

**COMPORTAMENTO DE APRENDIZAGEM EM REDE NO ENSINO SUPERIOR:  
UMA ANÁLISE DE MEDIAÇÃO MODERADA DO TPACK E DA PRONTIDÃO  
PARA IA**

**COMPORTAMIENTO DE APRENDIZAJE EN RED EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR:  
UN ANÁLISIS DE MEDIACIÓN MODERADA DEL TPACK Y LA PREPARACIÓN PARA  
LA IA**

**NETWORKED LEARNING BEHAVIOR IN HIGHER EDUCATION: A MODERATED  
MEDIATION ANALYSIS OF TPACK AND AI READINESS**



Kriti SARKAR<sup>1</sup>

e-mail: kriti.sarkar@uem.edu.in



Suman BOSE<sup>2</sup>

e-mail: sumanddioc@gmail.com

**Como referenciar este artigo:**

Sarkar, K., & Bose, S. (2026). Comportamento de aprendizagem em rede no Ensino Superior: uma análise de mediação moderada do TPACK e da prontidão para IA. *Revista on line de Política e Gestão Educacional*, 30, e026098. <https://doi.org/10.22633/rpge.v30i00.21140>



| Submetido em: 07/05/2026  
| Revisões requeridas em: 19/05/2026  
| Aprovado em: 22/07/2026  
| Publicado em: 01/09/2026

**Editor:** Prof. Dr. Sebastião de Souza Lemes

**Editor Adjunto Executivo:** Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz

<sup>1</sup> University of Engineering & Management (UEM), Calcutá – Bengala Ocidental – Índia. Professora associada. Departamento de Ciências Básicas e Humanidades.

<sup>2</sup> University of Engineering & Management (UEM), Calcutá – Bengala Ocidental – Índia. Pesquisador. Departamento de Administração.

**RESUMO:** Este estudo examina as relações estruturais entre a prontidão para a inteligência artificial (IA), o conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo (TPACK) e o comportamento de aprendizagem em rede entre docentes de universidades públicas indianas. Por meio de um delineamento quantitativo transversal, baseado em levantamento, testa-se um modelo de mediação moderada no qual o TPACK medeia a relação entre a prontidão para IA e o comportamento de aprendizagem em rede, enquanto a infraestrutura digital institucional modera esse efeito indireto. A modelagem de equações estruturais foi utilizada para avaliar as relações hipotetizadas. Os resultados mostram que a prontidão para IA aumenta significativamente o TPACK, que, por sua vez, prediz fortemente o comportamento de aprendizagem em rede. O TPACK constitui o principal mecanismo dessa relação, e o efeito indireto é mais forte em instituições com infraestrutura digital bem desenvolvida. O estudo destaca implicações para formação docente e investimentos estratégicos em infraestrutura digital institucional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem em rede. TPACK. Prontidão para IA. Ensino superior. Infraestrutura digital.

**RESUMEN:** Este estudio examina las relaciones estructurales entre la preparación para la inteligencia artificial (IA), el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) y el comportamiento de aprendizaje en red entre docentes universitarios de la India. Con un diseño cuantitativo transversal, prueba un modelo de mediación moderada en el que el TPACK media la relación entre la preparación para la IA y el comportamiento de aprendizaje en red, mientras que la infraestructura digital institucional modera este efecto indirecto. Se empleó el modelado de ecuaciones estructurales para evaluar las relaciones. Los resultados muestran que la preparación para la IA incrementa significativamente el TPACK, que, a su vez, predice fuertemente el comportamiento de aprendizaje en red. El TPACK constituye el principal mecanismo, y el efecto indirecto es mayor en instituciones con infraestructura digital desarrollada. El estudio destaca la importancia de integrar la preparación para la IA, la competencia pedagógica y el apoyo digital institucional.

**PALABRAS CLAVE:** Aprendizaje en red. TPACK. Preparación para la IA. Educación superior. Infraestructura digital.

**ABSTRACT:** This study examines the structural relationships among artificial intelligence (AI) readiness, technological pedagogical content knowledge (TPACK), and networked learning behavior among faculty members at Indian public universities. Using a cross-sectional quantitative survey design, the study tests a moderated mediation model in which TPACK mediates the relationship between AI readiness and networked learning behavior; while institutional digital infrastructure moderates this indirect effect. Structural equation modeling was employed to assess the hypothesized relationships. The results show that AI readiness significantly increases TPACK, which, in turn, strongly predicts networked learning behavior. TPACK constitutes the main mechanism through which AI readiness influences collaborative online learning practices, and the indirect effect is significantly stronger in institutions with well-developed digital infrastructure. The study highlights the importance of integrating faculty AI readiness, pedagogical competence, and institutional digital support, with practical implications for faculty development programs and strategic investments in digital infrastructure in higher education settings.

**KEYWORDS:** Networked learning. TPACK. AI readiness. Higher education. Digital infrastructure.

## INTRODUÇÃO

A aprendizagem em rede refere-se a atividades de aprendizagem facilitadas por conexões digitais, permitindo que os indivíduos troquem mensagens e materiais com outros participantes, docentes e repositórios de informação (Goodyear et al., 2004; Hodgson et al., 2020). Essa abordagem difere dos modelos convencionais de ensino centrados no docente por enfatizar a natureza socialmente situada e colaborativa da construção do conhecimento, na qual os professores atuam como facilitadores e coparticipantes em uma ecologia em rede de aprendizes, ferramentas e recursos (Siemens, 2005). Nessa ecologia, a capacidade dos educadores de trabalhar de maneira intencional com instrumentos tecnológicos torna-se um determinante crucial de resultados de aprendizagem bem-sucedidos. Um referencial influente para compreender essa capacidade é o Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK), desenvolvido por Mishra e Koehler (2006) com base no construto de conhecimento pedagógico do conteúdo de Shulman (1986).

