Revista Ciências Administrativas
e-ISSN:2318-0722 Journal of Administrative Sciences
Universidade de Fortaleza

Análise dos Mecanismos de Aquisição e Conversão de Conhecimento para a Acumulação de Capacidade Tecnológica no Setor Brasileiro de Bens de Capital

Analysis of the Acquisition Mechanisms and Conversion of Knowledge to the Technological Capacity Accumulation in Brazilian Capital Goods

Análisis de los Mecanismos de Adquisición y Conversión del Conocimiento para la Acumulación de Capacidad Tecnológica en el Sector Brasileño de Bienes de Capital

10.5020/2318-0722.2025.31.e17313

Marcelo Seido Nagano
Mestre e Doutor em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Pós-Doutor em Matemática e Computação Aplicada pelo Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atualmente é Pesquisador e Bolsista de Produtividade e Pesquisa do CNPq (1-B), e editor chefe de revistas internacionais: Technology audit and production reserves - TAPR (ISSN: 2664-9969) e Journal of Engineering and Computer Innovations - JECI (ISSN: 2141-6508).

Antonio Iacono
Professor Doutor da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Mestre e Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo e Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá.

Tiago Fernando Musetti
Graduado em Economia pela Universidade de Araraquara (UNIARA). Pós-Graduado em Gestão Empresarial pela Universidade de Araraquara (UNIARA). Pós-Graduado em Engenharia Urbana, Mestre em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Doutor em Engenharia de Produção pelo Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Federal de São Carlos (DEP/UFSCar). Pós-Doutorando em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Resumo

Este artigo visa analisar os processos de aprendizagem e identificar os mecanismos de aquisição e conversão de conhecimento que contribuem significativamente para o processo de acumulação de capacidade tecnológica. Para alcançar esses objetivos, realizou-se um estudo exploratório com 44 empresas do setor de bens de capital mecânicos no Brasil. A contribuição dos mecanismos de aquisição e conversão de conhecimento foi avaliada utilizando o Índice de Capacidade Tecnológica (TCI), a análise de correspondência e a regressão linear múltipla com seleção *stepwise*. Os resultados indicam níveis variados de influência entre os mecanismos e mostram que, embora tais mecanismos estejam presentes, eles variam em intensidade e contribuição, refletindo diferenças no acúmulo de capacidades tecnológicas ao longo do tempo. Iniciativas relacionadas à expansão da capacidade produtiva, ao treinamento em técnicas de produção e processos e aos sistemas de qualidade estão positivamente associadas ao TCI, indicando um maior engajamento organizacional na melhoria de processos. No entanto, observam-se interação limitada com fontes externas de conhecimento, baixos níveis de compartilhamento de conhecimento e um grau reduzido de recombinação de conhecimento codificado. Essas descobertas destacam a importância de gerenciar eficazmente múltiplos mecanismos de aprendizagem, que influenciam diretamente o ritmo e a trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas nas empresas.

Palavras-chave: aprendizagem tecnológica, capacidade tecnológica, aquisição de conhecimento, conversão de conhecimento, análise de correspondência.

Abstract

This article aims to analyze the learning processes and to identify the knowledge acquisition and conversion mechanisms that contribute significantly to the process of accumulation of technological capacity. In order to achieve these objectives, an exploratory study carried out among 44 companies in the mechanical capital goods sector in Brazil. The contribution of knowledge acquisition and conversion mechanisms was assessed using the Technological Capability Index (TCI), correspondence analysis, and multiple linear regression with stepwise selection. Results indicate varying levels of influence across mechanisms; show that, although

such mechanisms are present, they vary in intensity and contribution, reflecting differences in the accumulation of technological capabilities over time. Initiatives related to production capacity expansion, training in production and process techniques, and quality systems are positively associated with the TCI, indicating stronger organizational engagement in process improvement. However, limited interaction with external sources of knowledge, low levels of knowledge sharing, and a reduced degree of codified knowledge recombination are observed. These findings highlight the importance of effectively managing multiple learning mechanisms, as they directly influence the pace and trajectory of technological capability accumulation within firms.

***Keywords**: technological learning, technological capability, knowledge acquisition, knowledge conversion, correspondence analysis.*

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar los procesos de aprendizaje e identificar los mecanismos de adquisición y conversión del conocimiento que contribuyen significativamente al proceso de acumulación de capacidad tecnológica. Para alcanzar estos objetivos, se realizó un estudio exploratorio con 44 empresas del sector de bienes de capital mecánicos en Brasil. La contribución de los mecanismos de adquisición y conversión del conocimiento se evaluó mediante el Índice de Capacidad Tecnológica (TCI), el análisis de correspondencias y la regresión lineal múltiple con selección stepwise. Los resultados indican distintos niveles de influencia entre los mecanismos y muestran que, aunque estos mecanismos están presentes, varían en intensidad y contribución, reflejando diferencias en la acumulación de capacidades tecnológicas a lo largo del tiempo. Las iniciativas relacionadas con la ampliación de la capacidad productiva, la capacitación en técnicas y procesos de producción y los sistemas de calidad se asocian positivamente con el TCI, lo que indica un mayor compromiso organizacional con la mejora de los procesos. Sin embargo, se observa una interacción limitada con fuentes externas de conocimiento, bajos niveles de intercambio de conocimiento y un reducido grado de recombinación del conocimiento codificado. Estos hallazgos ponen de relieve la importancia de gestionar eficazmente múltiples mecanismos de aprendizaje, que influyen directamente en el ritmo y la trayectoria de acumulación de capacidades tecnológicas en las empresas.

***Palabras clave:** aprendizaje tecnológico, capacidad tecnológica, adquisición de conocimiento, conversión del conocimiento, análisis de correspondencias.*

Introdução

Desde a década de 1970, a literatura sobre tecnologia e desenvolvimento tem enfatizado a aquisição de tecnologia em países em desenvolvimento como um determinante crucial para o sucesso da industrialização (Romijn, 1997). Para alcançar isso, as empresas precisam desenvolver capacidades e experiências para assimilar, utilizar, adaptar, aprimorar e criar tecnologias por meio de processos de aprendizado tecnológico contínuo. No entanto, essa transformação representa um grande desafio para esses países (Lall, 1992), uma vez que o ritmo acelerado dos avanços tecnológicos exige mudanças organizacionais e processos de inovação mais rápidos (García-Sánchez et al., 2018). Nesse contexto, o desenvolvimento de capacidades tecnológicas não é um processo passivo, mecânico ou automático; ao contrário, é entendido como um processo de aprendizagem cumulativo e deliberado que envolve o acúmulo de diversos conhecimentos e habilidades (Ge & Liu, 2022).

Os processos de aquisição e conversão de conhecimento envolvem diferentes mecanismos de aprendizagem que influenciam a trajetória de acumulação de capacidade das empresas (Yu & Chen, 2020). Segundo Jha e Cottam (2021), compreender o funcionamento do sistema de aprendizagem — por meio da análise das características dos processos de aquisição e conversão de conhecimento adotados pelas empresas — auxilia na identificação de sistemas de aprendizagem eficazes ou ineficazes e, consequentemente, orienta melhor o acúmulo de capacidade tecnológica e a melhoria do desempenho técnico e econômico da empresa ao longo do tempo.

Outro aspecto importante do processo de aprendizagem em empresas que operam em contextos de industrialização tardia é que elas diferem quanto à maneira e à velocidade com que acumulam competências tecnológicas ao longo do tempo (Figueiredo, 2001). As empresas de tecnologia de ponta já possuem competência tecnológica inovadora, enquanto as outras operam com base em tecnologia adquirida de empresas de outros países (Figueiredo, 2001, 2003). Nesse sentido, para se tornar competitiva e acompanhar empresas de tecnologia de ponta, é necessário, inicialmente, adquirir conhecimento para desenvolver e acumular sua própria competência tecnológica (Angelidou et al., 2022). Assim, as empresas que estabelecem rotinas de aprendizado contínuo apresentam maior capacidade de absorver novos conhecimentos, aprimorar tecnologias existentes e desenvolver capacidades inovadoras do que aquelas cujos processos de aprendizado ocorrem apenas esporadicamente (Jha & Cottam, 2021).

Entre os diversos setores industriais, a indústria de bens de capital — particularmente o setor de máquinas e equipamentos — desempenha um papel estratégico no desenvolvimento industrial e econômico. Além de incorporar elevados níveis de conhecimento tecnológico, as empresas desse setor desempenham um papel fundamental na difusão

de tecnologia, pois fornecem máquinas, equipamentos e soluções de produção para praticamente todos os demais setores da economia. Consequentemente, suas capacidades tecnológicas influenciam diretamente a produtividade, a competitividade e a capacidade de inovação da indústria como um todo. No entanto, essas empresas enfrentam desafios crescentes decorrentes dos avanços nos processos de produção e da intensificação da concorrência internacional, tornando o aprendizado tecnológico um pré-requisito essencial para manter a competitividade.

Embora a literatura reconheça o aprendizado tecnológico como um dos principais impulsionadores do acúmulo de capacidades tecnológicas, a maioria dos estudos tem se concentrado em mensurar capacidades tecnológicas ou resultados de inovação (Bell & Pavitt, 1995; Figueiredo, 2001; Lall, 1992). Comparativamente, tem-se dedicado menos atenção à compreensão de como diferentes mecanismos de aprendizagem contribuem para esse processo de acumulação (Zahra et al.,2007). Em particular, a evidência empírica permanece limitada no que diz respeito à contribuição relativa da aquisição interna de conhecimento, da aquisição externa de conhecimento, da socialização do conhecimento e dos mecanismos de codificação do conhecimento para a acumulação de capacidades tecnológicas, especialmente em empresas que operam em economias emergentes e em sectores estratégicos como a indústria de bens de capital.

Assim, segundo Figueiredo (2001), compreender o funcionamento dos sistemas de aprendizagem — por meio da análise das características dos processos de aquisição e conversão de conhecimento adotados pelas empresas — possibilita identificar sistemas de aprendizagem mais ou menos eficazes. Tal análise contribui para uma melhor compreensão dos mecanismos de aprendizagem organizacional, oferecendo suporte para orientar o processo de acumulação de capacidades tecnológicas e, consequentemente, para a melhoria sustentada do desempenho técnico e econômico das empresas ao longo do tempo.

Essa lacuna é particularmente relevante porque empresas que operam no mesmo setor frequentemente apresentam trajetórias de desenvolvimento tecnológico marcadamente diferentes, mesmo quando enfrentam condições competitivas semelhantes. Essas diferenças decorrem não apenas do acesso a tecnologias, mas também da forma como os sistemas de aprendizagem organizacional são estruturados e geridos, particularmente no que diz respeito à intensidade, à continuidade e à complementaridade dos mecanismos de aquisição e conversão de conhecimento.

Nesse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: De que maneira diferentes mecanismos de aprendizagem tecnológica — aquisição externa de conhecimento, aquisição interna de conhecimento, socialização do conhecimento e codificação do conhecimento — influenciam o acúmulo de capacidades tecnológicas em empresas brasileiras que atuam na indústria de bens de capital?

