

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

BRUNO CARNIELLI ULIANA

**PIX E OS MEIOS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS NO BRASIL:
A DINÂMICA ESPACIAL DA DIGITALIZAÇÃO FINANCEIRA**

Uberlândia - MG

2026

BRUNO CARNIELLI ULIANA

**PIX E OS MEIOS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS NO BRASIL:
A DINÂMICA ESPACIAL DA DIGITALIZAÇÃO FINANCEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Economia e Relações
Internacionais da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Econômicas

Orientador: Prof. Dr. Cleomar Gomes da Silva

Uberlândia - MG

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

U39
2026 Uliana, Bruno Carnielli, 2004-
PIX E OS MEIOS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS NO BRASIL: A
DINÂMICA ESPACIAL DA DIGITALIZAÇÃO FINANCEIRA [recurso
eletrônico] / Bruno Carnielli Uliana. - 2026.

Orientador: Cleomar Gomes da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Ciências Econômicas.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

1. Economia. I. Silva, Cleomar Gomes da, 1971-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Ciências
Econômicas. III. Título.

CDU: 330

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - GRADUAÇÃO

Curso de Graduação em:	CIÊNCIAS ECONÔMICAS				
Defesa de:	IEUFU41084 - Monografia II				
Data:	22/07/2026	Hora de início:	13:00hs	Hora de encerramento:	14:10
Matrícula do Discente:	12121ECO006				
Nome do Discente:	Bruno Carnielli Uliana				
Título do Trabalho:	PIX E OS MEIOS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS NO BRASIL: A DINÂMICA ESPACIAL DA DIGITALIZAÇÃO FINANCEIRA				

Reuniu-se na sala 1J244, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em **CIÊNCIAS ECONÔMICAS**, assim composta: Professores: Prof. Dr. Henrique Daniel Leite Barros Pereira-CEPES/UFU; Prof. Dr. Rick Humberto Naves Galdino-CEPES/UFU e Prof. Dr. Cleomar Gomes da Silva-IERI/UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos, o presidente da mesa, Prof. Dr. Cleomar Gomes da Silva, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra, para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do curso.

A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado - Nota: 100

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Cleomar Gomes da Silva**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/07/2026, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rick Humberto Naves Galdino, Economista**, em 22/07/2026, às 14:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Henrique Daniel Leite Barros Pereira, Economista**, em 22/07/2026, às 14:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7468537** e o código CRC **E8C07E17**.

Referência: Processo nº 23117.029887/2026-53

SEI nº 7468537

BRUNO CARNIELLI ULIANA

**PIX E OS MEIOS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS NO BRASIL:
A DINÂMICA ESPACIAL DA DIGITALIZAÇÃO FINANCEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Economia e Relações
Internacionais da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Econômicas

Uberlândia, 22 de Julho de 2026

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cleomar Gomes da Silva
Orientador (IERI-UFU)

Dr. Henrique Daniel Leite Barros Pereira
Examinador (CEPES-UFU)

Dr. Rick Humberto Naves Galdino
Examinador (CEPES-UFU)

Agradecimentos

Aos meus pais, por todo apoio, motivação e, acima de tudo, por todo o amor exacerbado que sempre tive o privilégio de sentir desde o primeiro choro. Ao meu irmão, Leonardo, e à minha cunhada Fernanda, por serem uma inspiração de persistência que, mesmo estando longe, sabia que estavam perto. Ao Sr. Rene com o seu sorriso contagiante, por ter me ensinado o que é amar. À Dona Cida, a mulher mais guerreira e trabalhadora que eu tenho o privilégio de chamar de avó, por todo o carinho incondicional e por me ensinar o valor de um simples copo de requeijão. Ao meu avô Lula, à Bisa e à minha vovó Glorinha, as minhas saudades diárias, espero que estejam orgulhosos no plano espiritual.

Aos meus amigos e amigas, presentes ou não no meu percurso universitário, obrigado pela amizade verdadeira. Cada cerveja compartilhada, cada risada e cada momento de descontração foram o combustível necessário para que eu não desistisse. Vocês deram cor a esses anos de dedicação. Gostaria de destacar, de forma especial, seis pessoas que foram meus principais alicerces na minha vida pessoal e na vida acadêmica, expresso para Dani, Higor, Malu Mendes, Rosa, Segato e Yan a minha profunda gratidão por serem quem são.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cleomar Gomes da Silva, por ter aceitado me guiar neste trabalho. Agradeço pela paciência, pela confiança, pelo rigor metodológico exigido e, sobretudo, pela franqueza e pelo humor perspicaz durante toda a minha trajetória acadêmica.

Ao doutorando Rick Humberto Naves Galdino por toda a força, paciência e pelo auxílio técnico imprescindível para a minha compreensão dos modelos econométricos. A sua colaboração foi uma peça fundamental para viabilizar esta pesquisa.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e ao Instituto de Economia e Relações Internacionais (IERI), pelo ensino público de excelência. Expresso também a minha gratidão pelas oportunidades de amadurecimento por meio das vivências no Programa de Educação Tutorial (PET) e na Liga de Dados Econômicos (LIDE), que marcaram profundamente a minha jornada universitária.

À Bateria Mercenária, minha faculdade de vida, o ambiente que mais me permitiu sentir todas as espécies de sentimento e emoção, onde conheci pessoas únicas com as quais tive o privilégio de conviver incessantemente durante toda a minha graduação. Foi aqui que o samba me abriu portas inimagináveis.

A Deus por ter me proporcionado tudo que citei acima. Não existem palavras para expressar a minha profunda e eterna gratidão pelo Senhor.

“Cantar sempre que for possível
Não ligar pros malvados
Perdoar os pecados”
(Zeca Pagodinho e Jorge Aragão, 1983)

Resumo

O presente estudo analisa a dinâmica espacial e os impactos econométricos da adoção inicial do Sistema de Pagamentos Instantâneos (Pix) nos municípios brasileiros, entre 2021 e 2023. A pesquisa adota uma abordagem quantitativa fundamentada em três eixos: clusterização não supervisionada para delinear perfis socioeconômicos, análise exploratória de dados espaciais para avaliar a topologia da adoção tecnológica e modelo econométrico de dados em painel com efeitos fixos para mensurar a elasticidade do uso do arranjo sobre o mercado de crédito formal. Os resultados indicam forte dependência geográfica, com a formação de polos de alta maturidade digital no Centro-Sul em contraste com vazios digitais nas regiões Norte e Nordeste. No escopo econométrico, o volume financeiro transacionado apresenta impacto positivo e significativo na expansão da oferta de crédito em grande parte do território, com destaque para municípios de pequeno porte e grandes metrópoles. Conclui-se que o arranjo atua como um bem público digital que reduz custos de transação e fricções do sistema financeiro, embora demande políticas públicas focadas em infraestrutura de conectividade para superar a exclusão das áreas menos desenvolvidas.