O TPACK conceitua o conhecimento docente como a interação dinâmica de três domínios centrais, a saber: conhecimento tecnológico (familiaridade com ferramentas digitais), conhecimento pedagógico (compreensão dos métodos de ensino) e conhecimento do conteúdo (domínio da matéria), juntamente com as formas híbridas de conhecimento que emergem de suas interseções: conhecimento tecnológico do conteúdo, ou a compreensão de como tecnologia e conteúdo se moldam mutuamente; conhecimento tecnológico pedagógico, ou a compreensão de como determinadas ferramentas alteram as estratégias de ensino possíveis; conhecimento pedagógico do conteúdo, ou a compreensão de como representar determinado conteúdo de modo que ele possa ser ensinado (Shulman, 1986); e, no centro do modelo, o próprio TPACK, isto é, a compreensão integrada de como tecnologia, pedagogia e conteúdo interagem e se condicionam mutuamente em uma situação específica de ensino.

Em termos práticos, o TPACK descreve como os professores selecionam, adaptam e combinam ferramentas digitais com estratégias pedagógicas adequadas para ensinar conteúdos específicos de maneira eficaz e tornou-se um dos referenciais mais utilizados para explicar por que alguns educadores integram a tecnologia com sucesso, enquanto outros não. O TPACK é normalmente avaliado por meio de instrumentos validados de autorrelato (Schmidt et al., 2009) e é utilizado por formadores de professores e designers instrucionais tanto de forma diagnóstica, para identificar qual domínio do conhecimento está dificultando uma integração tecnológica eficaz, quanto formativa, para estruturar o desenvolvimento profissional de modo que a

formação tecnológica nunca seja oferecida isoladamente da pedagogia e do conteúdo (Kimmons & Hall, 2016; Valtonen et al., 2021).

Sua relevância especificamente para a aprendizagem em rede decorre da própria lógica do referencial: participar de forma produtiva de uma ecologia em rede de aprendizes e ferramentas não é apenas uma questão de familiaridade com a tecnologia, mas de saber integrá-la a uma prática pedagogicamente consistente e adequada ao conteúdo, o que corresponde exatamente à competência integradora descrita pelo TPACK. Em outras palavras, o TPACK não é tratado aqui como uma variável periférica de contexto, mas como a base substantiva de conhecimento que deve, em princípio, converter a orientação geral do professor em relação à tecnologia em uma capacidade específica e situada de ensinar e colaborar por meios digitais. Embora um corpo substancial de pesquisas tenha examinado o TPACK em contextos da educação básica, a conexão entre TPACK e comportamento de aprendizagem em rede no ensino superior recebeu comparativamente pouca atenção, sobretudo diante das soluções emergentes baseadas em IA (Chai et al., 2019).

Um segundo construto, estreitamente relacionado, é a prontidão para IA, definida como a predisposição cognitiva, motivacional e comportamental dos indivíduos para trabalhar com soluções educacionais baseadas em IA, abrangendo a consciência do potencial da IA, uma atitude positiva em relação ao seu uso e a intenção comportamental de adotá-la na prática profissional (Ayanwale et al., 2022). Diferentemente da alfabetização digital geral, que descreve a familiaridade com a tecnologia de forma abstrata, a prontidão para IA diz respeito especificamente à postura afetiva e motivacional assumida por uma pessoa diante de uma classe de ferramentas cujo comportamento é adaptativo e, em certa medida, opaco. Por isso, a compreensão do que a tecnologia pode e não pode fazer, bem como das questões éticas que suscita, é tratada como componente do construto, e não como um elemento adicional separado (Long & Magerko, 2020).

Os autores tratam a prontidão para IA como algo mais próximo de uma disposição do que de uma habilidade, no mesmo sentido em que as crenças de autoeficácia precedem e motivam a aquisição, mediante esforço, de uma competência, em vez de constituírem essa competência em si mesmas (Bandura, 1986), e no mesmo sentido em que a intenção comportamental é teorizada, nas pesquisas sobre aceitação de tecnologia, como o fator proximal que impulsiona o esforço que uma pessoa está disposta a investir para aprender a utilizar uma nova ferramenta (Venkatesh et al., 2003). Aplicado ao presente contexto, esse raciocínio posiciona a prontidão para IA como antecedente da competência relacionada à tecnologia, e não

como uma competência em si: docentes mais conscientes e receptivos à IA tendem a investir mais esforço na construção dos conhecimentos tecnológico, pedagógico e de conteúdo representados pelo TPACK. Em outras palavras, espera-se que a disposição para se envolver com a IA preceda e alimente o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao TPACK, que, por sua vez, devem se traduzir em práticas observáveis de aprendizagem em rede; a prontidão, por si só, fornece motivação, mas é o TPACK que fornece a capacidade que, teoricamente, essa prontidão produz.

Apesar dessa proximidade conceitual, pouquíssimos estudos examinaram empiricamente como a prontidão para IA e o TPACK se relacionam e, mais importante, se essa relação ajuda a explicar o comportamento de aprendizagem em rede, entendido aqui como o uso concreto e observável de conexões digitais para colaboração profissional e troca de conhecimentos. Essa lacuna é ampliada pela crescente adoção, nas universidades, de sistemas adaptativos de aprendizagem, sistemas tutores inteligentes e ferramentas de IA generativa, o que torna a interseção entre prontidão para IA e TPACK uma área especialmente fértil para investigação.

Ao mesmo tempo, sabe-se relativamente pouco sobre como fatores contextuais, como a infraestrutura digital institucional, moldam essas associações. Os autores consideram essa omissão consequente, e não incidental: a teoria dos sistemas sociotécnicos sustenta que a competência individual e a estrutura organizacional determinam conjuntamente, e não separadamente, se determinado comportamento é efetivamente realizado (Trist, 1981), e as abordagens ecológicas da tecnologia educacional fazem a mesma observação de modo mais específico, argumentando que o comportamento do professor relacionado à tecnologia é limitado tanto pelas possibilidades oferecidas pelo sistema circundante quanto pelo que o próprio professor sabe ou pretende fazer (Zhao & Frank, 2003).