Para abordar essa questão de pesquisa, este estudo analisa os sistemas de aprendizagem tecnológica das empresas examinando os processos de aquisição de conhecimento (aprendizagem individual) e de conversão de conhecimento (aprendizagem organizacional), conforme proposto por Figueiredo (2001). Especificamente, busca-se identificar a contribuição de diferentes mecanismos de aprendizagem utilizando o Índice de Capacidade Tecnológica (ICT), com base na estrutura taxonômica de Lall (1992), identificando assim os mecanismos que exercem maior influência sobre o acúmulo de capacidades tecnológicas.

Este estudo contribui para a literatura de três maneiras principais. Primeiramente, ele avança na compreensão do aprendizado tecnológico ao analisar separadamente a contribuição de diferentes mecanismos de aprendizagem, em vez de tratar o aprendizado organizacional como um constructo único. Em segundo lugar, amplia as evidências empíricas sobre a acumulação de capacidades tecnológicas em empresas de um país de industrialização tardia que atuam na indústria de bens de capital — um setor estrategicamente importante e cujo contexto permanece pouco explorado na literatura internacional. Em terceiro lugar, oferece implicações gerenciais e de políticas públicas ao identificar mecanismos de aprendizagem cuja intensificação pode acelerar o acúmulo de capacidades tecnológicas e fortalecer a capacidade de inovação das empresas.

Após esta seção introdutória, o artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta um breve referencial teórico sobre aprendizado tecnológico, destacando os processos e mecanismos de acumulação de capacidade tecnológica. A Seção 3 apresenta os indicadores para mensurar a capacidade tecnológica — o ICT (Índice de Capacidade Tecnológica) utilizado neste trabalho. A Seção 4 descreve a metodologia. A Seção 5 traz os resultados e a discussão. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões do estudo, juntamente com suas limitações, sugestões para pesquisas futuras e as implicações gerenciais e de políticas públicas.

Revisão da literatura

Capacidade tecnológica e o papel dos mecanismos de aprendizagem

As capacidades tecnológicas são um componente fundamental para alcançar objetivos substantivos, como uma qualidade de vida satisfatória ou uma renda mais elevada, constituindo o elemento essencial do crescimento econômico e do bem-estar (Ge & Liu, 2022; Yu & Chen, 2020). No ambiente organizacional, as capacidades tecnológicas são definidas como os recursos necessários para criar e gerenciar mudanças tecnológicas, incluindo habilidades, conhecimento, experiência e sistemas (Hou & Nie, 2022; Hansen & Ockwell, 2014).

Através das suas capacidades tecnológicas, as organizações acumulam conhecimentos e competências ao longo do tempo, a fim de melhorar a sua capacidade de implementar e lidar com mudanças técnicas (Ge & Liu, 2022; Hansen & Ockwell, 2014). Além disso, essas habilidades permitem à empresa promover uma capacidade dinâmica e integradora de reconfigurar suas competências internas e impulsionar a mudança organizacional necessária para atender às demandas do ambiente em que está inserida (García-Sánchez et al., 2018). As tecnologias possuem uma natureza tácita que envolve diversos aspectos organizacionais, individuais e coletivos relacionados à aprendizagem, os quais estão inseridos em cada contexto de desenvolvimento e são específicos a ele (Ge & Liu, 2022; Baginski et al., 2017).

O aprendizado tecnológico é entendido como o processo de construção e acumulação de capacidade tecnológica ao longo do tempo (Kim, 2001) e, segundo Ge e Liu (2022), compreende diversos processos pelos quais o aprendizado individual se transforma em aprendizado organizacional. Nesse contexto, vale destacar que o aprendizado organizacional requer elementos internos — que incluem esforços intra-organizacionais — e elementos externos, que ocorrem por meio de interações e redes de contato com outras organizações (Angelidou et al., 2022; Hou & Nie, 2022). Uma distinção importante que caracteriza o aprendizado tecnológico diz respeito às dimensões do conhecimento, definidas como tácito e codificado. Em particular, a natureza tácita do conhecimento é um aspecto importante do processo de aprendizado (Gertler, 2003).

O conhecimento tácito é altamente pessoal e refere-se a habilidades técnicas, *know-how*, experiências, valores e à forma como o mundo é percebido, o que dificulta sua formalização e comunicação. Por sua vez, o conhecimento explícito pode ser armazenado em documentos, manuais, bancos de dados e outros meios; por ser formal e sistemático, pode ser facilmente comunicado e compartilhado (Laptev & Shaytan, 2023; Nonaka & Takeuchi, 1995).

As formas de transferência de conhecimento tácito estão fortemente relacionadas à experiência, à demonstração, à observação e à imitação. No entanto, o simples acúmulo de conhecimento tácito ou de conhecimento codificado, isoladamente, não deve levar à criação de uma base de conhecimento na empresa; é importante considerar a interação entre as duas dimensões (Ge & Liu, 2022; Laptev & Shaytan, 2023).

Laptev e Shaytan (2023) e Nonaka e Takeuchi (1995) argumentam que o processo de gestão e criação de conhecimento deve ocorrer a partir da transformação do conhecimento tácito em explícito, por meio de um processo de interação dinâmica entre ambos, gerando a criação de conhecimento organizacional.

No ambiente organizacional, é relevante transformar a aprendizagem individual em coletiva e criar continuamente novos conhecimentos, o que requer uma gestão baseada no conhecimento, derivada de uma teoria abrangente que explique o complexo processo pelo qual o conhecimento é criado e utilizado na organização em sua interação com o ambiente (Ge & Liu, 2022; Nonaka et al.,2000, 2008).

O conhecimento organizacional não é simplesmente a soma dos conhecimentos individuais; é formado por padrões únicos de interação entre tecnologias, técnicas e pessoas, que não podem ser facilmente imitados por outras organizações, uma vez que essas interações são moldadas pela história e pela cultura singulares da organização. (Bath, 2001). Segundo Nonaka e Takeuchi (1995) e Jha e Cottam (2021), o conhecimento tácito do indivíduo é convertido em aprendizagem organizacional por meio de diferentes modos de conversão, intermediários entre as dimensões do conhecimento tácito e do conhecimento codificado. Nessas conversões, ocorrem o compartilhamento, a estruturação e a incorporação de conhecimento nos indivíduos da organização.

Nesse sentido, Errico et al. (2024) sugerem que a educação representa um componente central do capital humano e desempenha um papel significativo na definição do desempenho da empresa. O nível de educação formal dos membros da equipe de gestão reflete o estoque de conhecimentos e habilidades disponível na organização. Nesse sentido, no contexto dos mecanismos de aprendizagem, a formação educacional formal dos membros da equipe de gestão atua como um fator facilitador para os processos de aquisição e conversão de conhecimento, sustentando o acúmulo de capacidades tecnológicas. Segundo Alzate-Alvarado et al. (2025), o capital humano e a capacidade tecnológica são importantes preditores do crescimento da empresa.

Tanto os conceitos quanto os processos de conversão são importantes para a análise dos processos de aprendizagem em empresas de países em desenvolvimento, permitindo não apenas aprimorar os processos de aprendizagem existentes, mas também descrever como esses processos ocorrem nas empresas — isto é, como são desenvolvidos.

Quanto à capacidade tecnológica das organizações, Ge e Liu (2022), Hou e Nie (2022) e Yu e Chen (2020) também incorporam a dimensão da interação da empresa com o ambiente externo e atribuem importância aos mecanismos de aprendizagem no processo de acumulação de conhecimento. Para Yu e Chen (2020), a expansão do conhecimento depende da intensidade do aprendizado e do conhecimento prévio; isto é, o conhecimento prévio acumulado aumenta a capacidade de acumular mais conhecimento e de aprender conceitos relacionados com mais facilidade.

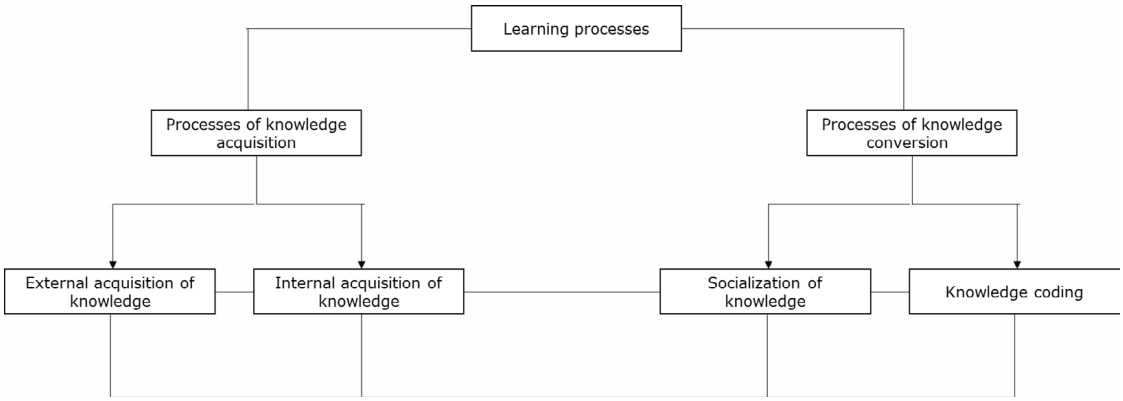
Sob essa perspectiva, a gestão do conhecimento fornece a base organizacional por meio da qual capacidades tecnológicas são desenvolvidas e acumuladas. As capacidades tecnológicas não emergem apenas do acesso das empresas a tecnologias, mas sim de sua habilidade de adquirir, assimilar, compartilhar, codificar e aplicar conhecimento em toda a organização. Portanto, uma gestão do conhecimento eficaz permite às empresas transformar o aprendizado individual em conhecimento organizacional, assegurando que o conhecimento tecnológico seja retido, disseminado e continuamente aproveitado para apoiar o acúmulo de capacidades tecnológicas e a inovação (Nonaka & Takeuchi, 1995; Figueiredo, 2001; Ge & Liu, 2022).

Consequentemente, os processos de aquisição e conversão de conhecimento constituem os mecanismos de aprendizagem subjacentes pelos quais as capacidades tecnológicas evoluem ao longo do tempo. A eficácia desses mecanismos determina não apenas a velocidade com que as empresas acumulam capacidades tecnológicas, mas também a sua capacidade de sustentar a inovação e responder às mudanças tecnológicas. Nesse sentido, a gestão do conhecimento deve ser entendida não como um fim em si mesma, mas como o processo organizacional que viabiliza o acúmulo contínuo de capacidades tecnológicas.

Em suma, os processos de aprendizagem que permitem o acúmulo de capacidade tecnológica podem ser divididos em dois processos distintos: (i) o processo de aquisição de conhecimento, relacionado à aprendizagem em nível individual, que pode ser decomposto em processos de aquisição de conhecimento externo e processos de aquisição de conhecimento interno, (ii) o processo de conversão de conhecimento, relacionado à aprendizagem organizacional, que pode ser desagregado em socialização do conhecimento e codificação do conhecimento (Figueiredo, 2001; Yu & Chen, 2020). Uma representação desses processos de aprendizagem (e adotada neste estudo) é apresentada na Figura 1.