Palavras-chave: Pix; Digitalização Financeira; Econometria Espacial; Dados em Painel; Assimetria de Informação.

Abstract

This study analyzes the spatial dynamics and econometric impacts of the initial adoption of the Instant Payment System (Pix) in Brazilian municipalities, between 2021 and 2023. The research adopts a quantitative approach based on three axes: unsupervised clustering to outline socioeconomic profiles, exploratory spatial data analysis to evaluate the topology of technological adoption, and a fixed-effects panel data econometric model to measure the elasticity of the system's usage on the formal credit market. The results indicate strong geographic dependence, with the formation of high digital maturity hubs in the Center-South in contrast to digital voids in the North and Northeast regions. In the econometric scope, the transacted financial volume presents a positive and significant impact on the expansion of credit supply across most of the territory, especially in small municipalities and large metropolises. It concludes that the system acts as a digital public good that reduces transaction costs and frictions in the financial system, although it demands public policies focused on connectivity infrastructure to overcome the exclusion of less developed areas.

Keywords: Pix; Financial Digitalization; Spatial Econometrics; Panel Data; Information Asymmetry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Panorama Global dos Custos em Arranjos de Pagamentos Instantâneos	20
Figura 2 – Evolução Comparativa da Quantidade de Transações por Meio de Pagamento	27
Figura 3 – Evolução do Pix: Quantidade vs Volume Financeiro (2020-2025)	28
Figura 4 - Evolução do Ticket Médio do Pix (2020-2025).....	29
Figura 5 - Evolução da Natureza das Transações PIX: P2P vs P2B (2020-2025).....	30
Figura 6 - Clusters LISA: Volume de Pix Real Per Capita (2023).....	39
Figura 7 - Perfis espaciais de intensidade tecnológica e financeira (Clusters K-Means).44	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sistemas de Pagamentos Instantâneos Selecionados no Panorama Global....	21
Tabela 2 - Estatísticas Descritivas das Transações do Pix (Nov/2020 a Dez/2025).....	27
Tabela 3 - Índice de Moran.....	38
Tabela 4 - Perfil socioeconômico e tecnológico dos clusters (Médias do triênio 2021-2023)	41
Tabela 5 - Resultados da Estimação TWFE por Faixas Demográficas (2021-2023)	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEDE	Análise Exploratória de Dados Espaciais
BCB	Banco Central do Brasil
BCE	Banco Central Europeu
BIS	Bank for International Settlements
DICT	Diretório de Identificadores de Contas Transacionais
DiD	Diferenças-em-Diferenças
DOC	Documento de Ordem de Crédito
ESTBAN	Estatística Bancária Mensal por Município
FPS	Fast Payments Systems
GT-PI	Grupo de Trabalho de Pagamentos Instantâneos
HHI	Herfindahl-Hirschman Index
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPS	Instant Payment Systems
LBTR	Liquidação Bruta em Tempo Real
MED	Mecanismo Especial de Devolução
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
P2B	Person-to-Business
P2P	Person-to-Person
PIB	Produto Interno Bruto
RTP	Real-Time Payments
SFN	Sistema Financeiro Nacional
SPB	Sistema de Pagamentos Brasileiro
SPI	Sistema de Pagamentos Instantâneos
STR	Sistema de Transferência de Reservas
TED	Transferência Eletrônica Disponível
UPI	Unified Payments Interface

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Fundamentos da Economia Monetária e Evolução dos Meios de Pagamentos	15
2.2	Evidências Empíricas	18
3	SISTEMAS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS INTERNACIONAIS.....	20
4	PIX	23
4.1	A Dinâmica da Moeda e a Evolução dos Meios de Pagamento	23
4.2	Antecedentes e Agenda BC#	25
4.3	Estatística Descritiva: A Magnitude do Pix em Números	26
4.4	A Arquitetura Institucional: O Estado como Fintech	31
4.5	Lançamento, Adoção e Funcionalidades	31
5	METODOLOGIA.....	33
5.1	Base de Dados e Descrição da Amostra	33
5.2	Estratégia Empírica e Modelos Econométricos	33
5.2.1	<i>Clusterização de Aprendizado de Máquina (K-means)</i>	34
5.2.2	<i>Autocorrelação Espacial (Índice de Moran e LISA)</i>	35
5.2.3	<i>Painel com Efeitos Fixos Bidirecionais (TWFE)</i>	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
6.1	Autocorrelação Espacial e o Efeito de Transbordamento (Índice Moran e LISA)	
	38	
6.2	Perfis Estruturais de Adoção Tecnológica e Financeira (K-Means).....	41
6.3	Estimação do Impacto Econométrico e TWFE	44
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	APÊNDICE A.....	54

1 INTRODUÇÃO

Na última década, o sistema financeiro global passou por um intenso processo de digitalização de serviços e modernização das infraestruturas de liquidação. Nesse cenário, diversas jurisdições ao redor do globo implementaram sistemas de pagamentos instantâneos (*Instant Payment Systems* - IPS), visando modernizar suas infraestruturas, reduzir a dependência do papel-moeda e aumentar a eficiência das transações econômicas. Contudo, como evidenciado no levantamento preliminar realizado por este trabalho, que mapeou cerca de 128 sistemas ativos em todos os continentes, a heterogeneidade na implementação dessas tecnologias é marcante.

Enquanto economias desenvolvidas, notadamente os Estados Unidos e os países da Zona do Euro, optaram majoritariamente por modelos fragmentados, muitas vezes liderados por consórcios privados ou caracterizados por custos de transação que desincentivam a adesão massiva do varejo, o Brasil trilhou um caminho distinto. O lançamento do Pix pelo Banco Central do Brasil (BCB), em novembro de 2020, não se configurou apenas como uma atualização tecnológica incremental, mas como uma intervenção de política pública estruturante. Ao estabelecer uma infraestrutura centralizada na autoridade monetária, com mandado de gratuidade para pessoas físicas, disponibilidade ininterrupta (24/7/365) e obrigatoriedade de participação para as grandes instituições financeiras, o Brasil criou um caso singular de sucesso na adoção de pagamentos digitais.

Para dimensionar a magnitude dessa adoção, basta observar os dados mais recentes disponibilizados pelo Banco Central. Em menos de quatro anos de operação, o Pix superou, com larga margem, a soma de todas as transações de cartões de crédito, débito, Transferência Eletrônica Disponível (TED) e Documento de Ordem de Crédito (DOC) combinadas. Ao final de 2023, o sistema já contava com mais de 150 milhões de usuários cadastrados, cobrindo mais de 90% da população adulta bancarizada do país. Essa capilaridade não se restringiu aos grandes centros urbanos; municípios do interior, historicamente desassistidos por agências bancárias físicas, viram no Pix uma ferramenta de inclusão imediata. O volume financeiro transacionado mensalmente, que rapidamente ultrapassou a casa dos trilhões de reais, evidencia que o sistema deixou de ser apenas uma ferramenta de transferência entre pessoas (P2P) para se tornar a espinha dorsal dos pagamentos no varejo (P2B) e entre empresas (B2B). A ampla adoção do sistema e o consequente volume de dados transacionais gerados fundamentam a hipótese exploratória deste trabalho. Parte-se da premissa de que a digitalização de pagamentos incorpora ao sistema financeiro informações de agentes previamente restritos à informalidade.