Aplicado ao presente estudo, isso significa que mesmo um docente cuja prontidão para IA já tenha sido convertida em um TPACK elevado pode não conseguir traduzir essa competência em comportamento de aprendizagem em rede caso o hardware, a conectividade e a infraestrutura de gestão da aprendizagem ao seu redor não ofereçam suporte adequado. Assim, a infraestrutura digital institucional é tratada não como uma variável de controle de fundo, mas como uma condição-limite que determina quanto do percurso prontidão para IA–TPACK–comportamento pode efetivamente se manifestar como prática observada.

Essa lacuna é especialmente pronunciada em países em desenvolvimento cujos setores de ensino superior passam por rápida digitalização, mas ainda enfrentam restrições persistentes



de infraestrutura (UNESCO, 2023). Para abordar essas lacunas, o presente estudo testa um modelo de mediação moderada no qual o TPACK atua como mediador entre a prontidão para IA e o comportamento de aprendizagem em rede, enquanto a infraestrutura digital institucional atua como moderadora e condição-limite. A questão geral de pesquisa que orienta esta análise é a seguinte: o TPACK medeia a relação entre a prontidão para IA e o comportamento de aprendizagem em rede entre docentes do ensino superior e, em caso afirmativo, a infraestrutura digital institucional modera essa relação mediada?

## **REVISÃO DA LITERATURA**

### ***Prontidão dos Educadores para IA***

Em contextos educacionais, a prontidão para IA refere-se à consciência individual acerca do potencial da tecnologia, à disposição para adotar a IA na prática profissional e à intenção de fazê-lo (Ayanwale et al., 2022). A prontidão para IA distingue-se da alfabetização digital geral porque envolve uma compreensão mais profunda de como aplicar a tecnologia e de suas implicações éticas. Pesquisas recentes indicam que a prontidão para IA influencia positivamente a intenção de adotar tecnologias (Sánchez-Prieto et al., 2023) e impulsiona a inovação (Chen et al., 2022).

A relevância do construto de prontidão para IA para o presente estudo reside na forte conexão entre a prontidão para IA e o TPACK. Especificamente, espera-se que a prontidão para IA aumente o conhecimento tecnológico dos indivíduos no âmbito do TPACK, pois esses indivíduos estão dispostos e aptos a utilizar tecnologias inovadoras, como a IA, no ensino (Mishra & Koehler, 2006).

### ***Infraestrutura Digital Institucional como moderadora***

Fatores contextuais desempenham papel crucial na formação do comportamento de adoção de tecnologia pelos indivíduos. No caso das instituições educacionais, a infraestrutura digital — que envolve disponibilidade de hardware, conectividade com a internet, capacidade do Sistema de Gestão da Aprendizagem (LMS) e infraestrutura institucional de Tecnologia da Informação (TI) — cria possibilidades e restrições dentro das quais os indivíduos podem agir com base em suas habilidades e conhecimentos (Bates, 2015). Instituições com menos recursos

podem dificultar o envolvimento em comportamentos de aprendizagem em rede até mesmo de indivíduos com pontuações mais altas de TPACK, enquanto instituições com mais recursos tendem a potencializar esse comportamento. A hipótese de moderação segue os princípios da teoria dos sistemas sociotécnicos (Trist, 1981) e dos referenciais ecológicos de tecnologia educacional (Zhao & Frank, 2003). Ao incorporar a infraestrutura digital como moderadora, o presente estudo considera as restrições contextuais nas quais as competências individuais são colocadas em prática.

### *Lacunas de Pesquisa*

Com base na revisão da literatura existente, foram identificadas lacunas de pesquisa. Até o momento, nenhum estudo examinou a relação entre prontidão para IA e TPACK por meio de um modelo de mediação centrado no comportamento de aprendizagem em rede. Essas lacunas são significativas e precisam ser abordadas para que se alcance uma educação sustentável.

## **HIPÓTESES DO ESTUDO**

Com base no referencial TPACK (Mishra & Koehler, 2006), em referenciais de avaliação da prontidão para IA (Ayanwale et al., 2022) e na teoria dos sistemas sociotécnicos (Trist, 1981), o estudo foi conduzido utilizando um modelo de mediação moderada. O modelo pressupõe que a prontidão para IA exerce influência indireta sobre o comportamento de aprendizagem em rede por meio do TPACK (mediação) e que essa relação mediada é moderada pela infraestrutura digital institucional (mediação moderada).

H1: A prontidão para IA correlaciona-se positivamente com o TPACK entre docentes do ensino superior.

H2: O TPACK correlaciona-se positivamente com o comportamento de aprendizagem em rede.

H3: O TPACK medeia a relação entre a prontidão para IA e o comportamento de aprendizagem em rede.

H4: A infraestrutura digital institucional modera a relação entre TPACK e comportamento de aprendizagem em rede, de modo que essa relação será mais forte para docentes que trabalham em ambientes institucionais digitalmente equipados.

H5: A influência indireta da prontidão para IA sobre o comportamento de aprendizagem em rede por meio do TPACK será moderada pela infraestrutura digital institucional (mediação moderada).

## **METODOLOGIA**

### ***População e Amostragem***

A população-alvo foi composta por docentes do ensino superior envolvidos em aprendizagem on-line ou híbrida havia pelo menos um ano em quatro universidades reconhecidas de Calcutá, Índia. Foi empregada amostragem aleatória estratificada, com estratos definidos por região geográfica (norte, sul, leste e oeste de Calcutá), tipo de instituição (orientada à pesquisa ou ao ensino) e área acadêmica (STEM, ciências sociais e humanidades).

Dos 530 questionários distribuídos, 412 respostas utilizáveis foram devolvidas, resultando em uma taxa de resposta de 77,7%. Da amostra, 54,6% eram homens e 45,4% eram mulheres. A idade média dos participantes foi de 41,3 anos (DP = 8,6). O tempo de experiência profissional variou de 2 a 25 anos (M = 14,2; DP = 7,9). Os participantes foram distribuídos em três grupos disciplinares: STEM (38,3%), ciências sociais (31,1%) e humanidades e artes (30,6%).