Figura 1

Processos de Aprendizagem Tecnológica



Nota. Adaptado por Figueiredo (2001)

Processos de aprendizagem, processo de aquisição do conhecimento, processos de conversão de conhecimento, aquisição externa de conhecimento, aquisição interna de conhecimento, socialização do conhecimento e codificação do conhecimento

Aquisição externa de conhecimento

Os processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimento tácito e/ou codificado proveniente de fora da empresa são conhecidos como processos de aquisição externa de conhecimento (Yu & Chen, 2020). Segundo Figueiredo (2009) e Ge e Liu (2022), como as empresas de países em desenvolvimento partem de uma condição de escassez de recursos, elas precisam buscar conhecimento externo para construir e acumular suas próprias capacidades, sejam elas produtivas ou de inovação. No entanto, para que a empresa desenvolva as capacidades e adquira os diferentes tipos de conhecimento necessários, são exigidos esforços sustentados, organizados e eficazes.

As principais formas de aprendizagem geradas por fontes externas são a aprendizagem por imitação e a aprendizagem por interação (Ge & Liu, 2022). A aprendizagem por imitação é gerada a partir da reprodução de inovações introduzidas por outras empresas, de forma autônoma e não cooperativa. Não se trata exatamente de uma réplica; a empresa precisa ser treinada internamente para realizar a engenharia reversa (Cassiolato, 2004). A aprendizagem por interação refere-se ao fluxo sistemático de informações. O aprofundamento da aprendizagem por interação pressupõe uma certa seletividade nas relações entre as empresas, um certo tempo para o fortalecimento da confiança entre os agentes e um sistema de incentivos que induza o processo (Olamade, 2001).

Aquisição interna de conhecimento

Os processos de aquisição interna de conhecimento referem-se aos processos pelos quais as pessoas adquirem conhecimento tácito ao realizar diferentes atividades na empresa — por exemplo, executar tarefas rotineiras ou aprimorar processos e a organização da produção, de equipamentos e de produtos existentes (Hou & Nie, 2022). A importância de trazer conhecimento adquirido externamente reside no aumento da capacidade das próprias empresas de realizar diferentes tipos de atividades inovadoras (Figueiredo, 2009; Hou & Nie, 2022). Vale ressaltar que a aprendizagem interna é uma condição necessária para a aprendizagem externa; isto é, a empresa deve ser capaz de receber, elaborar e assimilar novos conhecimentos externos (Cassiolato, 2004; Hou & Nie, 2022).

As principais formas de aprendizagem geradas por fontes internas são a aprendizagem pelo uso, a aprendizagem pela experiência e a aprendizagem pela pesquisa. A aprendizagem pelo uso está relacionada à adaptação da empresa a novas tecnologias. O aprendizado pela prática é considerado um fator-chave na acumulação de conhecimento que conduz à inovação, conforme destacado em Benedito et al. (2014). A empresa aprende por meio de sua própria produção; em outras palavras, a tecnologia, neste caso, é uma função da experiência de cada empresa na produção dos diferentes bens (Hou & Nie, 2022). O aprendizado pela busca (*learning-by-searching*) ocorre por meio de atividades formais de P&D voltadas à criação de novos conhecimentos.

Socialização do conhecimento

Segundo Figueiredo (2001), os processos de socialização do conhecimento referem-se aos processos pelos quais os indivíduos compartilham seu conhecimento tácito (modelos mentais e aptidões técnicas). Em outras palavras, trata-se de qualquer processo formal ou informal pelo qual o conhecimento tácito é transmitido de um indivíduo para outro, podendo envolver observação, reuniões, resolução conjunta de problemas e rotação de tarefas.

Segundo Kogut e Zander (1992), a transferência de *know-how* e informações frequentemente requer interação em pequenos grupos, muitas vezes por meio do desenvolvimento de uma linguagem ou código comum. O conhecimento de um grupo não se limita apenas a deter informações, mas também abrange a forma como as atividades devem ser organizadas. É o compartilhamento de um acervo comum de conhecimento — tanto técnico quanto organizacional — que facilita a transferência de conhecimento no âmbito dos grupos.

Codificação de conhecimento

Conforme relatado por Figueiredo (2009), os processos de codificação do conhecimento são aqueles pelos quais o conhecimento tácito individual (ou parte dele) é expresso em conceitos definidos. Em outras palavras, trata-se do processo pelo qual o conhecimento tácito é articulado em conceitos explícitos, em formatos e procedimentos organizados e acessíveis, tornando-o mais fácil de compreender e assimilar e, consequentemente, facilitando a disseminação do conhecimento na empresa.

Por meio de mecanismos de codificação, o conhecimento pode ser transformado em informação — sendo esta constituída por mensagens ou conjuntos identificáveis de regras e relações passíveis de transmissão aos tomadores de decisão (Prencipe & Tell, 2001). A codificação possibilita ganhos por meio de novas combinações de estoques de conhecimento codificado (Teece, 2007). Os principais mecanismos de codificação do conhecimento podem envolver, por exemplo, a padronização de métodos de produção, a documentação e seminários internos.

É importante destacar, segundo Figueiredo (2003, 2009), que a organização de módulos de treinamento pela equipe interna pode envolver tanto processos de socialização quanto de codificação do conhecimento. Em outras palavras, é por meio desses dois tipos de processos que ocorre a conversão do aprendizado individual em aprendizado organizacional. Com base no exposto, pode-se afirmar que, conforme destacado por Fuentes-Fernández et al. (2024), enfatiza-se o uso das capacidades das empresas de aquisição, assimilação, transformação e exploração de conhecimento como forma de melhorar seu desempenho inovador, ao mesmo tempo em que se aproveitam recursos e contatos disponíveis e se recorre a entidades como associações empresariais para expandir suas redes de fontes de conhecimento valioso.

Capacidade Tecnológica: Indicadores de Mensuração

De forma simples, conforme demonstrado por Yam et al. (2011), a capacidade de inovação tecnológica pode ser definida como um conjunto de características que facilitam e apoiam as estratégias de inovação tecnológica das empresas. Em uma definição mais ampla, a capacidade tecnológica, segundo Hou e Nie (2022), consiste nos recursos necessários para gerar e gerenciar mudanças técnicas e inclui, especialmente habilidades, conhecimentos, experiências e estrutura institucional. Esses recursos são armazenados e acumulados em pelo menos três componentes: capital humano, sistema organizacional e sistemas técnico-físicos (Figueiredo, 2014).

Uma das taxonomias mais elaboradas de capacidade tecnológica em nível empresarial é a de Lall (1992). De acordo com Molina-Domene e Pietrobelli (2012), a taxonomia de capacidades tecnológicas de Lall foi usada com sucesso em um estudo de caso para avaliar os níveis de desenvolvimento tecnológico no nível empresarial em países em desenvolvimento (Lall 1992; Romijn, 1997). Em nível de empresa, a taxonomia de Lall (1992) contempla diversos aspectos da capacidade tecnológica. Neste trabalho, foram considerados dois tipos principais: capacidades de produção e capacidades de articulação externa.

Capacidades de produção e capacidades de conexão externa

A capacidade produtiva refere-se às habilidades e ao conhecimento que são necessários para a operação das instalações de produção. Ela engloba desde habilidades tecnológicas básicas, como controle de qualidade e estoque, operação e manutenção, até habilidades mais avançadas, como melhoria ou adaptação, pesquisa, projeto e inovação

(Egbetokun et al., 2012; Hou & Nie, 2022). Esses processos referem-se à engenharia de processos, engenharia de produtos e engenharia industrial (Lall, 1992). Isso implica o domínio de tecnologias e, entre outras coisas, um maior ou menor grau de inovação. Elas abrangem tanto as tecnologias de processo quanto as de produto, bem como as funções de monitoramento e controle incluídas na engenharia industrial. As competências envolvidas determinam não só como as tecnologias são exploradas e melhoradas, mas também como os esforços internos são utilizados para absorver tecnologias adquiridas ou imitadas de outras empresas (Angelidou et al., 2022).

As capacidades de ligação externa referem-se às habilidades necessárias para transmitir informações, competências e tecnologia, bem como para receber conhecimento de componentes ou fornecedores de matérias-primas, empresas de serviços, consultores e institutos de tecnologia. Concentra-se nos agentes heterogêneos que desenvolvem interações de caráter mercadológico ou não mercadológico para a geração, adoção e uso de novas tecnologias específicas (ou já estabelecidas) e para a criação, produção e uso de novos produtos pertinentes ao setor. Envolve a análise de clientes, fornecedores, fabricantes, universidades, instituições financeiras, agentes governamentais, entre outros (Lall, 1992; Olamade, 2001). Essa aquisição de conhecimento tecnológico de fontes externas é considerada fundamental para a busca de vantagem competitiva (Sherwoo & Covin, 2008).

Tais conexões afetam não apenas a eficiência produtiva da empresa (permitindo-lhe especializar-se mais plenamente), mas também a difusão de tecnologia. A importância de vínculos extra mercado para promover o crescimento da produtividade é reconhecida na literatura de países desenvolvidos.

Metodologia

Procedimento metodológico

O objetivo deste estudo é analisar os processos de aprendizagem para a acumulação de capacidade tecnológica. A amostra do estudo foi composta por 44 empresas do setor de bens de capital com mais de 20 anos de atuação no mercado e pelo menos 50 funcionários, das quais 79,5% eram pequenas e médias empresas e 20,5% eram grandes empresas.

As empresas foram selecionadas e classificadas em quatro subsetores de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0): CNAE 28.1 – Fabricação de motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão; fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral; CNAE 28.4 – Fabricação de máquinas-ferramenta; e CNAE 28.6 – Fabricação de máquinas e equipamentos para uso industrial específico. A seleção desses subsetores justifica-se por sua representatividade na Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), correspondendo a aproximadamente 70%.

A região Sudeste foi selecionada, em particular o estado de São Paulo, por concentrar a maioria das empresas do setor, representando entre 55% e 80% da produção nacional — dependendo do subsetor —, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O estado de São Paulo, especificamente, responde por uma parcela entre 60% e 85% da produção da região Sudeste.

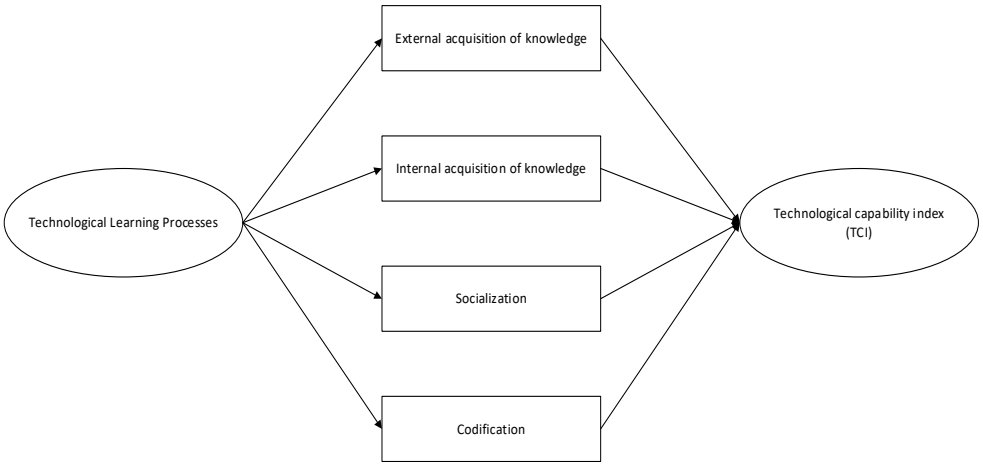
Este trabalho utilizou diversas fontes de evidência. Como instrumento de coleta de dados, empregou-se um roteiro de entrevistas subdividido em duas partes: a primeira visava compor o Índice de Capacidade Tecnológica, e a segunda compreendia questões voltadas à análise dos processos de aprendizado tecnológico apresentados pelas empresas. As entrevistas contaram com 52 pessoas entre diretores, gerentes e técnicos das respectivas áreas de interesse. Entre as empresas, oito tiveram mais de um respondente para obter informações completas. Também utilizamos a análise documental, que abrange relatórios e registros organizados em um banco de dados. Dessa forma, a hipótese proposta neste artigo é: todas as variáveis que compõem os processos estão positivamente correlacionadas ao processo de acumulação de capacidade tecnológica em empresas estabelecidas.