Para compreender a magnitude do impacto do Pix, faz-se necessário contextualizar o cenário bancário brasileiro pré-2020. Historicamente, o Sistema Financeiro Nacional (SFN) caracterizou-se por um dos níveis de concentração bancária mais elevados do mundo. O mercado era, e em grande parte ainda é, dominado por um oligopólio formado por cinco grandes instituições (Itaú Unibanco, Bradesco, Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal e Santander), que detinham a vasta maioria dos ativos, depósitos e da carteira de crédito do país. Essa estrutura de mercado oligopolizada resultava em baixa competição, spreads bancários elevados e custos proibitivos para transações eletrônicas tradicionais, como o DOC e a TED, que penalizavam desproporcionalmente a população de baixa renda e os pequenos negócios.

Nesse antigo paradigma, a barreira à entrada para novos competidores não era apenas regulatória, mas informacional. Os grandes bancos incumbentes possuíam uma vantagem competitiva intransponível: o acesso exclusivo ao histórico transacional de seus clientes. Como o crédito depende fundamentalmente da capacidade de avaliar o risco do tomador, e essa avaliação depende de dados, a concentração nos meios de pagamento alimentava a concentração no mercado de crédito. O cliente que movimentava sua conta no "Banco A" dificilmente conseguiria crédito no "Banco B" ou em uma fintech emergente, pois essas instituições não tinham visibilidade sobre sua capacidade de pagamento.

A introdução do Pix atua, teoricamente, como um mecanismo de ruptura dessa lógica. Ao reduzir drasticamente os custos de transação e simplificar a experiência do usuário (UX) através do uso de chaves endereçáveis (CPF, celular, e-mail), o sistema atraiu milhões de brasileiros antes desbancarizados ou sub-bancarizados para o ecossistema digital. Esse movimento gerou um novo fluxo de dados transacionais de alta frequência e granularidade. A literatura econômica sugere que essa redução na assimetria de informação diminui os custos de mudança (*switching costs*) para os consumidores e permite que novos entrantes (fintechs, bancos digitais e cooperativas de crédito) avaliem com maior precisão o risco de crédito de potenciais clientes, contestando o poder de mercado dos grandes bancos incumbentes. Apesar da relevância teórica deste mecanismo de ruptura, a literatura empírica sobre o tema ainda é incipiente. Estudos recentes já documentam o sucesso do Pix na expansão da inclusão financeira (SAMPAIO; ORNELAS, 2024) e o seu efeito direto na reconfiguração estrutural do setor, como a redução estatisticamente significativa no número de agências bancárias físicas nos municípios brasileiros (LEAL; HAASE, 2025). Contudo, permanece uma lacuna crítica: de que forma esse choque tecnológico e a consequente diminuição das barreiras físicas transbordam (*spillover effect*) para a estrutura do mercado de empréstimos?

Diante dessa lacuna, o problema de pesquisa central deste estudo é investigar se a introdução e a difusão do Pix foram capazes de impulsionar a expansão da oferta de crédito municipal na margem, atuando como um vetor de contestabilidade em mercados historicamente concentrados. A questão norteadora busca responder se municípios com maior intensidade de uso do Pix apresentaram um crescimento elástico e significativo no volume de financiamentos em comparação àqueles com menor adoção. Portanto, o objetivo geral deste trabalho é estimar a associação condicional e o impacto econométrico da adoção tecnológica do Pix sobre o volume de crédito formal concedido nos municípios brasileiros. Como objetivos específicos, pretende-se: (i) mapear a evolução da adoção do Pix regionalmente; (ii) descrever a estrutura de concentração bancária (HHI) dos municípios no período recente; e (iii) testar econometricamente a relação entre a intensidade da digitalização dos pagamentos e a expansão do mercado de crédito local. Nesta via, o estudo adota uma abordagem exploratória para investigar a hipótese de que o choque tecnológico do Pix possui impactos heterogêneos e não lineares sobre a economia. Postula-se que a absorção desta inovação e a consequente expansão do crédito dependem de limiares demográficos e de maturidade institucional, não se manifestando de forma uniforme em todo o território nacional.

Metodologicamente, o estudo adota uma abordagem quantitativa, utilizando microdados das Estatísticas Bancárias por Município (ESTBAN) e dados públicos de transações do Pix disponibilizados pelo BCB. A estratégia empírica baseia-se em um estimador de painel com Efeitos Fixos Bidirecionais (TWFE), explorando a variação geográfica e temporal na intensidade contínua de uso do Pix como um choque exógeno sobre a estrutura de mercado local, empregando estimadores de efeitos fixos bidirecionais para mitigar a heterogeneidade municipal invariante no tempo.

Os resultados empíricos revelam que a difusão do arranjo não ocorreu de forma espacialmente neutra. A análise exploratória de dados espaciais e a clusterização confirmam uma forte dependência geográfica, evidenciando a formação de polos de alta maturidade digital no Centro-Sul do país, em nítido contraste com a persistência de "vazios digitais" nas macrorregiões Norte e Nordeste. No escopo econométrico, as estimações do modelo TWFE demonstram que a intensidade de uso do PIX atua como um vetor consistente para a expansão do crédito formal local. Identificou-se uma elasticidade positiva e estatisticamente significativa na maioria das faixas demográficas, com destaque para a forte responsividade estrutural em pequenos municípios (até 50.000 habitantes) e nas grandes metrópoles. Tais evidências corroboram a hipótese central da pesquisa de que a digitalização do fluxo financeiro do varejo

mitiga assimetrias de informação e reduz fricções históricas, impulsionando a contestabilidade e a inclusão no mercado de crédito.

Além desta introdução, o trabalho está estruturado em quatro seções subsequentes. A segunda seção apresenta uma revisão da literatura, abordando a teoria da intermediação financeira, a relação entre pagamentos e crédito, e situando o Pix no cenário internacional através da análise comparativa dos sistemas de pagamentos globais. A terceira seção detalha a metodologia, descrevendo a base de dados, a construção das variáveis e o modelo econométrico proposto. A quarta seção apresenta os resultados descritivos e as estimativas do impacto causal, bem como testes de robustez. Por fim, a quinta seção discute as implicações dos resultados para a política econômica e apresenta as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentos da Economia Monetária e Evolução dos Meios de Pagamentos

A compreensão dos impactos do ecossistema Pix no mercado de crédito exige, preliminarmente, a revisitação dos fundamentos teóricos da economia monetária. Historicamente, o surgimento da moeda soluciona o problema fundamental da dupla coincidência de desejos inerente às economias de escambo, atuando como o mecanismo essencial para o escoamento da produção e para as trocas comerciais. Para que um ativo financeiro exerça plenamente esse papel, a teoria monetária clássica (MISHKIN, 2014; CARVALHO et al., 2015) estabelece que ele deve operar sob três funções macroeconômicas primordiais: unidade de conta (referência padrão de valor), reserva de valor (transferência de poder de compra no tempo) e meio de troca (aceitabilidade geral e imediata para a liquidação de transações).