## **ÉTICA EM PESQUISA**

Este estudo seguiu procedimentos éticos estabelecidos para pesquisas envolvendo participantes humanos. O protocolo de pesquisa, incluindo o instrumento de levantamento e os procedimentos de coleta de dados, recebeu aprovação prévia do Comitê Institucional de Revisão Ética da universidade dos autores. Antes da participação, todos os docentes receberam um termo de consentimento informado que descrevia o objetivo do estudo, a natureza voluntária da participação e o direito de se retirar a qualquer momento sem penalização. A participação foi inteiramente voluntária, e não foram oferecidos incentivos nem exercida pressão



institucional para estimular as respostas. O anonimato dos respondentes foi assegurado durante todo o processo: nenhuma informação de identificação pessoal (como nome, endereço de e-mail ou número de identificação funcional) foi coletada, e as respostas aos questionários foram armazenadas e analisadas apenas de forma agregada e desidentificada. Os dados ficaram acessíveis somente à equipe de pesquisa e foram utilizados exclusivamente para os fins deste estudo.

## MEDIDAS

Todas as medidas desta pesquisa utilizaram uma escala Likert de 7 pontos (1 = discordo totalmente; 7 = concordo totalmente). O comportamento de aprendizagem em rede foi medido por meio de uma escala de 12 itens adaptada de Goodyear et al. (2004) para o contexto da aprendizagem mediada por IA. Um exemplo de item foi: “Utilizo mídias digitais para interagir regularmente com colegas docentes de outras universidades”. O alfa de Cronbach da escala foi de 0,91.

O TPACK foi medido por meio de um questionário TPACK de 28 itens adaptado para o ensino superior (Schmidt et al., 2009; Chai et al., 2019). A escala avalia sete componentes do TPACK (TK, CK, PK, TCK, TPK, PCK, TPACK). O alfa de Cronbach foi de 0,93.

A prontidão para IA foi avaliada com a Escala de Prontidão para IA para Educadores (AI Readiness Scale for Educators [ARSE]), de 15 itens, desenvolvida por Ayanwale et al. (2022). Ela mede os níveis de consciência, as atitudes e as intenções comportamentais dos educadores em relação ao uso de ferramentas de IA em seu trabalho. A confiabilidade da escala foi considerada alta ( $\alpha = 0,88$ ).

A infraestrutura digital institucional foi medida por meio de uma escala de 8 itens desenvolvida especificamente para esta pesquisa. Os itens estavam relacionados à disponibilidade de hardware suficiente, internet de banda larga, funcionamento adequado do LMS e serviços eficazes de suporte de TI. A confiabilidade da escala foi alta ( $\alpha = 0,86$ ).

## *Viés de Método Comum e Qualidade dos Dados*

Como o estudo utilizou um levantamento quantitativo de autorrelato, o viés de método comum (CMB) foi avaliado por meio do teste de fator único de Harman e da abordagem do

fator latente comum na análise fatorial confirmatória (CFA). Segundo o teste de Harman, um único fator explicou 23,4% da variância, valor bem abaixo do ponto de corte de 50%. Além disso, o método do fator latente comum na CFA não mostrou inflação substancial das cargas; assim, não foi identificado CMB nos dados. Não foram identificados outliers multivariados segundo a medida da distância de Mahalanobis, e o pressuposto de normalidade multivariada foi atendido.

## **ESTRATÉGIA ANALÍTICA**

A análise dos dados foi realizada em três etapas. Primeiro, foi conduzida uma análise fatorial confirmatória (CFA) com o AMOS 27 para avaliar o modelo de mensuração. O ajuste do modelo foi avaliado pelos seguintes índices: Índice de Ajuste Comparativo (CFI) > 0,95, Índice de Tucker–Lewis (TLI) > 0,95, Raiz do Erro Quadrático Médio de Aproximação (RMSEA) < 0,06 e Raiz Padronizada do Resíduo Quadrático Médio (SRMR) < 0,08 (Hu & Bentler, 1999). Em seguida, a modelagem de equações estruturais (SEM) foi utilizada para testar H1–H3. Por fim, os efeitos de moderação e mediação nos modelos de trajetória foram examinados com a macro PROCESS (Hayes, 2022). A moderação e a mediação foram examinadas por meio de uma abordagem de teste de mediação moderada baseada em SEM (Preacher et al., 2007).

### ***Resultados e Teste das Hipóteses***

Os resultados são apresentados em cinco subseções: (5.1) estatísticas descritivas e correlações bivariadas; (5.2) ajuste do modelo de mensuração; (5.3) coeficientes das trajetórias estruturais; (5.4) efeitos de mediação e mediação moderada; e (5.5) diagrama de trajetórias. Um resumo abrangente do teste das hipóteses é apresentado na subseção final.

### ***Estatísticas Descritivas e Correlações***

A Tabela 1 apresenta médias, desvios-padrão e correlações entre os construtos para todas as variáveis utilizadas na análise. Os coeficientes alfa de confiabilidade são indicados na diagonal, entre parênteses. Todas as correlações entre os construtos foram significativas no

nível de  $p < 0,01$ , e as direções dessas associações forneceram evidências iniciais de apoio às hipóteses antes do teste estrutural.

**Tabela 1.**

*Estatísticas Descritivas e Correlações entre os Construtos (N = 412)*

| Variável                                       | M    | SD   | 1. AIR | 2. TPACK | 3. NLB | 4. DI |
|------------------------------------------------|------|------|--------|----------|--------|-------|
| 1. Prontidão para IA (AIR)                     | 4.83 | 0.91 | (.88)  |          |        |       |
| 2. TPACK                                       | 4.61 | 0.87 | .49**  | (.93)    |        |       |
| 3. Comportamento de Aprendizagem em Rede (NLB) | 4.72 | 0.94 | .43**  | .57**    | (.91)  |       |
| 4. Infraestrutura Digital (DI)                 | 4.39 | 1.02 | .31**  | .38**    | .44**  | (.86) |

*Nota.* AIR = Prontidão para IA; TPACK = Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo; NLB = Comportamento de Aprendizagem em Rede; DI = Infraestrutura Digital. Os coeficientes de confiabilidade ( $\alpha$ ) aparecem na diagonal, entre parênteses. \*\*  $p < 0,01$  (bicaudal).