Como já apontado em Figueiredo (2001), os quatro tipos de processos de aprendizagem apresentados na Figura 1 contêm diferentes mecanismos que influenciam a trajetória de acumulação tecnológica das empresas.

Dessa forma, este trabalho propõe uma estrutura de pesquisa na qual esses quatro tipos de processos de aprendizagem desempenham um papel importante na promoção da capacidade tecnológica de empresas estabelecidas. A Figura 2 apresenta a estrutura analítica deste estudo.

Figura 2

Estrutura da pesquisa



Nota. Os próprios autores

processo de aprendizagem tecnológica, aquisição externa do conhecimento, aquisição interna do conhecimento, socialização, codificação e índice de capacidade tecnológica.

Variáveis

Para analisar a contribuição dos processos de aprendizagem para o acúmulo de capacidade tecnológica, utilizou-se um Índice de Capacidade Tecnológica (ICT) baseado nas variantes da taxonomia de Lall (1992). Segundo Molina-Domene e Pietrobelli (2012), a taxonomia de capacidades tecnológicas de Lall tem sido utilizada com sucesso em estudos de caso para avaliar níveis de desenvolvimento tecnológico em nível de empresa em países em desenvolvimento (Lall, 1992; Romijn, 1997). Esse índice tem sido amplamente adotado para operacionalizar a capacidade tecnológica em nível de empresa, com destaque para os estudos de Molina-Domene e Pietrobelli (2012) e Romijn (1997). Para compor o índice, as variáveis medidas foram agrupadas em engenharia de processos, engenharia de produtos, engenharia de qualidade e desenvolvimento de vínculos Este índice tem sido amplamente adotado para operacionalizar a capacidade tecnológica em nível de empresa, com destaque para os estudos de Molina-Domene e Pietrobelli (2012) e Romijn (1997) externos. Capturando os diferentes níveis de competência (baixo, médio e alto), conforme mostrado no Apêndice A, utilizamos variáveis categóricas 0 (nenhuma), 1 (ad hoc) e 2 (sistemática).

Cada empresa recebeu uma pontuação com base em seu nível de competência. A pontuação máxima de 38 pontos para a capacidade — considerando um total de 19 variáveis — pode ser obtida somando-se os valores máximos do grau de competência apresentados em cada função. Os resultados foram então normalizados entre 0 e 1 para fornecer o ICT. A tabela apresentada no Apêndice B mostra a distribuição das frequências das pontuações do TCI para as 44 empresas investigadas.

Para avaliar a contribuição dos processos de aprendizagem para o processo de acumulação de capacidade tecnológica, adotou-se como medida a intensidade com que esses processos ocorrem nas empresas. A intensidade é entendida como a frequência com que os processos de aprendizagem são criados, atualizados, utilizados e aperfeiçoados ao longo do tempo.

Segundo Figueiredo (2001, 2009), processos de aprendizagem esporádicos provavelmente não levarão a uma aquisição eficaz de conhecimento ou à sua incorporação no plano organizacional. Com o tempo, certas práticas podem ser rotinizadas e passar a fazer parte da rotina diária da empresa. Nesse sentido, a intensidade é importante porque pode garantir um fluxo constante de conhecimento externo para a empresa e assegurar a conversão contínua do aprendizado individual em aprendizado organizacional. Em outras palavras, o funcionamento do sistema de aprendizagem pode ter consequências práticas para a trajetória de acumulação de competência tecnológica da empresa e, consequentemente, para o índice de melhoria do desempenho operacional ao longo do tempo.

As medidas de intensidade adotadas para este estudo foram adaptadas de Figueiredo (2001, 2009) e compreendem quatro indicadores, a saber: (0) ausência de mecanismo; (1) raro; (2) intermitente; e (3) contínuo.

Resultados e discussões

Esta seção apresenta os resultados da análise realizada no software estatístico R, versão 3.5.1. Para analisar a contribuição das variáveis que compõem os quatro tipos de processos de aprendizagem para o acúmulo de

capacidade tecnológica, utilizaram-se a análise de correspondência e a regressão linear múltipla com seleção de variáveis pelo método *stepwise*.

As premissas do modelo foram examinadas, incluindo normalidade, linearidade e multicolinearidade. Para diagnosticar possíveis problemas de multicolinearidade, o Índice de Tolerância e o Fator de Inflação da Variância (VIF) foram calculados para cada variável. Os dados coletados foram submetidos a um teste de confiabilidade utilizando o coeficiente alfa de Cronbach, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1

Confiabilidade das escalas utilizadas

Processos de aprendizagem	Tolerância	VIF	Alfa de Cronbach
Aquisição de conhecimento externo	0,604–0,898	1,14–1,656	0,717
Aquisição de conhecimento interno	0,369–0,790	1,266–2,709	0,711
Socialização do conhecimento	0,732–0,846	1,182–1,366	0,763
Codificação do conhecimento	0,709–0,874	1,144–1,409	0,669

Nota. Elaboração própria dos autores.

Os valores de tolerância e VIF situam-se dentro dos limites aceitáveis, segundo Hair et al. (2009), indicando a ausência de multicolinearidade. Além disso, os valores do alfa de Cronbach são considerados aceitáveis, uma vez que superam 0,60, em conformidade com os critérios sugeridos por Field (2013). O objetivo da análise de correspondência é explorar relações entre variáveis qualitativas (ou dados categóricos). Ela permite resumir e visualizar mais facilmente conjuntos de dados por meio de gráficos bidimensionais. A regressão múltipla, também utilizada neste trabalho, visa compreender melhor a relação entre variáveis independentes e uma variável dependente (ou critério).

Processos de aquisição externa de conhecimento

Conforme já apresentado, a principal característica adotada para analisar os processos de aprendizagem envolve a intensidade com que os mecanismos ocorrem na organização. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2

Frequência das variáveis – Mecanismos de aprendizagem para o processo de aquisição de conhecimento externo

Mecanismos de aprendizagem	Ausente	Raro	Intermitente	Contínuo
EK1- Especialistas (consultores técnicos)	9%	25%	25%	41%
EK2 - Treinamentos externos para manter os funcionários atualizados	7%	32%	30%	32%
EK3 -Treinamento no exterior	48%	18%	7%	27%
EK4 – Participação em conferencias no Brasil	9%	20%	18%	52%
EK5 - Participação em conferencias no exterior	50%	18%	14%	18%
EK6 - Concessão de bolsa de estudos	23%	18%	20%	39%
EK7 - Acesso/uso da infraestrutura educacional da região	25%	11%	34%	30%
EK8 - Interação com o cliente	0%	0%	14%	86%
EK9 - Interação com fornecedores	0%	0%	16%	84%
EK10 - Contatos para Pesquisa Científica	52%	36%	9%	2%

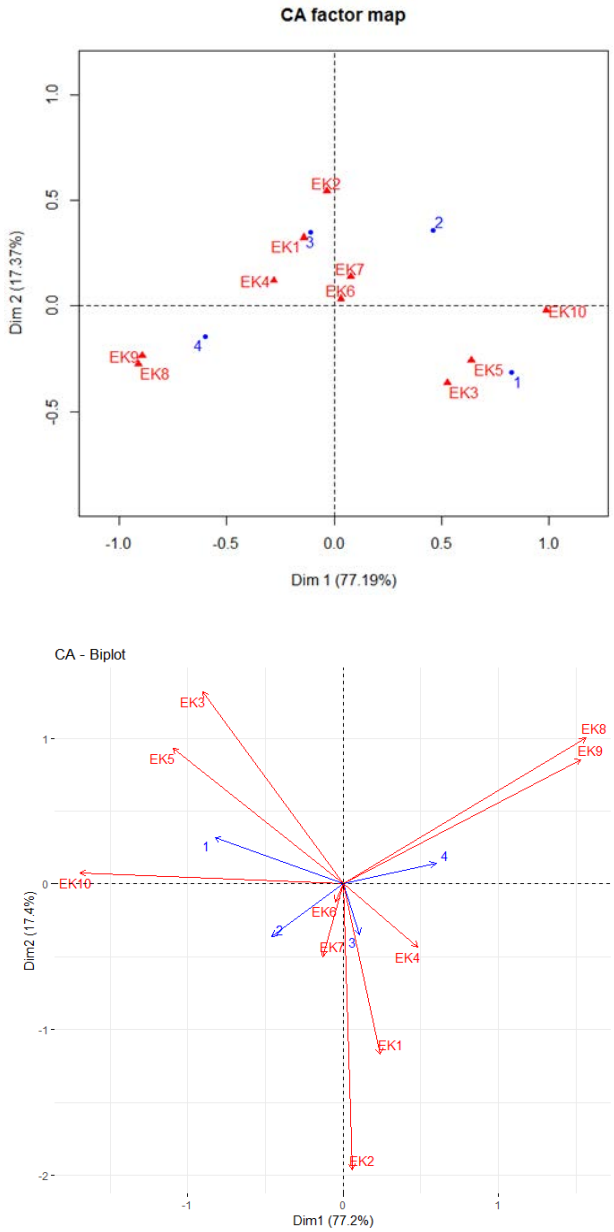
Nota. Os próprios autores

O primeiro passo na análise de correspondência é observar o valor do qui-quadrado — que indica a associação entre as variáveis de linha e coluna — e o p-valor referente à significância estatística. Para esse tipo de processo, o valor de qui-quadrado é elevado, indicando uma correspondência forte e significativa entre as variáveis de linha e coluna. Além disso, examinam-se os autovalores para determinar o número de eixos a serem considerados; o autovalor reflete a quantidade de informação retida por cada eixo. As dimensões são organizadas em ordem decrescente e catalogadas de acordo com a quantidade de variância explicada. A Dimensão 1 explica a maior parte da variância na solução, seguida pela Dimensão 2.

Para este trabalho, considera-se adequada uma variância de 80% ou mais; em todos os casos, foram utilizadas duas dimensões. A Figura 3 apresenta o gráfico simétrico (a), uma maneira simples de visualizar a medida de semelhança (ou dissimilaridade) entre linhas e colunas. No gráfico, as colunas são representadas pelas variáveis e a linha pelos números (siglas de medidas de intensidade). Pontos com características semelhantes aparecem próximos no mapa fatorial; o mesmo ocorre com os pontos das colunas.