Apesar da longa evolução histórica da moeda-mercadoria para a moeda fiduciária e escritural, a função de "meio de troca" sempre esbarrou em gargalos e fricções operacionais. No sistema financeiro tradicional (seja por meio de papel-moeda, TED, DOC ou cartões de crédito/débito), essas fricções manifestam-se na forma de elevados custos de transação, assimetria de informação, limitação de horários bancários, atrasos na liquidação (risco de liquidez) e elevados custos logísticos de transporte e guarda física (o chamado custo social da moeda).

Nesse contexto teórico, a implementação de arranjos de pagamentos instantâneos como o Pix representa uma inovação relevante no funcionamento do sistema de pagamentos. Ao digitalizar e liquidar transações em tempo real, operando de forma ininterrupta, o arranjo elimina drasticamente os atritos espaciais e temporais do sistema bancário. Essa eliminação de fricções amplia significativamente a função de meio de troca: os recursos que antes ficavam ociosos em trânsito nas câmaras de compensação ou retidos nas carteiras das famílias por motivo de precaução passam a transitar instantaneamente. Consequentemente, o Pix tende a aumentar a velocidade de circulação da moeda na economia e reduz os custos transacionais, criando um ambiente de maior eficiência alocativa onde o dinheiro flui com muito mais agilidade para os depósitos bancários, aumentando a liquidez disponível para a concessão de crédito.

Na teoria da preferência pela liquidez, desenvolvida por Keynes (1936), os agentes econômicos demandam moeda por três motivos fundamentais: transação, precaução e especulação. O entesouramento, caracterizado pela retenção de moeda manual e ociosa, motivada sobretudo por precaução e incerteza, atua historicamente como um dreno no fluxo

circular de renda da economia. O advento de um sistema de pagamentos instantâneo, disponível ininterruptamente, reduz drasticamente a necessidade de entesouramento precaucional em espécie física, visto que a liquidez imediata passa a ser garantida no ambiente digital. Esta transição também é perfeitamente explicada sob a ótica do modelo de Baumol-Tobin (BAUMOL, 1952; TOBIN, 1956), que detalha o comportamento da demanda transacional por moeda. No modelo, os agentes otimizam o saldo retido ponderando o custo de oportunidade (os rendimentos de juros perdidos ao não investir o capital) contra os custos de transação inerentes à conversão de ativos em meios de pagamento (como o tempo, as tarifas e o custo de deslocamento para realizar saques físicos). Com o Pix, esse custo de transação financeiro e temporal é reduzido expressivamente. Consequentemente, a teoria prevê uma alteração racional na gestão de caixa das famílias e empresas, que passam a reter saldos médios muito menores em espécie física.

Do ponto de vista contábil e da formulação de política monetária, a liquidez da economia é mensurada pelos agregados monetários, classificados pelo Banco Central do Brasil em níveis decrescentes de liquidez:

- M1: Meios de pagamento restritos, compostos pela moeda de liquidez imediata, que não rende juros.
- M2: M1 somado a depósitos de poupança e títulos privados de alta liquidez.
- M3: M2 somado a cotas de fundos de investimento e operações compromissadas.
- M4: M3 somado a títulos públicos federais.

O agregado M1 (Meios de Pagamento) é estruturado pela soma do Papel-Moeda em Poder do Público (PMPP) com os Depósitos à Vista (DV), englobando, portanto, a moeda manual e a moeda escritural ($M1 = PMPP + DV$). Conforme avaliações do BC Blog (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025), a adoção massiva do Pix provoca um forte efeito de substituição na composição interna do M1. A facilidade e gratuidade da ferramenta diminuem a proporção e a dependência da moeda manual e elevam a participação da moeda escritural (DV) mantida nas instituições. Este movimento estrutural tem um impacto profundo na engrenagem de crédito do Sistema Financeiro Nacional. Ao migrar os recursos que antes circulavam ou eram entesourados fisicamente fora dos bancos para os depósitos à vista, amplia-se substancialmente a base primária de captação do sistema.

A consequência matemática direta deste aumento na proporção de depósitos à vista é a elevação do multiplicador bancário (ou multiplicador monetário). Como o sistema financeiro

opera sob o regime de reservas fracionárias, um volume maior de depósitos na forma de moeda escritural confere aos bancos comerciais maior capacidade de alavancagem (CARVALHO et al., 2015). Dessa forma, a redução do uso de dinheiro físico promovida pelo Pix facilita a expansão da oferta de crédito, gerando efeitos multiplicadores que estimulam o nível de atividade econômica e atuam como vetor indireto para a geração de empregos (LEMOS, 2024). Adicionalmente, a substituição da moeda manual pela escritural via Pix reduz substancialmente o chamado "custo social do dinheiro", os elevados gastos logísticos e de segurança envolvidos na emissão, transporte em carros-fortes e manutenção da rede de caixas eletrônicos (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025). Essa drástica otimização operacional diminui as despesas administrativas das instituições financeiras, um ganho de eficiência que, teoricamente, contribui para a redução do spread bancário e viabiliza a oferta de crédito a taxas mais competitivas.

Sob a ótica institucional e da economia da informação, a evolução tecnológica dos meios de pagamento não representa apenas um ganho de conveniência, mas uma alteração profunda na estrutura de incentivos do mercado de crédito. A teoria clássica do racionamento de crédito, formalizada por Stiglitz e Weiss (1981), postula que a assimetria de informação entre credores e tomadores gera problemas crônicos de seleção adversa e risco moral, limitando a oferta de financiamentos. No paradigma tradicional, baseado em numerário físico, as transações financeiras do pequeno varejo e das famílias não deixavam rastros, perpetuando essa opacidade informacional.

A digitalização instantânea da moeda rompe com essa dinâmica. Ao converter o dinheiro físico em moeda escritural e as trocas informais em registros rastreáveis, arranjos como o Pix transformam a função de "meio de troca" em um poderoso gerador de dados. Essa formalização eletrônica reduz drasticamente os custos de monitoramento e avaliação de risco por parte das instituições financeiras. Assim, a modernização dos pagamentos atua diretamente no cerne da falha de mercado descrita por Stiglitz e Weiss, permitindo que o sistema bancário expanda a fronteira de crédito para agentes que, anteriormente, encontravam-se à margem do sistema financeiro formal por absoluta falta de histórico transacional.