### *Ajuste do Modelo de Mensuração*

Antes da análise estrutural, foi realizada uma análise fatorial confirmatória (CFA). Os índices de qualidade do ajuste do modelo de mensuração e do modelo estrutural são apresentados na Tabela 2. Todos os índices de ajuste atenderam aos critérios esperados (Hu & Bentler, 1999), indicando ajuste adequado do modelo antes do teste das hipóteses.

**Tabela 2.**

*Índices de Ajuste do Modelo para a Análise Fatorial Confirmatória e o Modelo de Equações Estruturais*

| Modelo                     | $\chi^2/df$ | CFI   | TLI   | RMEPA [90% CI]    | SRMR   |
|----------------------------|-------------|-------|-------|-------------------|--------|
| Modelo de Mensuração (CFA) | 1.87        | .96   | .95   | .046 [.042, .051] | .057   |
| Modelo Estrutural (EPM)    | 1.88        | .96   | .95   | .047 [.043, .052] | .059   |
| Limiar Recomendado         | < 3.0       | > .95 | > .95 | < .060            | < .080 |

*Nota.* CFI = Índice de Ajuste Comparativo; TLI = Índice de Tucker-Lewis; RMSEA = Raiz do Erro Quadrático Médio de Aproximação; SRMR = Raiz Padronizada do Resíduo Quadrático Médio.  $\chi^2/df$  = qui-quadrado dividido pelos graus de liberdade. Limiares baseados em Hu e Bentler (1999).

### *Coefficientes das Trajetórias Estruturais*

A Tabela 3 apresenta os pesos de regressão padronizados ( $\beta$ ), erros-padrão, estatísticas  $t$  e intervalos de confiança de 95% para todas as trajetórias do modelo estrutural. H1 e H2 foram apoiadas. O efeito direto da prontidão para IA sobre o comportamento de aprendizagem em rede tornou-se não significativo após a inclusão do TPACK no modelo, apoiando o modelo de mediação especificado em H3. A interação entre TPACK e infraestrutura digital apoiou H4.

**Tabela 3.**

*Coefficientes Padronizados das Trajetórias Estruturais (N = 412)*

| Trajetória                                          | $\beta$ | EP   | t    | p      | 95% CI        |
|-----------------------------------------------------|---------|------|------|--------|---------------|
| Prontidão para IA → TPACK (H1)                      | 0.47    | 0.05 | 9.40 | < .001 | [0.37, 0.57]  |
| TPACK → Comportamento de Aprendizagem em Rede (H2)  | 0.53    | 0.06 | 8.83 | < .001 | [0.41, 0.65]  |
| Prontidão para IA → NLB (direto, controlando TPACK) | 0.11    | 0.07 | 1.57 | .117   | [-0.03, 0.25] |
| TPACK × Infraestrutura Digital → NLB (H4)           | 0.19    | 0.07 | 2.71 | < .01  | [0.05, 0.33]  |

*Nota.*  $\beta$  = coeficiente de trajetória padronizado; EP = erro-padrão; NLB = Comportamento de Aprendizagem em Rede; DI = Infraestrutura Digital Institucional. Significância bicaudal. ICs de 95% baseados em estimação por máxima verossimilhança. A trajetória não significativa é apresentada em itálico.

### *Efeitos de Mediação e Mediação Moderada*

A Tabela 4 apresenta os efeitos indiretos obtidos por *bootstrap* (com 5.000 amostras). O efeito indireto da prontidão para IA sobre o comportamento de aprendizagem em rede mediado pelo TPACK foi significativo (apoiando H3); o mediador explicou 69,4% do efeito total. O efeito direto não significativo foi compatível com mediação total. Os efeitos indiretos condicionais tanto em níveis altos quanto baixos de infraestrutura digital institucional (DI) foram significativos, embora o efeito tenha sido mais forte em níveis altos de DI. Um índice significativo de mediação moderada apoiou H5.

**Tabela 4.***Efeitos de Mediação e Mediação Moderada por Bootstrap (Bootstrap N = 5.000)*

| Efeito                               | $\beta$ | 95% Boot CI  | EP   | % Mediada | Sig. |
|--------------------------------------|---------|--------------|------|-----------|------|
| Efeito Indireto (AIR→TPACK→NLB) (H3) | 0.25    | [0.18, 0.33] | 0.04 | 69.4%     | Sim  |
| Indireto @ DI Alta (+1 DP)           | 0.32    | [0.22, 0.43] | 0.05 | —         | Sim  |
| Indireto @ DI Baixa (−1 DP)          | 0.18    | [0.10, 0.28] | 0.05 | —         | Sim  |
| Índice de Mediação Moderada (H5)     | 0.09    | [0.03, 0.17] | —    | —         | Sim  |

