportada por práticas eficazes de GC, pode levar a inovações mais rápidas e eficientes em áreas críticas como na saúde e entre outros setores da economia.

Com limitações de estudo, ressalta-se que há poucas publicações sobre a temática proposta, inclusive com a escassez de pesquisas que utilizaram ferramentas avaliativas para mensurar a relação da gestão do conhecimento e a maturidade tecnológica. Contudo, compreende-se a singularidade dessa temática e os desafios existentes para pesquisas mais robustas. Com isso, não se adotaram, nessa revisão, instrumentos de avaliação da qualidade metodológica e dos riscos de vieses para os artigos selecionados. Porém, os mesmos estudos suprimiram as finalidades do levantamento de reflexões e a síntese de estudos já publicados, permitindo a geração de novos conhecimentos.

Os artigos analisados nesta revisão integrativa mostraram uma predominância de estudos estrangeiros. Assim, sugere-se como trabalhos futuros uma investigação aprofundada para verificar o nível de publicação dentro do contexto brasileiro, além disso, seria interessante analisar como as variáveis que determinam os níveis de maturidade tecnológica em projetos colaborativos afetam a velocidade da inovação, acesso aos recursos (internos e externos) e nível de maturidade do conhecimento.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio PROEP/CNPQ (440011/2022-1)

Referências

- ABGI Brasil. (2021). *TRL: Recursos financeiros por níveis de maturidade tecnológica*. <https://brasil.abgi-group.com/radar-inovacao/artigos-estudos/trl-recursos-financeiros-por-niveis-de-maturidade-tecnologica/>
- Alcará, A. R., Di Chiara, I. G., Rodrigues, J., & Tomaél, M. I. (2009). Fatores que influenciam o compartilhamento da informação e do conhecimento. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 14(1), 170-191.
- Aurum, A., Daneshgar, F., & Ward, J. (2008). Investigating knowledge management practices in software development organisations - An Australian experience. *Information and Software Technology*, 50(6), 511-533. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2007.05.005>
- Bartol, K. M., & Srivastava, A. R. (2002). Encouraging knowledge sharing: The role of organizational reward systems. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, 9(1), 64-76.
- Benbya, H., & Belbaly, N. A. (2005). Mechanisms for knowledge management systems effectiveness: An exploratory analysis. *Knowledge and Process Management*, 12(3), 203-216.
- Calamel, L., Defelix, C., Picq, T., & Retour, D. (2012). Inter-organizational projects in French innovation clusters: The construction of collaboration. *International Journal of Project Management*, 30(1), 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.03.001>
- Campana, E., et al. (2020). CNR-Fincantieri joint projects: A successful example of collaboration between research and industry based on the open innovation approach. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(15). <https://doi.org/10.3390/joitmc6010015>
- Davis, J. P., & Eisenhardt, K. M. (2011). Rotating leadership and collaborative innovation: Recombination processes in symbiotic relationships. *Administrative Science Quarterly*, 56(2), 159-201. <https://doi.org/10.1177/0001839211428131>
- Dietrich, P., Eskerod, P., Dalcher, D., & Sandhawalia, B. (2010). The dynamics of collaboration in multipartner projects. *Project Management Journal*, 41(4), 59-78. <https://doi.org/10.1002/pmj.20194>
- Dooley, L., Kenny, B., & Cronin, M. (2016). Interorganizational innovation across geographic and cognitive boundaries: Does firm size matter? *R&D Management*, 46, 227-243. <https://doi.org/10.1111/radm.12134>
- Engel, C., et al. (2019). Development of a knowledge readiness level framework for medical research. *RAND*. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2127.html
- Gil, L., Andrade, M. H., & Costa, M. C. (2014). Os TRL (Technology Readiness Levels) como ferramenta na avaliação tecnológica. *Ingenium*, 94-96.
- González-Piñero, M., Páez-Avilés, C., Juanola-Feliu, E., & Samitier, J. (2021). Cross-fertilization of knowledge and technologies in collaborative research projects. *Journal of Knowledge Management*, 34-59. <https://doi.org/10.1108/JKM-04-2020-0270>
- Hanisch, B., Lindner, F., Müller, A., & Wald, A. (2009). Knowledge management in project environments. *Journal of Knowledge Management*, 13(4), 148-160. <https://doi.org/10.1108/13673270910971897>
- ISO 16290:2013. (2013). *Space systems - Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment*. <https://www.iso.org/standard/56064.html>
- Klessova, S., Engell, S., & Thomas, C. (2023). The interplay between the contextual conditions and the advancement of the technological maturity in inter-organisational collaborative R&D projects: A qualitative study. *R&D Management*, 53, 778-800. <https://doi.org/10.1111/radm.12598>
- Kodama, M., & Shibata, T. (2014). Strategy transformation through strategic innovation capability - A case study of Fanuc. *R&D Management*. <https://doi.org/10.1111/radm.12041>
- Mankins, J. C. (1995). *Technology readiness levels*. ARTEMIS INNOVATION. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf
- Pinilla, L., Rodríguez, F., Gandarias, I., & de Lacalle, L. (2019). TRLs 5-7 advanced manufacturing centres: Practical model to boost technology transfer in manufacturing. *Sustainability*, 11(18), 4890. <https://doi.org/10.3390/su11184890>
- Nonaka, I., & von Krogh, G. (2009). Tacit knowledge and knowledge conversion: Controversy and advancement in organizational knowledge creation theory. *Organization Science*, 20(3), 635-652. <https://doi.org/10.1287/orsc.1080.0412>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1997). *Criação de conhecimento na empresa: Como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Campus.
- Popadiuk, S., & Choo, W. C. (2006). Innovation and knowledge creation: How are these concepts related? *International Journal of Information Management*, 26(4), 302-312. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.03.011>

- Shinoda, A. C., Maximiano, A. C., & Sbragia, R. (2015). Gestão do conhecimento em organizações orientadas para projetos. *Revista de Gestão e Projetos*, 6(1). <https://doi.org/10.5585/gep.v6i1.111>
- Tushman, M. L., & Smith, W. K. (2005). Managing strategic contradictions: A top management model for managing innovation streams. *Organization Science*, 16(5), 522-536. <https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0134>
- Yfanti, M., & Sakkas, D. (2024). Technology readiness levels (TRLs) in the era of co-creation. *Journal of Technology Management*, 14(1), 45-67.

Sobre as autoras

Elaine Dias

Doutora em Ciência da Informação (IBICT/UFRJ), Mestre em Gestão, Pesquisa e Desenvolvimento na Indústria Farmacêutica (Fiocruz). Analista de Gestão em Saúde da Fiocruz.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3911-0026>

Wanise Barroso

Doutora em Sciences de l'Information et de la Communication pela Université de Toulon et du Var. Pesquisadora Titular em Saúde da Fiocruz, docente do Programa profissional da Fiocruz e Vice-diretora em Ensino, Pesquisa e Inovação do Instituto de Ciência e Tecnologia em Biomodelos - ICTB/Fiocruz.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7775-8640>

Ana Claudia Amaral

Doutora em Química de Produtos Naturais (UFRJ). Pesquisadora na área de produtos naturais, derivados e insetos como biomodelos e docente dos Programas acadêmico e profissional da Fiocruz. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2532-471X>