Figura 3

a) Mapa de CA e (b) biplot de variáveis de conhecimento externo



Nota. Os próprios autores

EK1 – Especialistas (consultores técnicos), EK2 – Treinamentos externos para atualização dos funcionários e EK4 – Participação em conferências no Brasil apresentam semelhança com o padrão intermitente (3) no conjunto de dados. Por outro lado, EK5 – Participação em conferências no exterior e EK3 – Treinamento no exterior estão ausentes (1). O biplot (b) mostra que EK8-Interação com o cliente tem uma contribuição importante para o polo positivo da primeira dimensão enquanto EK3-Treinamento no Exterior e EK5-Participação em conferências no exterior têm uma contribuição negativa na primeira dimensão. A dimensão 2 é definida principalmente pelos treinamentos EK2-Externos para manter os colaboradores atualizados. Também é possível extrair deste gráfico o grau de associação entre as variáveis, se o ângulo entre duas setas for agudo, então existe uma forte associação entre a linha e a coluna correspondentes como EK1-Especialistas (consultores técnicos) e EK4-Participação em conferências no Brasil.

Tabela 3

*Apresenta a regressão múltipla após o procedimento *stepwise* para a seleção das variáveis significativas.*
Regressão múltipla de conhecimento externo

Min	1Q	Media	3Q	Max
-0.30355	-0.12026	0.01402	0.10884	0.40478
Estimativa		Erro Padrão	valor t	Pr(>|t|)
(Intercepta)	0.85668	0.19136	4.477	7.01e-05 ***
EK3	0.04768	0.02953	1.615	0.11491
EK5	0.04519	0.02557	1.767	0.08540.
EK6	0.03508	0.02366	1.483	0.14666
EK7	0.08402	0.02503	3.357	0.00183 **
EK9	-0.21945	0.07127	-3.079	0.00390 **
EK10	0.09653	0.03949	2.445	0.01938 *
Códigos de significância: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Erro padrão residual: 0,1598 com 37 graus de liberdade				
R-quadrado múltiplo: 0,6967, R-quadrado ajustado: 0,6475				
Estatística F: 14,17 com 6 e 37 graus de liberdade, p-valor: 2,636e-08				

Nota. Os próprios autores

A estatística F e o p-valor associado de 2,636e-08 indicam que este modelo é fortemente significativo; isto é, uma das variáveis preditoras está significativamente relacionada à variável de desfecho, TCI. As variáveis EK7 – Acesso/uso da infraestrutura educacional da região (0,00183), EK9 – Interação com fornecedores (0,00390) e EK10 – Contatos para pesquisa científica (0,01938) são significativas aos níveis de significância de 0,1, 0,1 e 0,05, respectivamente, para o processo de aquisição externa de conhecimento. Este modelo explica 64,75% da variância na variável de resultado e o erro padrão residual é de 0,1598, o que significa uma boa precisão deste modelo.

No entanto, é importante destacar, segundo Adam (2023), que as pequenas e médias empresas (PMEs) enfrentam limitações em suas capacidades de inovação devido a dificuldades de acesso e aproveitamento de conhecimento proveniente de diversas fontes externas. Nesse sentido, o conhecimento externo representa um recurso estratégico essencial para melhorar o desempenho, desenvolver inovações e aumentar a competitividade. No entanto, a diversidade limitada de fontes de conhecimento pode restringir essas capacidades, evidenciando a necessidade de uma maior exploração de fontes externas de conhecimento e de políticas que incentivem o desenvolvimento da inovação nas PMEs.

Processos de aquisição interna de conhecimento

Quanto aos processos de aquisição de conhecimento interno, os resultados observados sobre a intensidade com que esses mecanismos ocorrem na organização são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4

Mecanismos de aprendizagem para o processo de aquisição de conhecimento interno

Mecanismos de aprendizagem	Ausente	Raro	Intermitente	Contínuo
IK1 - treinamento em técnicas de produção e processos	18%	18%	30%	35%
IK2 - Atividades de P&D	13%	28%	30%	30%
IK3 - Treinamento interno em TQM e sistema de gestão da qualidade	25%	15%	25%	35%
IK4 - Formação de grupos QCC – Círculo de Controle de Qualidade	45%	25%	10%	20%
IK5 - Treinamento em Software de Projeto e Processos	20%	20%	30%	30%
IK6 - Estudos para aumentar a capacidade de produção	25%	23%	20%	33%
IK7 - Engenharia Reversa de Produtos	40%	18%	23%	20%

Nota. Elaboração própria dos autores.

O valor de qui-quadrado na Tabela 5 é 27,05, indicando uma correspondência fraca entre as variáveis, e o valor-p de 0,07 (> 0,05) não é significativo.

Tabela 5

Autovalor e significância estatística para o conhecimento interno

	Dim.1	**Dim.2**	**Dim.3**
Variância	0.070	0.011	0.007
% da Variância	79.233	12.374	8.394
% Acumulado da Variância	79.233	91.606	100.000
χ^2		27.057	
valor P		0.07792	

Nota. Os próprios autores

Para esta análise, duas dimensões também foram suficientes. As variáveis IK1 (treinamento interno em técnicas de produção e processos), IK5 (treinamento em softwares de projetos e processos) e IK3 (treinamento interno em TQM e sistemas de qualidade) apresentam semelhança com a categoria “contínuo” (4) no conjunto de dados, enquanto a variável IK6 (estudos para aumento da capacidade produtiva) assemelha-se à categoria “raro” (2). O biplot (b) mostra que IK1 (treinamento interno em técnicas de produção e processos) e IK5 (treinamento em softwares de projetos e processos) estão altamente correlacionados. O mesmo ocorre com IK2 (atividades de P&D) e IK6 (estudos para aumentar a capacidade produtiva).

O treinamento interno e o sistema de qualidade (IK3-TQM) parecem ser a variável mais importante para a contribuição ao polo positivo da primeira dimensão, enquanto a engenharia reversa de produtos (IK7) contribui para o polo negativo. A segunda dimensão é definida pela formação de grupos de CCQ (IK4) e pelas atividades de P&D (IK2), nos polos negativo e positivo, respectivamente.

É possível observar o modelo de regressão múltipla criado após o procedimento *stepwise* na Tabela 6.

Tabela 6

Regressão múltipla do conhecimento interno

Min	1Q	Media	3Q	Max
-0,185824	-0,05088	-0,009313	0,070469	0,177152
Estimativa		Erro Padrão	valor t	Pr(>|t|)
(Intercepta)	-0,04494	0,04795	-0,937	0,35468
IK1	0,05652	0,01804	3,133	0,00338 **
IK2	0,0816	0,01676	4,868	2,12e-05 ***
IK3	0,04289	0,01993	2,152	0,03802 *
IK4	0,03105	0,01928	1,61	0,11581
IK5	0,0723	0,0158	4,575	5,20e-05 ***
IK6	0,08052	0,01498	5,374	4,42e-06 ***
Códigos de significância: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1				
Erro padrão residual: 0,09471 com 37 graus de liberdade				
R-quadrado múltiplo: 0,8934, R-quadrado ajustado: 0,8761				
Estatística F: 51,68 com 6 e 37 graus de liberdade, p-valor: < 2,2e-16				

Nota. – Os próprios autores

A estatística F e o p-valor associado de 2,2e-16 indicam que este modelo é altamente significativo em relação à variável de desfecho, TCI. Quase todas as variáveis utilizadas para explicar a aquisição interna de conhecimento são significativas, com exceção de IK4 (Formação de grupos CCQ). O modelo explica 89,34% da variância da variável de desfecho, e o erro padrão residual é de 0,8934, o que reflete uma boa precisão do modelo, correspondendo a uma taxa de erro de 15%.

Processos de socialização do conhecimento

Quanto aos processos internos de aquisição de conhecimento, a intensidade com que esses mecanismos ocorrem na organização é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7

Mecanismos de aprendizagem para o processo de socialização do conhecimento

Mecanismos de aprendizagem	Ausente	Raro	Intermitente	Contínuo
SO 1 - Disseminação de práticas interativas para a resolução de problemas	8%	25%	23%	45%
SO 2 - Disseminação de treinamento recebido externamente	13%	33%	25%	30%
SO 3 - Constituição de equipes para o tratamento de anomalias	25%	23%	15%	38%
SO 4 - Auditorias de Processo e Produto	35%	3%	23%	40%
SO 5 - Sistema de Diagnóstico de Trabalho Operacional	35%	23%	20%	23%
SO 6 - Contratação e desenvolvimento de engenheiros trainees	45%	18%	20%	18%
SO 7 - Treinamento no local de trabalho	15%	18%	23%	45%
SO 8 - Sistema de Sugestão de Melhorias	20%	23%	25%	33%
SO 9 - Implementação de sugestões	23%	28%	20%	30%

Nota. Elaboração própria dos autores

O valor-p na Tabela 8 é de 0,0027, indicando significância das variáveis para esse processo de conhecimento. Observa-se uma boa correspondência entre as variáveis, com um valor de qui-quadrado de 47,7224. As duas dimensões explicam 95% da variância.

Tabela 8

Autovalor e significância estatística para a socialização do conhecimento

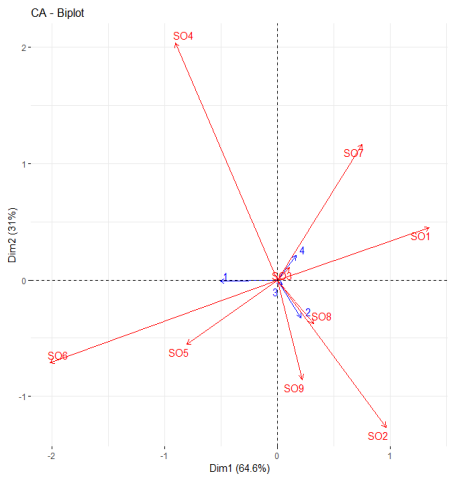
	Dim.1	Dim.2	Dim.3
Variação	0,078	0.037	0.005
% de Variação	64,560	31.050	4.390
C% Acumulado da Variância.	64,560	95.610	100.000
χ^2	47,72243		
valor P	0,002731542		

Nota. Os próprios autores

Na Figura 4, é possível observar que as variáveis SO8 (Sugestões do sistema para melhorias) e SO9 (Implementação de sugestões) apresentam semelhança com a categoria “intermitente” (3) no conjunto de dados, enquanto SO1 (Disseminação de práticas) e SO7 (Treinamento no posto de trabalho) mostram semelhança com a categoria “contínuo” (4). O biplot (b) revela uma alta correlação entre SO2 (Disseminação de treinamentos recebidos externamente) e SO9 (Implementação de sugestões); o mesmo ocorre com SO1 (Disseminação de práticas) e SO7 (Treinamento no posto de trabalho).

Figura 4

(a) mapa CA e (b) biplot de variáveis de socialização do conhecimento



Nota; os próprios autores

A variável SO4 (Auditoria de processos e produtos) é a que mais contribui para o polo negativo na primeira dimensão. A dimensão 2 é definida pelas variáveis SO6 (Contagem e desenvolvimento de engenheiros em treinamento) e SO2 (Disseminação de treinamentos recebidos externamente), correspondendo aos polos negativo e positivo, respectivamente.