Dessa forma, sob a perspectiva da economia monetária e da teoria da informação, espera-se que a redução dos custos de transação e das fricções associadas aos meios de pagamento promovida pelo Pix favoreça a circulação da moeda, amplie a disponibilidade de recursos no sistema financeiro e reduza a assimetria de informações nas transações. Esses mecanismos constituem os fundamentos teóricos que sustentam a hipótese investigada nesta pesquisa de que a expansão do uso do Pix está associada ao aumento da concessão de crédito nos municípios brasileiros.

2.2 Evidências Empíricas

Ao mitigar atritos, custos operacionais e o tempo de liquidação, o Pix inseriu-se diretamente na otimização da função de meio de troca, revolucionando a dinâmica de pagamentos do varejo e a velocidade de circulação da moeda no Brasil (LEMOS, 2024). Para o caso específico do Brasil, a literatura empírica recente já emprega estratégias robustas de identificação causal para mensurar os impactos do Pix. Em um estudo seminal, Sampaio e Ornelas (2024), publicado pelo *Bank for International Settlements* (BIS), refutam a tese de canibalização e concluem que o Pix atua como um complemento ao sistema financeiro. Através de uma engenhosa estratégia de Variável Instrumental, utilizando a ocorrência de enchentes como um choque exógeno que impulsiona o uso do Pix para fins de seguro informal, os autores demonstram que um aumento no número de usuários do sistema causa um aumento estatisticamente significativo no uso de boletos, TEDs e na aceitação de cartões. Crucialmente, o estudo revela um aprofundamento da inclusão financeira, com a adoção do Pix levando a um aumento na abertura de primeiras contas bancárias e no acesso a crédito pela primeira vez (SAMPAIO; ORNELAS, 2024).

Avançando sobre essa evidência, o trabalho fundamental de Gomes e Silva (2024) investiga o impacto dessa expansão sobre a estrutura de mercado. Empregando um rigoroso modelo de DiD e validando-o com um Estudo de Eventos, os autores fornecem a primeira evidência robusta de que os municípios com maior taxa de adoção do Pix experimentaram uma queda estatisticamente significativa na concentração do mercado de crédito local, medida pelo Índice Herfindahl-Hirschman. O efeito mostrou-se mais pronunciado em regiões historicamente menos desenvolvidas, sugerindo uma força equalizadora. O mecanismo causal apontado é a redução da assimetria de informação, que permite a entrada de novos competidores em mercados antes dominados por bancos incumbentes (GOMES; SILVA, 2024).

Adicionando uma camada crucial a essa narrativa estrutural, Leal e Haase (2025) investigam as consequências diretas do Pix sobre a infraestrutura física bancária. Utilizando dados mensais em nível municipal e a metodologia empírica de DiD, os autores comprovam que a adoção massiva do sistema causou uma redução estatisticamente significativa no número de agências bancárias locais. Esse achado evidencia que a digitalização dos pagamentos destrói ativamente as barreiras geográficas de entrada, historicamente erguidas pelas robustas redes de agências físicas dos grandes bancos incumbentes, nivelando o campo de atuação e abrindo espaço para a penetração remota de novos entrantes, como fintechs e bancos digitais.

Em conjunto, a literatura recente forma uma narrativa empírica coesa: o Pix expande o ecossistema financeiro (SAMPAIO; ORNELAS, 2024), desmantela as barreiras físicas de entrada (LEAL; HAASE, 2025) e, conseqüentemente, torna o mercado de crédito local mais competitivo e desconcentrado (GOMES; SILVA, 2024). O presente trabalho se insere diretamente neste diálogo, buscando validar a robustez desses achados por meio de modelagem econométrica e aprofundar a análise sobre a reconfiguração competitiva do mercado de empréstimos, que emerge como o principal efeito estrutural desta notável reforma promovida pelo Banco Central.

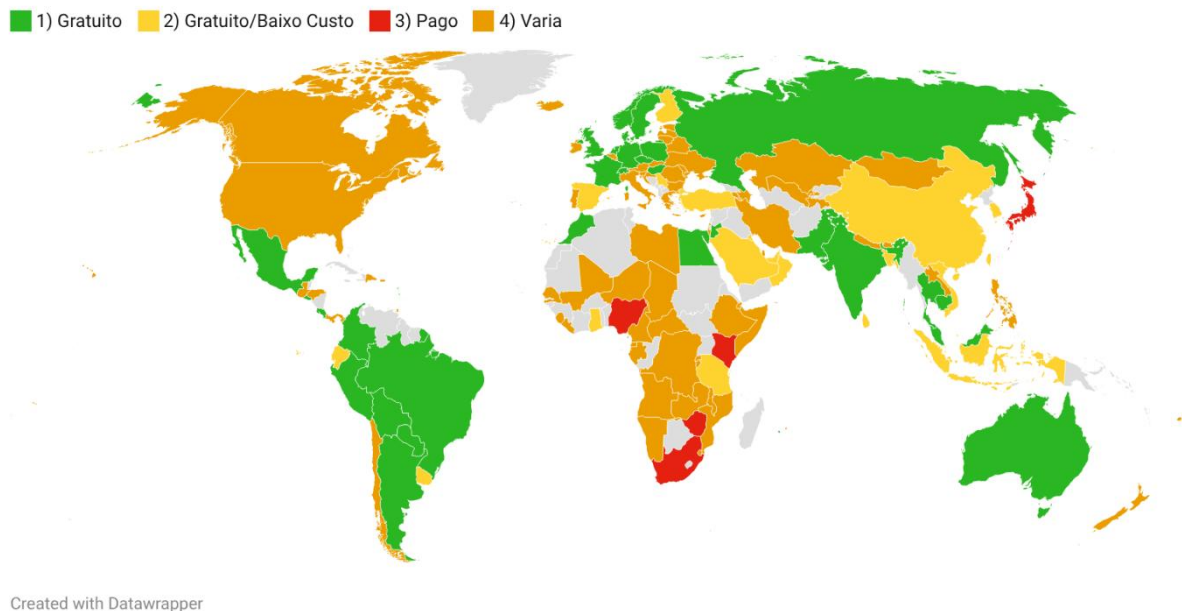
3 SISTEMAS DE PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS INTERNACIONAIS

A adoção de sistemas de pagamentos instantâneos (*Fast Payment Systems* - FPS) representa uma transição estrutural na arquitetura financeira global. Antes de analisar os impactos microeconômicos do arranjo brasileiro sobre o mercado de crédito, é necessário contextualizar a evolução dessa inovação tecnológica no ambiente internacional e detalhar a infraestrutura institucional que viabiliza a liquidação dessas transações no Brasil.

A literatura sobre pagamentos instantâneos, embora recente, já permite a identificação de diferentes modelos de implementação e governança em escala global, cujas características são fundamentais para contextualizar a singularidade do caso brasileiro. O levantamento primário realizado por este trabalho mapeou 128 sistemas ativos em todos os continentes. A relação integral, que atua como base de dados de sustentação empírica para esta pesquisa e para a formulação do mapa global, encontra-se detalhada no extenso Apêndice A.