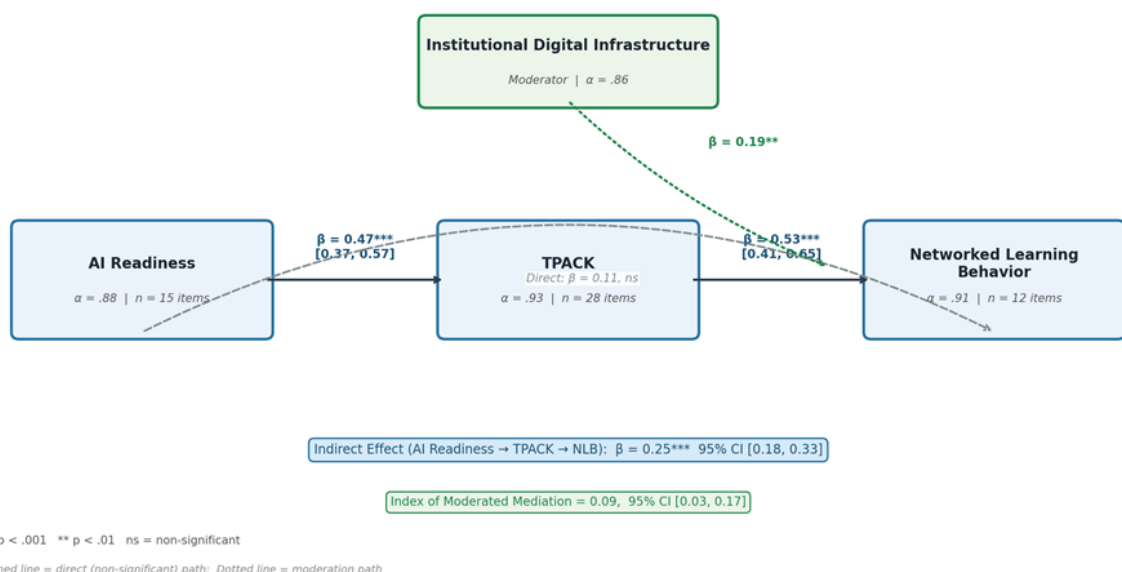
*Nota.* Boot CI = intervalo de confiança *bootstrap* corrigido por viés; DI = Infraestrutura Digital Institucional; DI alta = +1 DP acima da média; DI baixa = −1 DP abaixo da média. Todos os intervalos de confiança excluem zero, confirmando a significância estatística.

## DIAGRAMA DE TRAJETÓRIAS

A Figura 1 apresenta o modelo completo de mediação moderada. As linhas contínuas indicam trajetórias estatisticamente significativas; a linha tracejada representa o efeito direto não significativo da prontidão para IA sobre o comportamento de aprendizagem em rede quando o TPACK é incluído. A linha pontilhada proveniente da infraestrutura digital institucional indica a trajetória de moderação sobre a relação entre TPACK e comportamento de aprendizagem em rede. Os coeficientes padronizados das trajetórias são apresentados em cada trajetória.

**Figura 1.***Diagrama de Trajetórias*

Figure 1. Moderated Mediation Model: AI Readiness → TPACK → Networked Learning Behavior (Institutional Digital Infrastructure as Moderator)



*Nota.* Modelo de mediação moderada com coeficientes padronizados das trajetórias. Prontidão para IA → TPACK → Comportamento de Aprendizagem em Rede, moderado pela Infraestrutura Digital Institucional. \*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; ns = não significativo (tracejado).

### *Resumo do Teste das Hipóteses*

A Tabela 5 resume as cinco hipóteses de pesquisa, os principais resultados estatísticos, as decisões relativas às hipóteses nulas e as avaliações finais. As cinco hipóteses receberam apoio empírico. Em cada caso, a hipótese nula foi rejeitada com base no nível alfa predefinido de 0,05.

**Tabela 5.**

#### *Resumo dos Resultados do Teste das Hipóteses*

| H  | Enunciado da Hipótese                                                                                                                   | Principais Evidências Estatísticas                                                        | Decisão                        | Resultado |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| H1 | A prontidão para IA estará positivamente associada ao TPACK entre docentes do ensino superior.                                          | $\beta = 0.47$ , EP = 0.05, $t = 9.40$ , $p < .001$<br>95% CI [0.37, 0.57]                | Rejeitar H0<br>( $p < .001$ )  | Apoiada   |
| H2 | O TPACK estará positivamente associado ao comportamento de aprendizagem em rede.                                                        | $\beta = 0.53$ , EP = 0.06, $t = 8.83$ , $p < .001$<br>95% CI [0.41, 0.65]                | Rejeitar H0<br>( $p < .001$ )  | Apoiada   |
| H3 | O TPACK mediará a relação entre a prontidão para IA e o comportamento de aprendizagem em rede.                                          | Indirect $\beta = 0.25$ , 95% Boot CI [0.18, 0.33]<br>% Mediated = 69.4% (mediação total) | Rejeitar H0<br>(CI excludes 0) | Apoiada   |
| H4 | A infraestrutura digital institucional moderará a relação TPACK → NLB (mais forte com DI alta).                                         | Interação $\beta = 0.19$ , EP = 0.07, $t = 2.71$ , $p < .01$<br>95% CI [0.05, 0.33]       | Rejeitar H0<br>( $p < .01$ )   | Apoiada   |
| H5 | O efeito indireto da prontidão para IA sobre NLB via TPACK será moderado pela infraestrutura digital institucional (mediação moderada). | Index of MM = 0.09<br>95% Boot CI [0.03, 0.17]                                            | Rejeitar H0<br>(CI excludes 0) | Apoiada   |

*Nota.* H = Hipótese; NLB = Comportamento de Aprendizagem em Rede; DI = Infraestrutura Digital Institucional; MM = Mediação Moderada; Boot CI = intervalo de confiança *bootstrap*. Os veredictos baseiam-se em testes de significância bicaudais e na exclusão de zero pelo IC *bootstrap*. Todas as hipóteses foram apoiadas em  $p < 0,01$  ou nível mais rigoroso.



## RESUMO DOS RESULTADOS

De modo geral, os resultados fornecem evidências substanciais para o modelo de mediação moderada. A prontidão para IA apresentou efeito positivo significativo sobre o TPACK (H1:  $\beta = 0,47$ ;  $p < 0,001$ ), que, por sua vez, predisse significativamente o comportamento de aprendizagem em rede (H2:  $\beta = 0,53$ ;  $p < 0,001$ ). A trajetória mediada pelo TPACK também foi estatisticamente significativa e explicou uma proporção substancial do efeito total (H3:  $\beta = 0,25$ ; mediação de 69,4%). Verificou-se que a infraestrutura digital institucional moderou significativamente tanto a relação direta TPACK–comportamento de aprendizagem em rede (H4:  $\beta = 0,19$ ;  $p < 0,01$ ) quanto a própria relação mediada (H5: índice = 0,09; intervalo de confiança [IC] [0,03; 0,17]). Em conjunto, esses resultados enfatizam o papel mediador central do TPACK na relação entre prontidão para IA e comportamento de aprendizagem em rede e revelam a infraestrutura digital institucional como uma importante condição-limite desse mecanismo.