A Tabela 9, que apresenta o modelo de regressão múltipla obtido após a seleção de variáveis pelo método *stepwise*, mostra a estatística F e o valor-p associado de 3,138e-15, indicando que esse modelo é altamente significativo em relação à variável de desfecho, TCI.

Tabela 9

Regressão múltipla da socialização do conhecimento

Min	**1Q**	**Media**	**3Q**	**Max**
-0,1893	**-0,06198**	**0,001941**	**0,06512**	**0,20652**
Estimativa		Erro padrão	Valor t	Pr(>|t|)
(Intercepta)	0,05122	0,04373	1,171	0,24892
SO2	0,0619	0,01733	3,571	0,00101 **
SO4	0,03111	0,01647	1,889	0,06676,
SO5	0,06025	0,01829	3,295	0,00218 **
SO6	0,04356	0,01681	2,592	0,01358 *
SO7	0,09202	0,01848	4,98	1,5e-05 ***
SO8	0,03008	0,0145	2,075	0,04501 *
Códigos de significância: 0 ‘***’ 0,001 ‘**’ 0,01 ‘*’ 0,05 ‘.’ 0,1 ‘ ’ 1				
Erro padrão residual: 0,1026 com 37 graus de liberdade				
R-quadrado múltiplo: 0,8748, R-quadrado ajustado: 0,8545				
Estatística F: 43,09 com 6 e 37 graus de liberdade, p-valor: 3,138e-15				

Nota. Os próprios autores

Todas as variáveis selecionadas para explicar os processos de socialização são significativas, apresentando diferentes níveis de significância. Este modelo explica 87,48% da variância da variável de desfecho, e o erro padrão residual é de 0,1026 — indicando uma boa precisão do modelo, correspondente a uma taxa de erro de 17%.

Processos de codificação do conhecimento

A extensão em que ocorrem mecanismos internos de aquisição de conhecimento na organização é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10

Mecanismos de aprendizagem para o processo de codificação de conhecimento

Mecanismos de aprendizagem	**Ausente**	**Raro**	**Intermitente**	**Contínuo**
CO 1 - Padronização de atividades e processos	3%	10%	25%	63%
CO 2 - Relatórios de assistência técnica	5%	3%	10%	83%
CO 3 - Relatórios de Análise de Anomalias	13%	13%	18%	58%
CO 4 - Relatório de Auditoria Interna de Processos e Produtos	28%	13%	8%	53%
CO 5 - Elaboração de procedimentos técnicos	5%	10%	30%	55%
CO 6 - Procedimentos operacionais padrão	5%	10%	20%	65%
CO 7 - Consulta a produtos e manuais de concorrentes	18%	13%	25%	45%
CO 8 - Normas Industriais	0%	8%	18%	75%

Nota. Elaboração própria dos autores.

O valor de qui-quadrado na Tabela 11 é 76,874, indicando uma forte correlação entre as variáveis, e o valor-p (2,6704E-08) é significativamente inferior a 0,05. Conclui-se que se trata de uma boa análise. As duas dimensões explicam 97% da variância.

Tabela 11

Autovalor e significância estatística para a codificação do conhecimento

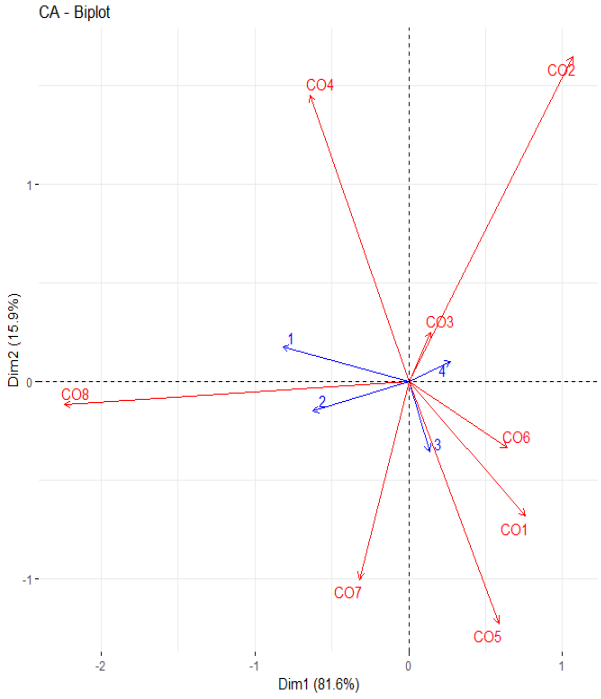
	Dim,1	**Dim.2**	**Dim.3**
Variação	0,178	0.035	0.006
% de Variação	81,611	15.851	2.538
C% Acumulado da Variância.	81,611	97.462	100.000
X^2		76,87409	
valor P		2,6704E-08	

Nota. Os próprios autores

Na Figura 5, é possível observar que as variáveis CO1 (Padronização de atividades e processos), CO3 (Relatórios de análise de anomalias), CO4 (Auditoria interna de processo e produto) e CO6 (Procedimentos operacionais padrão) apresentam semelhança entre si e com a variável “contínuo” (4) no conjunto de dados, enquanto as variáveis CO5 (Elaboração de procedimentos técnicos) e CO7 (Consulta a produtos e manuais de concorrentes) assemelham-se à variável “intermitente” (3).

Figura 5 –

(a) Mapa de AC e (b) biplot das variáveis de codificação do conhecimento

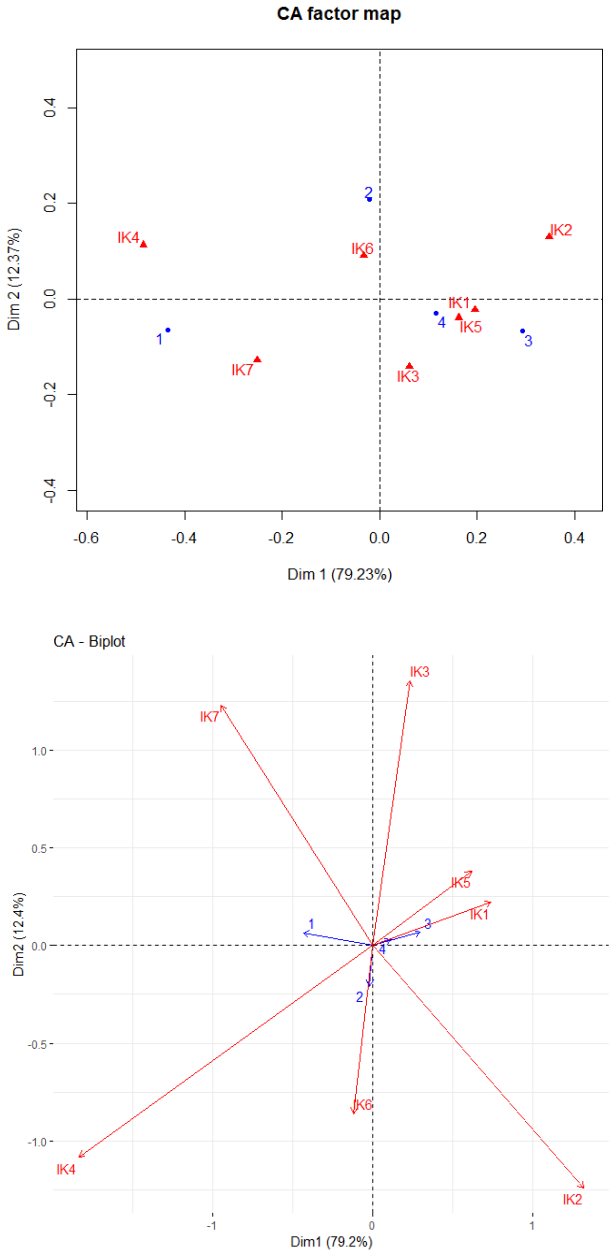


Nota. Os próprios autores

O biplot (b) na Figura 6 mostra que CO1 (Padronização de atividades e processos) e CO6 (Procedimentos operacionais padrão) estão correlacionados.

Figura 6

(a) Mapa de AC e (b) biplot das variáveis de conhecimento interno



Nota. Os próprios autores

Visto que os relatórios de assistência técnica (CO2) e os relatórios de análise de anomalias (CO3) apresentam forte correlação, os relatórios de assistência técnica (CO2) parecem ser a variável de maior contribuição para o polo positivo da primeira dimensão, enquanto a auditoria interna de processos e produtos (CO4) contribui para o polo negativo. Na segunda dimensão, a maior contribuição para o polo positivo provém da elaboração de procedimentos técnicos (CO5), e para o polo negativo, das normas industriais (CO8).

A Tabela 12, referente ao modelo de regressão múltipla com variáveis selecionadas, apresenta a estatística F e o p-valor associado de 2,761e-09, indicando que o modelo é altamente significativo em relação à variável de desfecho, TCI.

Tabela 12

Regressão múltipla da codificação do conhecimento

A	**1Q**	**Media**	**3Q**	**Max**
-0,26129	-0,10877	-0,01744	0,11709	0,33838
Estimativa		Erro padrão	Valor t	Pr(>|t|)
(Intercepta)	-0,16903	0,09468	-1,785	0,081996,
CO1	0,09301	0,04727	1,968	0,056239,
CO5	0,11211	0,03421	3,277	0,002210 **
CO6	0,0642	0,03928	1,634	0,110252
CO8	0,08133	0,02242	3,628	0,000818 ***
Códigos de significância: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				
Erro padrão residual: 0,1592 com 39 graus de liberdade				
R-quadrado múltiplo: 0,6824, R-quadrado ajustado: 0,6499				
Estatística F: 20,95 com 4 e 39 graus de liberdade, p-valor: 2,761e-09				

Nota. Os próprios autores

Quase todas as variáveis selecionadas para explicar os processos de codificação são significativas, em diferentes níveis, exceto a CO6 (Procedimentos Operacionais Padrão). Este modelo explica 68,24% da variância da variável de resultado, e o erro padrão residual é de 0,1592 — indicando uma boa precisão do modelo, correspondente a uma taxa de erro de 26%, apesar de o valor do R-quadrado não ser muito elevado.

Os resultados deste estudo reforçam as evidências de que o aprendizado é um dos principais determinantes das capacidades tecnológicas das empresas. Empresas que institucionalizam processos de aprendizado contínuo apresentam maior capacidade adaptativa e inovadora, corroborando a importância da continuidade dos mecanismos de aprendizado observada neste estudo.

Quanto à aquisição de conhecimento externo, os resultados revelam uma contribuição limitada dos mecanismos de aquisição de conhecimento externo para o acúmulo de capacidades tecnológicas. Este resultado sugere que as empresas investigadas mantêm interação limitada com fontes externas de conhecimento, como universidades, centros de pesquisa, fornecedores, clientes, concorrentes e outras organizações do ecossistema de inovação. Consequentemente, o aprendizado tecnológico tende a permanecer predominantemente baseado em fontes internas, restringindo o acesso a novos conhecimentos, particularmente ao conhecimento tácito e àquele que envolve níveis mais elevados de complexidade tecnológica.

Segundo Tu et al. (2006) e Liao et al. (2010), o uso limitado de mecanismos de aquisição de conhecimento externo indica restrições à capacidade das empresas de acessar conhecimento tecnológico mais avançado. Esses autores enfatizam que aprender com clientes, fornecedores, universidades e outras organizações é essencial para aprimorar a capacidade das empresas de assimilar e transformar conhecimento em capacidades de inovação.