A Tabela 1 sintetiza os arranjos mais representativos na economia global, evidenciando que, embora a adoção tecnológica seja uma tendência uníssona, a heterogeneidade institucional e os modelos de governança variam drasticamente entre as jurisdições.

Figura 1 – Panorama Global dos Custos em Arranjos de Pagamentos Instantâneos



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em Fast Payments Tracker (World Bank, 2026).

Deste universo de 128 jurisdições mapeadas, a configuração global apresenta-se da seguinte forma: a ampla maioria, composta por 71 sistemas (55,5%), opera sob o modelo com tarifas que variam livremente (Laranja); 5 sistemas (3,9%) cobram taxas explícitas ao

consumidor (Vermelho); 20 sistemas (15,6%) operam com baixo custo subsidiado (Amarelo); e 32 sistemas (25%) oferecem gratuidade total regulada para o segmento de varejo (Verde).

A representação cartográfica (Figura 1) explicita uma profunda clivagem global na tarifação dos arranjos de liquidação instantânea. Nota-se uma expressiva concentração de sistemas onerosos ao usuário final no continente africano, um mercado historicamente pioneiro, mas dominado por redes privadas de *mobile money* operadas por conglomerados de telecomunicações. Nas economias avançadas do Hemisfério Norte, como Estados Unidos e grande parte da Europa, prevalece a variabilidade tarifária, reflexo de ecossistemas fragmentados e geridos por consórcios bancários com fins lucrativos. Em nítido contraste, jurisdições emergentes de dimensões continentais, com destaque para o Brasil e a Índia, figuram como anomalias positivas no cenário internacional ao garantirem a gratuidade na ponta do varejo, resultado direto da intervenção incisiva de seus respectivos Bancos Centrais ao tratarem a infraestrutura de pagamentos como um bem público digital.

Tabela 1 – Sistemas de Pagamentos Instantâneos Selecionados no Panorama Global

País / Região	Sistema (Ano de Lançamento)	Operador Principal	Modelo de Governança
Reino Unido	Faster Payments (2008)	Pay.UK	Privado sob regulação
China	IBPS (2010)	PBOC e BigTechs	Híbrido / Ecossistemas
	Alipay / WeChat Pay		Fechados
Índia	UPI (2016)	NPCI	Infraestrutura Pública Aberta
Estados Unidos	RTP (2017)	TCH/ Federal Reserve	Descentralizado / Misto
	FedNow (2023)		
Zona do Euro	TIPS (2018)	BCE	Público / Centralizado
Brasil	Pix (2020)	BCB	Público / Centralizado

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em World Bank (2026).

A análise comparativa desta amostra aponta para a existência de três arquétipos principais. O primeiro é o modelo norte-americano, caracterizado por uma inovação liderada historicamente pelo setor privado e uma intervenção estatal tardia. O lançamento do FedNow em 2023 pelo Federal Reserve inseriu um agente público em um mercado já fragmentado e povoado por soluções privadas consolidadas, como a rede RTP (*Real-Time Payments*), resultando em desafios crônicos de interoperabilidade e custos mais elevados para o consumidor (KRAUSE, 2024; GÓRKA, 2024).

Em oposição, Klein (2020) detalha o modelo chinês, dominado por gigantes da tecnologia (BigTechs) como Alibaba (Alipay) e Tencent (WeChat Pay). Este modelo promoveu uma revolução ao "saltar" (*leapfrog*) a era dos cartões, baseando seu sistema em carteiras digitais e na tecnologia de baixo custo do QR Code. Essa abordagem permitiu a desintermediação radical do sistema bancário e a criação de "jardins murados" (*walled gardens*): ecossistemas fechados onde as transações são gratuitas internamente, mas a principal fonte de valor reside na extração e monetização de um volume massivo de dados sobre o comportamento dos usuários, levantando questões sobre privacidade e concentração de poder (KLEIN, 2020).

Entre esses dois extremos, emerge um terceiro modelo liderado pelo Estado, no qual a infraestrutura de pagamentos é concebida como um bem público digital, visando garantir um ecossistema aberto e competitivo. O exemplo precursor mais proeminente é o *Unified Payments Interface* (UPI) indiano, que serviu de inspiração para jurisdições emergentes. Esta abordagem é interpretada como uma afirmação de soberania monetária na era digital, uma resposta estratégica para mitigar os riscos que ativos digitais privados e não regulamentados representam para a estabilidade e a autonomia da política monetária nacional (CAMACHO; SILVA, 2025).

4 PIX

4.1 A Dinâmica da Moeda e a Evolução dos Meios de Pagamento

Com os fundamentos teóricos da economia monetária estabelecidos, cabe examinar como essas dinâmicas se manifestaram historicamente no Sistema de Pagamentos Brasileiro e de que forma criaram as condições institucionais para o surgimento do Pix. A evolução tecnológica dos meios de pagamento não atende exclusivamente a uma demanda microeconômica por conveniência e redução de custos de transação, mas possui também profundas implicações macroeconômicas, notadamente no mecanismo de transmissão da política monetária. Mesmo com a digitalização primária dos instrumentos de pagamento, os sistemas tradicionais ainda operavam de forma fragmentada em diversas jurisdições, apresentando latências de liquidação interbancária e custos operacionais que limitavam a interoperabilidade (GÓRKA, 2024; KRAUSE, 2024), lacunas que prepararam o terreno para a ascensão global dos sistemas de pagamento instantâneo concebidos como infraestruturas públicas digitais (CAMACHO; SILVA, 2025).

Na teoria econômica, a política monetária atua sobre a inflação e o nível de atividade por meio de diversos canais, como taxa de juro, crédito e expectativas, sendo o sistema bancário o elo fundamental dessa engrenagem (COSTA, 2020). A velocidade dessa transmissão é diretamente condicionada pela infraestrutura que suporta a circulação do dinheiro: em sistemas com latências de compensação e liquidação diferida, as instituições financeiras mantêm maiores colchões de liquidez e elevam os custos interbancários. A digitalização e o advento de infraestruturas de liquidação em tempo real alteram esse quadro, permitindo que os impulsos da política monetária se propaguem de forma mais ágil e homogênea por todo o sistema.

Como discutido na fundamentação teórica, essa digitalização induz uma readequação na demanda por moeda e potencializa o multiplicador bancário. Cabe ressaltar, contudo, que a estratégia empírica desta pesquisa focará especificamente no canal informacional desse processo: busca-se mensurar como a redução da opacidade de dados, impulsionada pelo volume granular de transações do Pix, atua como vetor direto para a expansão do mercado de crédito, isolando esse mecanismo dos efeitos puramente monetários.