## DISCUSSÃO

Este estudo investigou se a relação entre prontidão para IA e comportamento de aprendizagem em rede entre docentes do ensino superior na Índia é mediada pelo TPACK e moderada pela infraestrutura digital institucional. Os resultados apoiam o modelo proposto de mediação moderada e oferecem diversos insights teóricos e práticos.

### *Prontidão para IA como Precursora do TPACK*

A constatação de uma relação positiva significativa entre prontidão para IA e TPACK (H1 apoiada) contribui para a literatura teórica de duas maneiras. Primeiro, posiciona a prontidão para IA como uma disposição antecedente que ajuda a desenvolver competências integradoras de TPACK. Desse modo, sustenta teoricamente a proposição feita no âmbito do referencial TPACK acerca da natureza dinâmica do conhecimento tecnológico (Mishra & Koehler, 2006). Especificamente, espera-se que docentes com maior consciência e atitudes mais positivas em relação às ferramentas de IA desenvolvam habilidades relacionadas ao TPACK. Estas incluem o conhecimento de ferramentas tecnológicas adequadas para alcançar

determinados objetivos pedagógicos e trabalhar com conteúdos curriculares específicos. Esse resultado também está em consonância com a literatura sobre adoção de tecnologia, sugerindo que a prontidão atitudinal constitui uma condição de entrada que desencadeia o desenvolvimento de competências e conduz ao uso posterior da tecnologia (Venkatesh et al., 2003). Em termos práticos, o resultado enfatiza a necessidade de que os programas de desenvolvimento docente se concentrem na conscientização sobre IA e na formação de atitudes como pré-condições essenciais para o desenvolvimento de habilidades de TPACK e para a aprendizagem em rede subsequente.

### ***TPACK como mediador***

O efeito significativo de mediação do TPACK encontrado no estudo (H3 apoiada) apresenta uma série de implicações teóricas importantes. Especificamente, demonstra que os efeitos da prontidão para IA sobre a aprendizagem em rede não ocorrem sem um mediador proximal na forma do TPACK. Em outras palavras, a prontidão para IA, isoladamente, não pode produzir resultados comportamentais, pois o TPACK constitui um mecanismo essencial que transforma disposições distais em ações proximais.

Em termos práticos, isso implica que a ausência de habilidades adequadas de TPACK entre docentes com atitudes positivas em relação à IA os impede de desenvolver o correspondente comportamento de aprendizagem em rede — conclusão compatível com a lacuna intenção-comportamento identificada na literatura sobre adoção de tecnologia (Fishbein & Ajzen, 1975). Isso também posiciona o TPACK não apenas como um referencial de competências útil para mensuração, mas também como um mecanismo de ação e cognição no processo de integração da tecnologia.

### ***Efeito Moderador da Infraestrutura Digital Institucional***

O efeito significativo de moderação observado na presente análise (H4 e H5 apoiadas) revela a importância dos fatores contextuais para a relação entre competência tecnológica e comportamento. Embora o TPACK tenha apresentado impacto significativo sobre o comportamento de aprendizagem em rede independentemente do nível de infraestrutura digital, essa relação tornou-se substancialmente mais pronunciada entre docentes que trabalhavam em instituições dotadas de amplos recursos nessa área. De uma perspectiva teórica, esse resultado

apoia a teoria dos sistemas sociotécnicos (Trist, 1981) e os modelos ecocêntricos de tecnologia educacional (Zhao & Frank, 2003). Esses referenciais enfatizam a natureza interativa da agência individual e dos aspectos estruturais da integração tecnológica e da mudança educacional. Quanto às implicações, o resultado de mediação moderada (H5) destaca um aspecto particularmente importante dessa relação.

Mesmo docentes altamente competentes tanto em IA quanto em TPACK ainda necessitam do ambiente adequado para manifestar comportamento de aprendizagem em rede. Isso implica que investimentos no desenvolvimento docente são necessários, porém insuficientes, para promover o comportamento de aprendizagem em rede em contextos educacionais. Os gestores educacionais devem, portanto, complementar essas iniciativas com investimentos em infraestrutura institucional. Do ponto de vista das políticas públicas, essa questão torna-se especialmente relevante no contexto do sistema de ensino superior indiano, marcado por diferenças substanciais de infraestrutura digital.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou responder a uma questão que permanece amplamente inexplorada na literatura: se o TPACK explica como a prontidão para IA se traduz em comportamento de aprendizagem em rede entre docentes do ensino superior e se essa tradução depende da infraestrutura digital à qual os docentes têm acesso. Com base nos dados apresentados, a resposta é afirmativa em ambos os casos. A prontidão para IA, isoladamente, não predisse diretamente o comportamento de aprendizagem em rede quando o TPACK foi considerado; ela operou quase inteiramente por meio do TPACK, que explicou cerca de 70% do efeito total. Esse padrão indica que atitudes positivas e disposição em relação à IA não são, por si sós, suficientes para gerar práticas de aprendizagem em rede. Os docentes precisam primeiro converter essa disposição em conhecimentos concretos de tecnologia, pedagogia e conteúdo antes que ela se manifeste como comportamento colaborativo observável on-line.

Essa é precisamente a lacuna que o estudo buscou preencher: trabalhos anteriores examinaram TPACK e prontidão para IA como linhas de investigação separadas, deixando em aberto a questão de como, ou mesmo se, eles se conectam entre si e a um resultado comportamental concreto. Ao modelar o TPACK como o mecanismo que conduz a prontidão para IA ao comportamento de aprendizagem em rede, este estudo fornece o elo ausente entre

uma disposição atitudinal e uma prática observável, fazendo-o com um nível de especificidade estatística — indicando tanto a magnitude da trajetória mediada quanto as condições sob as quais ela se fortalece — que anteriormente não estava disponível.