Essa evidência é consistente com a literatura recente, conforme relatado por Pinto et al. (2023), que reconhece a aquisição de conhecimento externo como um dos principais antecedentes da inovação e da renovação das capacidades tecnológicas. Estudos de revisão mostram que empresas inovadoras combinam sistematicamente conhecimento interno e externo, utilizando redes de colaboração, alianças estratégicas, universidades, institutos de pesquisa e fornecedores como fontes complementares de conhecimento para o desenvolvimento tecnológico.

Da mesma forma, García-Vega e Vicente-Chirivella (2024) demonstram que o uso limitado de mecanismos de aquisição de conhecimento externo pode reduzir as oportunidades das empresas de acessar conhecimento científico e tecnológico gerado por universidades e institutos de pesquisa, limitando, assim, seu potencial de inovação.

No que diz respeito à aquisição de conhecimento interno, este estudo identificou a maior diversidade de mecanismos de aprendizagem, embora a sua intensidade tenha permanecido baixa, indicando que os processos de aprendizagem contínua ainda não foram plenamente internalizados. A predominância de mecanismos internos de aquisição de conhecimento observada neste estudo é consistente com Figueiredo (2002), que identifica esses mecanismos como fundamentais para o desenvolvimento inicial de capacidades tecnológicas. No entanto, a baixa intensidade com que essas atividades são realizadas sugere que o aprendizado ainda ocorre de maneira descontínua, limitando, assim, o ritmo de acumulação de capacidades tecnológicas. Embora Figueiredo (2002) considere os mecanismos internos essenciais para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas, a contribuição relativamente elevada desses mecanismos no presente estudo não foi suficiente para promover o aprendizado contínuo, o que indica que a mera existência de tais mecanismos não garante a sua eficácia.

Da mesma forma, Tacla e Figueiredo (2006) mostram que empresas que desenvolvem rotinas contínuas de treinamento, atividades de engenharia e resolução de problemas conseguem progredir mais rapidamente em direção a capacidades tecnológicas inovadoras.

No que diz respeito aos processos de socialização do conhecimento, os resultados indicam uma utilização limitada de mecanismos voltados para a aprendizagem coletiva. Embora o treinamento no local de trabalho seja relativamente mais frequente, práticas colaborativas — como equipes de resolução de problemas e sistemas de sugestões dos funcionários para a melhoria contínua — são raramente adotadas. Esses achados sugerem que as organizações priorizam formas individuais de aprendizagem em detrimento de mecanismos que promovam a construção coletiva do conhecimento.

Estudos empíricos demonstraram que práticas como o trabalho em equipe, a resolução colaborativa de problemas e a participação dos colaboradores constituem importantes mecanismos de socialização do conhecimento, promovendo a aprendizagem organizacional e melhorando o desempenho organizacional.

Yuen e Lam (2024) demonstram o papel fundamental do compartilhamento de conhecimento nas empresas para o aprimoramento do desempenho da capacidade de inovação. O uso limitado desses mecanismos pode restringir a disseminação de conhecimento tácito entre os colaboradores e limitar o desenvolvimento de capacidades organizacionais.

Um padrão semelhante é observado em relação à codificação do conhecimento, corroborando as conclusões de Figueiredo (2002). A codificação do conhecimento representa um dos quatro pilares do aprendizado tecnológico. Empresas que documentam sistematicamente procedimentos, experiências e soluções acumulam conhecimento mais rapidamente, pois reduzem as perdas de conhecimento associadas à rotatividade de funcionários e facilitam a aprendizagem organizacional, apoiando, assim, o acúmulo de capacidades tecnológicas.

Esses resultados também podem ser interpretados à luz de Zollo e Winter (2002), que identificam a codificação do conhecimento como um dos principais mecanismos de aprendizagem organizacional. Segundo esses autores, a documentação sistemática de experiências, procedimentos e rotinas preserva o conhecimento organizacional, reduz a dependência do conhecimento individual e apoia a evolução das capacidades organizacionais. Portanto, a baixa frequência de mecanismos de codificação do conhecimento observada neste estudo pode limitar a retenção e a disseminação do conhecimento, restringindo, em última análise, o acúmulo de capacidades tecnológicas.

Embora os mecanismos internos de aquisição de conhecimento tenham dado a maior contribuição para a capacidade tecnológica, os resultados sugerem que a baixa intensidade dos mecanismos de aquisição externa, socialização e codificação do conhecimento pode reduzir a eficácia global do processo de aprendizagem tecnológica, uma vez que esses mecanismos operam de forma complementar no acúmulo de capacidades tecnológicas (Bell & Pavitt, 1995; Figueiredo, 2002).

Conclusão

Ao considerar os diferentes tipos de aprendizado, observa-se que, embora os mecanismos analisados estejam presentes, eles apresentam níveis variados de intensidade e contribuição para explicar o Índice de Capacidade Tecnológica (ICT). Identificar essas particularidades é fundamental, pois elas refletem diferenças no acúmulo de competências tecnológicas adquiridas pelas empresas ao longo do tempo.

A maior diversidade de mecanismos que contribuem para o TCI é observada nos processos internos de aquisição de conhecimento, indicando que as empresas da amostra enfatizam o controle sobre suas rotinas de produção e processos por meio de iniciativas voltadas para o aumento da capacidade produtiva, o treinamento em técnicas de produção e processos e a implementação de sistemas de qualidade. No entanto, as frequências observadas para esses mecanismos ainda são consideradas baixas. Atividades contínuas são verificadas em apenas cerca de um terço das empresas. No entanto, é importante destacar que a presença desses mecanismos desenvolve competências necessárias para a operação de tecnologias existentes e para a exploração de novas tecnologias.

No que diz respeito aos processos de aquisição de conhecimento externo, a contribuição limitada de alguns mecanismos de aprendizagem reflete a baixa interação das empresas investigadas com o ambiente externo para a aquisição de novos conhecimentos, particularmente o conhecimento tácito. A baixa contribuição de diversos mecanismos de aprendizagem externa indica um foco maior em mercados locais, onde a demanda por tecnologias avançadas é menor, e um menor engajamento com mercados internacionais.

No que diz respeito aos processos de socialização do conhecimento, observa-se também uma baixa adesão aos mecanismos de aprendizagem. O compartilhamento de conhecimento por meio de atividades em grupo é mínimo, com ênfase concentrada principalmente no treinamento em serviço. Mecanismos importantes para o compartilhamento de conhecimento — como a formação de equipes para tratar de anomalias e sistemas de sugestão de melhorias — ocorrem com baixa frequência.

Um padrão semelhante é observado em relação aos processos de codificação do conhecimento. Dá-se ênfase à manutenção de processos e ao desenvolvimento de procedimentos técnicos, considerados essenciais para as empresas deste setor. A ausência de outros mecanismos de aprendizagem — como a consulta a produtos e manuais de concorrentes, relatórios de análise de anomalias e documentação de assistência técnica — dificulta o acúmulo de novas combinações de conhecimento codificado. É importante ressaltar que promover processos tanto de socialização quanto de codificação do conhecimento é fundamental para converter o conhecimento individual em conhecimento organizacional.

A literatura, como visto, sugere que as atividades, quando contínuas, possibilitam a criação, a atualização e o aprimoramento de processos de aprendizagem ao longo do tempo; garantem um fluxo constante de conhecimento externo para a empresa; proporcionam uma melhor compreensão da tecnologia adquirida e dos princípios inerentes aos processos de aquisição de conhecimento interno; e asseguram a conversão constante da aprendizagem individual em aprendizagem organizacional. A gestão eficaz de diversos mecanismos de aprendizagem tecnológica é crucial, pois impacta a maneira e a velocidade com que uma empresa acumula suas capacidades tecnológicas ao longo de sua trajetória. O compromisso de uma empresa com a aprendizagem organizacional e a gestão do conhecimento pode promover sua capacidade tecnológica.

De modo geral, os resultados indicam a necessidade de reconhecer e desenvolver instrumentos de política pública voltados para os fundamentos dos processos de inovação — especificamente a capacidade de inovação — por meio do incentivo a mecanismos de aprendizagem. Ao serem formuladas, tais políticas devem levar em conta a heterogeneidade das empresas e suas especificidades organizacionais; caso contrário, é provável que apresentem eficácia limitada.

Por outro lado, também é necessário um maior esforço por parte das empresas para compreender melhor o desenvolvimento de mecanismos de aprendizagem. Tanto aqueles relacionados à aquisição de conhecimento (externa e interna) quanto os associados à conversão de conhecimento (socialização e codificação) devem receber igual ênfase por parte das empresas. Resultados eficazes isolados em apenas uma dimensão do conhecimento não serão suficientes para o acúmulo das capacidades tecnológicas necessárias para alcançar um nível mais elevado de desenvolvimento tecnológico e competitividade, seja nos mercados interno e/ou internacional.

Além disso, a gestão organizacional deve valorizar práticas de compartilhamento de conhecimento e a colaboração entre os membros da organização. Segundo Yildiz et al. (2024), fortalecer uma cultura que incentive a troca de ideias e o aprendizado a partir de fontes externas contribui para ampliar a capacidade de absorção dos colaboradores. Esse processo pode ser fomentado por meio da implementação de equipes multifuncionais, comunidades de prática e plataformas estruturadas de gestão do conhecimento.

Reconhecem-se as limitações deste estudo no que diz respeito ao seu escopo e alcance. Deve-se dar atenção especial à questão da generalizabilidade. Essa limitação não está relacionada apenas ao tamanho da amostra, mas também à heterogeneidade do setor analisado. A amostra caracterizou-se por diferenças em termos de produtos, mercados-alvo, porte das empresas e origem das empresas.

Este estudo limitou-se a uma compreensão parcial do processo de acumulação de capacidades tecnológicas, concentrando-se especificamente nos processos de aprendizagem. A abordagem sobre capacidade tecnológica é abrangente e engloba variáveis adicionais que podem ser incorporadas para complementar as análises e os resultados obtidos.

Investigar as implicações macroeconômicas, de mercado e tecnológicas — tais como políticas industriais, de ciência e tecnologia e educacionais — sobre o acúmulo de capacidades tecnológicas é de fundamental importância para uma compreensão mais profunda do tema. Igualmente importante é a ampliação da análise para abranger dimensões organizacionais, incluindo estratégias adotadas, liderança e padrões tecnológicos.

Em outras palavras, pesquisas futuras devem buscar fornecer explicações mais abrangentes sobre o processo e o acúmulo de capacidades tecnológicas, examinando tanto elementos externos quanto internos das organizações.