Nesta perspectiva, o arranjo de pagamentos desempenha um papel estrutural na economia, servindo como o canal primário para a fluidez da liquidez e a transmissão das diretrizes do Banco Central. No caso do Brasil, a busca histórica por um mecanismo de transmissão seguro e eficiente guiou uma profunda modernização institucional. Este processo de mitigação do risco sistêmico e de otimização da liquidez desaguou na estruturação do

Sistema de Pagamentos Brasileiro, cuja arquitetura preparou o terreno para a mais recente e transformadora reforma tecnológica do país (GOMES; SILVA, 2024).

De acordo com o Banco Central do Brasil (2024), o Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB) compreende o complexo conjunto de entidades, sistemas e mecanismos inerentes ao processamento e à liquidação de operações de transferência de fundos, de operações com moeda estrangeira e de transações com ativos financeiros e valores mobiliários. O objetivo precípua do SPB é garantir a transferência de recursos de forma segura e eficiente, mitigando o risco sistêmico na economia.

A evolução dos meios de pagamento no Brasil teve um marco estrutural em 2002, com a profunda reestruturação do SPB. O Banco Central implementou o Sistema de Transferência de Reservas (STR), operando sob o conceito de Liquidação Bruta em Tempo Real (LBTR). Com o STR, as transferências interbancárias passaram a ser liquidadas operação por operação, de forma irrevogável e incondicional, condicionadas à existência de saldo na conta de Reservas Bancárias das instituições participantes. Essa inovação eliminou o risco de crédito entre os bancos durante as liquidações, mas o segmento de varejo permaneceu ancorado em instrumentos legados (DOC e TED). Tais mecanismos operavam sob restrições operacionais rígidas (apenas em dias úteis e horário comercial) e embutiam altos custos tarifários, criando barreiras à entrada que penalizavam a população de baixa renda e os pequenos negócios.

Visando superar essas fricções e modernizar a dinâmica da moeda no varejo, o Banco Central instituiu o Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI) para viabilizar o arranjo Pix, lançado oficialmente em novembro de 2020. Diferentemente de iniciativas estritamente privadas observadas no modelo norte-americano, o Pix foi concebido desde a sua gênese como um bem público digital. Segundo o Banco Central do Brasil (2024b), o SPI é a infraestrutura centralizada de liquidação bruta em tempo real voltada exclusivamente para os pagamentos instantâneos, sendo desenvolvida, gerida e operada pelo próprio BCB.

A principal ruptura tecnológica do SPI em relação ao antigo STR é a sua arquitetura de disponibilidade contínua: o sistema opera 24 horas por dia, 7 dias por semana, nos 365 dias do ano. Para isolar e dar máxima eficiência a essa nova dinâmica de liquidez, o BCB criou uma conta específica no passivo da autoridade monetária, denominada Conta Pagamentos Instantâneos (Conta PI). Diferentemente da tradicional conta de Reservas Bancárias, o saldo da Conta PI determina o limite financeiro que as instituições participantes possuem para liquidar as transações de seus clientes fora do horário comercial e aos finais de semana, não havendo concessão de crédito pelo Banco Central nesse processo (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2024b).

Além da liquidação financeira, a arquitetura do SPI está profundamente integrada ao Diretório de Identificadores de Contas Transacionais (DICT), um banco de dados seguro, também administrado pelo BCB, que vincula chaves de endereçamento (como CPF, e-mail ou telefone) às informações completas das contas dos usuários. Do ponto de vista de tecnologia da informação, o SPI adota o padrão internacional de mensageria ISO 20022 em formato XML. Isso garante que o fluxo de dados carregue informações ricas de forma padronizada, o que facilita a conciliação automatizada e pavimentam o caminho para futuras integrações internacionais (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2024). Portanto, a transição arquitetônica do SPB tradicional para o arranjo do SPI reflete a própria evolução da moeda em sua função de meio de troca. Ao assumir o protagonismo como provedor e operador de infraestrutura, o Estado brasileiro reduziu as barreiras de entrada no Sistema Financeiro Nacional, fomentou a competição entre bancos tradicionais e fintechs, e proporcionou aos agentes econômicos uma ferramenta de transferência imediata com custo marginal tendente a zero.

A introdução desta tecnologia de liquidação instantânea alterou profundamente a dinâmica da economia monetária. Do ponto de vista da gestão bancária, a exigência de processamento ininterrupto e imediato impõe novos desafios à administração de ativos e passivos, levando as instituições a reavaliarem a sua composição de liquidez para suportar o fluxo contínuo de transações. Sob a ótica do mercado, a redução radical dos custos de transação e a simplificação da experiência do usuário (por meio de chaves endereçáveis) democratizaram o acesso aos serviços financeiros digitais. A adoção do Pix gerou um novo fluxo de dados transacionais associados a agentes econômicos anteriormente restritos à informalidade. Conforme a literatura aponta, essa mitigação da assimetria informacional reduz os custos de mudança (*switching costs*) e fomenta a contestabilidade no mercado de crédito local.

4.2 Antecedentes e Agenda BC#

A trajetória de modernização do SPB caracteriza-se por uma dualidade histórica. Se, por um lado, o país consolidou nas últimas décadas uma infraestrutura de atacado robusta e segura, materializada no STR, o segmento de varejo permaneceu, por longo tempo, marcado por ineficiências operacionais e custos de transação proibitivos. Até o final da década de 2010, o mercado de transferências eletrônicas dependia majoritariamente de instrumentos como o DOC e a TED. Embora funcionais, tais mecanismos operavam com janelas de liquidação restritas (apenas em dias úteis e horários comerciais) e tarifas elevadas, criando barreiras de entrada que desestimulavam transações de baixo valor e perpetuavam o uso intensivo do papel-moeda (GOMES; SILVA, 2024).

Esse cenário resultava em uma significativa exclusão financeira e em uma alocação ineficiente de recursos. A rigidez dos horários bancários e o custo das tarifas penalizavam desproporcionalmente a população de baixa renda e os pequenos empreendedores, que, sem alternativas digitais viáveis, arcavam com os riscos e os custos logísticos do manuseio de numerário. Ademais, a estrutura do mercado de crédito e serviços financeiros apresentava-se altamente concentrada, com pouca contestabilidade por parte de novos entrantes, o que limitava a inovação e a competição por preços no setor bancário (SAMPAIO; ORNELAS, 2024). Diante desse diagnóstico, o BCB iniciou um movimento estratégico de ruptura com o status quo. Em maio de 2018, por meio da Portaria nº 97.909, a autoridade monetária instituiu o Grupo de Trabalho de Pagamentos Instantâneos (GT-PI). Esse fórum colaborativo, composto por técnicos do regulador e agentes de mercado, teve a missão de desenhar os requisitos fundamentais para um novo ecossistema de pagamentos que fosse, simultaneamente, instantâneo, disponível 24 horas por dia, sete dias por semana, e aberto a múltiplas instituições (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019).