A segunda contribuição decorre dos resultados da moderação. A infraestrutura digital institucional não apenas se somou ao modelo; ela alterou a força da relação TPACK–comportamento de aprendizagem em rede e a força da trajetória indireta completa entre prontidão para IA e comportamento de aprendizagem em rede. Em termos práticos, isso significa que a competência docente e a capacidade institucional não são intercambiáveis nem simplesmente aditivas; elas interagem. Um docente com fortes habilidades de TPACK que trabalhe em uma instituição com poucos recursos realizará apenas parte do comportamento de aprendizagem em rede que as mesmas habilidades produziram em uma instituição bem equipada.

Isso tem implicações diretas para a forma como as universidades, especialmente em sistemas em rápida digitalização, porém marcados por desigualdades de infraestrutura, como o da Índia, devem sequenciar seus investimentos: programas de desenvolvimento docente voltados à prontidão para IA e ao TPACK são necessários, mas terão desempenho aquém do potencial se não forem acompanhados por investimentos paralelos em hardware, conectividade e capacidade dos sistemas de gestão da aprendizagem. Portanto, a importância de preencher essa lacuna não é apenas teórica. Ela oferece a gestores e formuladores de políticas uma base testável para priorizar onde recursos limitados produzirão os maiores ganhos no comportamento de aprendizagem em rede, em vez de tratar a formação docente e os gastos com infraestrutura como rubricas orçamentárias separadas e concorrentes.

Em conjunto, esses resultados ampliam o estudo da integração tecnológica no ensino superior, passando de uma abordagem centrada exclusivamente na competência individual para outra que trata competência e contexto como determinantes conjuntos do comportamento. Ainda assim, os resultados devem ser interpretados à luz do delineamento transversal do estudo, que limita a força das afirmações causais que podem ser feitas, e de seu foco geográfico em universidades públicas de uma única região da Índia, o que restringe a generalização dos resultados. Delineamentos longitudinais que acompanhem os docentes ao longo do tempo e estudos comparativos entre sistemas institucionais e países ajudariam a estabelecer se a trajetória aqui identificada se mantém à medida que as ferramentas de IA e a infraestrutura continuam a evoluir.

## REFERÊNCIAS

- Ayanwale, M. A., Misu, E. E., & Molefi, R. R. (2022). Towards artificial intelligence readiness: Development and validation of an AI readiness scale for educators. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11837–11860. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11080-y>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall.
- Bates, A. W. (2015). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning*. BC Open Textbooks.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2019). A review of the quantitative measures of technological pedagogical content knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge for educators* (2nd ed., pp. 87–106). Routledge.
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., & Wang, F. L. (2022). Past, present, and future of smart learning: A topic-based bibliometric analysis. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00312-8>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50. <https://doi.org/10.2307/3151312>
- Goodyear, P., Banks, S., Hodgson, V., & McConnell, D. (Eds.). (2004). *Advances in research on networked learning*. Kluwer Academic.
- Hayes, A. F. (2022). *Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A regression-based approach* (3rd ed.). Guilford Press.
- Hodgson, V., McConnell, D., & Dirckinck-Holmfeld, L. (2020). The theory, practice and pedagogy of networked learning. In L. Dirckinck-Holmfeld, V. Hodgson, & D. McConnell (Eds.), *Exploring the theory, pedagogy and practice of networked learning* (pp. 1–26). Springer.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Kimmons, R., & Hall, C. (2016). Emerging technologies in the field: Today's EdTech topics and trends. *TechTrends*, 60(5), 425–432.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). Association for Computing Machinery.

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Preacher, K. J., Rucker, D. D., & Hayes, A. F. (2007). Addressing moderated mediation hypotheses: Theory, methods, and prescriptions. *Multivariate Behavioral Research*, 42(1), 185–227.
- Sánchez-Prieto, J. C., Cruz-Benito, J., Therón, R., & García-Peñalvo, F. J. (2023). Do you accept AI-based recommendations in technology-enhanced learning? The role of AI self-efficacy and the UTAUT2 model. *International Journal of Human–Computer Studies*, 169, 102934.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10.
- Trist, E. L. (1981). *The evolution of socio-technical systems* (Occasional Paper No. 2). Ontario Quality of Working Life Centre.
- UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* UNESCO Publishing.
- Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Mäkitalo, K., Hoang, N., Häkkinen, P., Järvelä, S., Näykki, P., Virtanen, A., Pöysä-Tarhonen, J., & Tondeur, J. (2021). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(3), 1–18.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Zhao, Y., & Frank, K. A. (2003). Factors affecting technology uses in schools: An ecological perspective. *American Educational Research Journal*, 40(4), 807–840.

### *CRediT Author Statement*

---

- ☐ **Reconhecimentos:** Não.
  - ☐ **Financiamento:** Não.
  - ☐ **Conflitos de interesse:** Não.
  - ☐ **Aprovação ética:** Sim. O estudo cumpriu os padrões éticos estabelecidos e recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da universidade dos autores antes do início da coleta de dados.
  - ☐ **Disponibilidade de dados e material:** Sim. Os dados e materiais que fundamentam os resultados deste estudo estão disponíveis mediante solicitação razoável ao autor correspondente.
  - ☐ **Contribuições dos autores:** Kriti Sarkar (primeira autora): Conceitualização, metodologia, supervisão, análise formal, interpretação dos resultados e revisão e edição do manuscrito. Suman Bose (segundo autor e autor correspondente): Coleta de dados, curadoria de dados, análise estatística, revisão da literatura, redação do manuscrito, visualização e correspondência com o periódico. Ambos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito.
- 

**Processamento e editoração: Editora Ibero-Americana de Educação**  
Revisão, formatação, normalização e tradução