Referencias

Adam, N. A., & Alofaysan, H. (2023). External knowledge flows and small and medium-sized enterprises' innovation capabilities enhancement: An empirical investigation. *Sustainability*, *15*(5), 1-14. https://doi.org/10.3390/su15054071

Alzate-Alvarado, A. L., Ribes-Giner, G., & Moya-Clemente, I. (2025). Influence of technological capability, management teams and access to finance on sustainable entrepreneurship over time. *International Entrepreneurship and Management Journal*, *21*(89), 1-30. https://doi.org/10.1007/s11365-025-01106-4

Angelidou, S., Mount, M., & Pondza, K. (2022). Exploring the asymmetric complementarity between external knowledge search and management innovation. *Technovation*, *115*(2), 1-11. https://ideas.repec.org/a/eee/techno/v115y2022ics0166497222000190.html

Baginski, L., Pitassi, C., & Barbosa, J. G. (2017). Technological capability in the Brazilian naval industry: a metric for offshore support vessels. *RAI Revista de Administração e Inovação*, *14*(2), 109-118. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1809203917300323

Bath, G. D. (2001). Knowledge management in organizations: examining the interaction between technologies, techniques, and people. *Journal of Knowledge Management*, *5*(1), 68-75. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13673270110384419/full/html

Bell, M. & Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities. In I. Haque (Ed.). *Trade, Technology and international competitiveness* (pp. 69-100). World Bank.

Benedito, P., Rochina-Barrachina, M. E., & Sanchis, A. (2014). Learning through experience in Research & Development: An empirical analysis with Spanish firms. *Technological Forecasting and Social Change*, *88*(1), 290-305. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162513002679.

Cassiolato, J. E. (2004). *Interação, aprendizado e cooperação tecnológica*. (texto preparado para a RICYT – Red Iberoamericana de Indicadores de Ciência y Tecnología). IE/UFRJ

Egbetokun, A. A., Adeniyi, A. A., Siyanbola, W. O., & Olamade, O. O. (2012). The types and intensity of innovation in developing country SMEs: evidences from a Nigerian subsectoral study. *International Journal of Learning and Intellectual Capital*, *9*(1-2), 98-112. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/35796/

Errico, F., Messeni Petruzzelli, A., Panniello, U., & Scialpi, A. (2024). Source of funding and specialized competences: The impact on the innovative performance of Start-ups. *Journal of Knowledge Management*, *28*(2), 564–589. https://doi.org/10.1108/JKM-11-2022-0928.

Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). Sage Publications.

Figueiredo, P. N. (2001). *Technological Learning and Competitive Performance*. Edward Elgar.

Figueiredo, P. N. (2002). Learning processes features and technological capability-accumulation: explaining inter-firm differences. *Technovation*, *22*(11), 685-698. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497201000682

Figueiredo, P. N. (2003). Learning, capability accumulation and firms' differences: evidence from latecomer steel. *Industrial and Corporate Change*, *12*(3), 607–643. https://academic.oup.com/icc/article-abstract/12/3/607/868736

Figueiredo, P. N. (2009). *Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil*. LTC.

Figueiredo, P. N. (2014). Beyond technological catch-up: An empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil. *Journal of Engineering and Technology Management*,*13*(1),73-102. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0923474813000787

Fuentes-Fernández, R., Sánchez-García, E., Martínez-Falcó, J., & Marco-Lajara, B. (2024). Uncovering external factors that influence the acquisition of knowledge for innovative purposes. *Operational Research*, *24*(3), 1-28. https://doi.org/10.1007/s12351-024-00853-6

García-Sánchez, E., García-Morales, V. J., & Martín-Rojas, R. (2018). Analysis of the influence of the environment, stakeholder integration capability, absorptive capacity, and technological skills on organizational performance through corporate entrepreneurship. *International Entrepreneurship and Management Journal*, *14*(2), 345–377. https://link.springer.com/article/10.1007/s11365-017-0436-9

García-Vega, M., & Vicente-Chirivella, O. (2024). The role of public external knowledge for firm innovativeness. *International Journal of Industrial Organization*, *93*, 1-26. https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2024.103056

Ge, S., & Liu, X. (2022). The role of knowledge creation, absorption and acquisition in determining national competitive advantage. *Technovation*, *112*(1), 1-18. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497221001772

Gertler, M. S. (2003). Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). *Journal of Economic Geography*, *3*(1), 75-99. https://academic.oup.com/joeg/article-abstract/3/1/75/904624

Hair, J., et al. (2009). *Multivariate Data Analysis*. (17th ed.). Prentice Hall.

Hansen, U. E., & Ockwell, D. (2014). Learning and technological capability building in emerging economies: The case of the biomass power equipment industry in Malaysia. *Technovation*, *34*(10), 617-630. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497214000984

Hou, C., & Nie, Z. (2022). Interplay of External and Internal Knowledge: Business Model Innovation Analysis in Chinese Publicly Traded Film Companies. *Sustainability*, *14*(16), 1-14. https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/10150

Jha, P. P., & Cottam, E. (2021). Embeddedness of Inter-firm Ties and Knowledge Creation. *European Management Review*, *18*(1), 215-227. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/emre.12455.

Kim, L. (2001). The dynamics of technological learning in industrialisation. *International Social Science Journal*, *53*(168), 297-308. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1468-2451.00316

Kogut, B., & Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, *3*(3), 83-397. https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/orsc.3.3.383

Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, *20*(2), 165–186. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0305-750X(92)90097-F

Laptev, G., & Shaytan, D. (2023). Knowledge transferring and conversion in the early stage of collaborative product design by entrepreneurial teams. *Measuring Business Excellence*, *27*(2), 291-306. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MBE-02-2022-0028/full/html

Liao, S. H., Wu, C. C., Hu, D. C., & Tsui, K. A. (2010). Relationships between knowledge acquisition, absorptive capacity and innovation capability: an empirical study on Taiwan's financial and manufacturing industries. *Journal of information science*, *36*(1), 19-35. https://doi.org/10.1177/0165551509340

Molina-Domene, M. A., & Pietrobelli, C. (2012). Drivers of technological capabilities in developing countries: An econometric analysis of Argentina, Brazil and Chile. *Structural Change and Economic Dynamics*, *23*(4), 504-515. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0954349X11000749

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.

Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. *Long Range Planning*, *33*(1), 5-34. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024630199001156

Nonaka, I., Toyama, R., & Hirata, T. (2008). *Managing flow: A process theory of the knowledge-based firm*. Palgrave Macmillan.

Olamade, O. O. (2001). *Technological Capabilities in the Nigerian Telecommunications Industry*. [Unpublished M. Sc. dissertation, Technology Planning and Development Unit, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria]. Nigeria.

Pinto, H., Guerreiro, J.A., & Fernández-Esquinas, M. (2023) Sources of knowledge in the firm: a review on influential, internal and contextual factors in innovation dynamics. *SN Bus Econ*, *3*(57), 1-32. https://doi.org/10.1007/s43546-023-00430-7

Prencipe, A., & Tell, F. (2001). Inter-project learning: processes and outcomes of knowledge codification in project-based firms. *Research Policy*, *30*(9), 1373-1394. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733301001573

Romijn, H. (1997). Acquisition of Technological Capability in Development: A Quantitative Case Study of Pakistan's Capital Goods Sector. *World Development*, *25*(3), 359-311. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X96001155

Sherwood, A. L., & Covin J. G. (2008). Knowledge Acquisition in University–Industry Alliances: An Empirical Investigation from a Learning Theory Perspective. The *Journal of Product Innovation Management*, *25*(2), 162–179. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-5885.2008.00292.x

Tacla, C. L., & Figueiredo, P. N. (2006). The dynamics of technological learning inside the latecomer firm: evidence from the capital goods industry in Brazil. International *Journal of Technology Management*, *36*(1-3), 62-90. http://dx.doi.org/10.1504/IJTM.2006.009962

Teece, D. J. (2007). The role of managers, entrepreneurs and the literati in enterprise performance and economic growth. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, *1*(1), 43-64. https://doi.org/10.1504/IJTLID.2007.015018

Tu, Q., Vonderembse, M. A., Ragu-Nathan, T. S., & Sharkey, T. W. (2006). Absorptive capacity: enhancing the assimilation of time-based manufacturing practices. *Journal of operations management*, *24*(5), 692-710. https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.05.004

Yam, R. C. M., Lo, W., Tang, E. P. Y., & Lau, A. K. W. (2011). Analysis of sources of innovation, technological innovation capabilities, and performance: An empirical study of Hong Kong manufacturing industries. *Research policy*, *40*(3), 391-402. http://www.sciepub.com/reference/326068

Yildiz, H. E., Murtic, A., Morgulis-Yakushev, S., & Klofsten, M. (2024). Individual-level absorptive capacity: Unveiling the interplay between dispositions and work context. *Technovation*, *131*, 1-15.

Yu, S., & Chen, H. C. (2020). External knowledge, intraorganisational networks and exploratory innovation: an empirical examination. *Innovation: Organization & Management*, *22*(3), 250-269. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14479338.2019.1642764?journalCode=rimp20

Yuen, S. S., & Lam, H. Y. (2024). Enhancing competitiveness through strategic knowledge sharing as a driver of innovation capability and performance. *Sustainability*, *16*(6), 1-19. https://doi.org/10.3390/su16062460

Zahra S. A., Neubaum, D. O., & Larrañeta, B. (2007). Knowledge sharing and technological capabilities: The moderating role of family involvement. *Journal of Business Research*, *60*(10), 1070–1079. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296307000793.

Zollo, M., & Winter, S. G. (2002). Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities. *Organization Science*, *13*(3), 339–351. https://www.jstor.org/stable/3086025

Como citar:

Nagano, M. S., Iacono, A., & Musetti, T. F. (2025). Análise dos Mecanismos de Aquisição e Conversão de Conhecimento para a Acumulação de Capacidade Tecnológica no Setor Brasileiro de Bens de Capital. *Revista Ciências Administrativas, 31*, 1-23. https://doi.org/10.5020/2318-0722.2025.31.e17313

Endereço para correspondência:

Marcelo Seido Nagano
E-mail: drnagano@sc.usp.br

Antonio Iacono
E-mail: iacono@usp.br

Tiago Fernando Musetti
E-mail: tiagoferm@yahoo.com.br

Recebido em: 06/05/2024.
Aceito em: 25/09/2025.

Apêndice A: Perguntas para a mensuração da capacidade tecnológica

CAPACIDADE DE PRODUÇÃO
Funções relacionadas à engenharia de processos
Aquisição de novos equipamentos
Certificações para a melhoria da produção
Treinamento interno em técnicas de produção e processos
Padronização de atividades e processos
Monitoramento da produtividade
Funções relacionadas à Engenharia de Produto
Atividades de desenvolvimento de produtos Aprimoramento de produtos existentes Investimentos na área tecnológica Introdução de novos produtos no mercado interno
Funções relacionadas à Engenharia da Qualidade
Treinamento em sistemas de qualidade
Tratamento de anomalias
Auditoria interna
Status da ISO 9000
Programas de Manutenção Preventiva Total
CAPACIDADE DOS LINKS
Funções relacionadas à construção de links
Ações Conjuntas para o PDP Relação com universidades Relacionamento com clientes na exploração e desenvolvimento de novos conceitos Desenvolvimento de redes de contato externas Cooperação com instituições de ensino regionais

Apêndice B: Distribuição do Índice de Capacidade Tecnológica

Aula de TCI	**% Companias**
0.00-0.10	11.4
0.11-0.20	15.9
0.21-0.30	9.1
0.31-0.40	6.8
0.41-0.50	6.8
0.51-0.60	18.2
0.61-0.70	11.4
0.71-0.80	4.5
0.81-0.90	6.8
0.91-1.00	9.1