A iniciativa ganhou contornos de política de Estado com o lançamento da Agenda BC# em maio de 2019. Substituta da antiga Agenda BC+, a nova diretriz estratégica estruturou-se sobre quatro pilares fundamentais: inclusão, competitividade, transparência e educação financeira. Dentro desse arcabouço, a criação do Pix foi posicionada como o instrumento central da dimensão "competitividade". O objetivo não era apenas modernizar a infraestrutura tecnológica, mas utilizar a tecnologia de pagamentos como alavanca para reduzir a assimetria de informações e as barreiras à entrada de fintechs e cooperativas, fomentando um ambiente financeiro mais plural e eficiente (SCHAPIRO; MOUALLEM; DANTAS, 2023).

Portanto, o Pix não nasceu como um produto isolado, mas como a materialização de uma agenda regulatória deliberada, desenhada para corrigir as falhas de mercado herdadas dos arranjos anteriores e preparar o Sistema Financeiro Nacional para a economia digital.

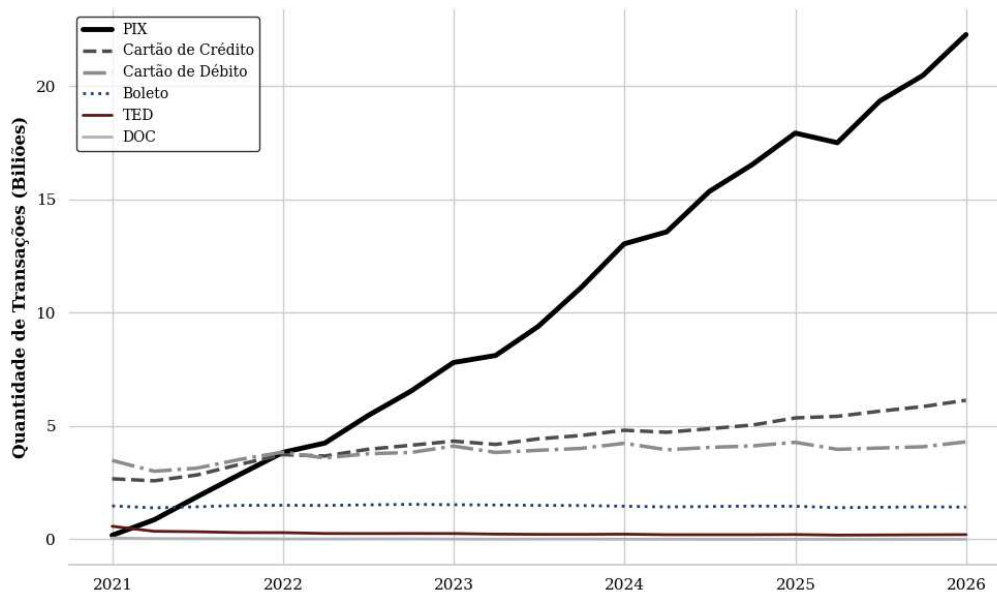
4.3 Estatística Descritiva: A Magnitude do Pix em Números

A análise aprofundada dos microdados transacionais do Pix revela dinâmicas que vão além do mero volume financeiro, evidenciando uma mudança estrutural no comportamento dos agentes econômicos. A partir do processamento da série histórica (2020-2025), cujas estatísticas descritivas gerais estão sumarizadas na Tabela 2, é possível destacar três dinâmicas fundamentais que corroboram a hipótese de desconcentração financeira.

Antes de aprofundar nas dinâmicas internas do sistema, é fundamental dimensionar a sua rápida adoção em relação aos arranjos legados. A consolidação do Pix evidencia-se de

forma contundente ao compararmos a sua curva de utilização com os demais meios de pagamento do varejo (TED, DOC, boletos e cartões). Conforme ilustra a Figura 2, num curto espaço de tempo, o arranjo instantâneo ultrapassou, em quantidade absoluta de operações, a soma de todos os instrumentos tradicionais, assumindo a liderança hegemônica nas transações do Sistema Financeiro Nacional.

Figura 2 – Evolução Comparativa da Quantidade de Transações por Meio de Pagamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil.

A ascensão exponencial evidenciada na Figura 2 ilustra a consolidação agregada da tecnologia em todo o território nacional. Contudo, para os propósitos desta pesquisa, faz-se necessário desagregar essa adoção em nível local para compreender sua distribuição. A Tabela 2 apresenta o sumário estatístico das variáveis municipais utilizadas no painel, detalhando o comportamento da penetração do arranjo e o volume financeiro transacionado nas cidades ao longo do período analisado.

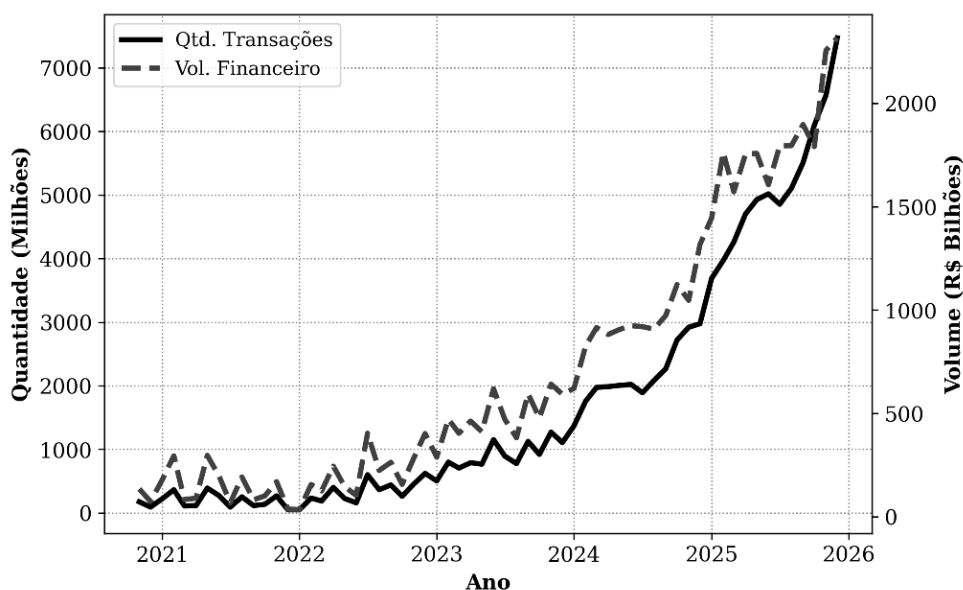
Tabela 2 - Estatísticas Descritivas das Transações do Pix (Nov/2020 a Dez/2025)

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-Padrão
Quantidade de Transações (Milhões)	50	7.472,15	1.703,53	1.928,24
Volume Financeiro (R\$ Bilhões)	34,37	2.316,02	701,32	636,32
Ticket Médio (R\$)	293,66	809,32	554,49	149,86
Participação P2B	6,39%	36,79%	21,54%	10,65%

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil.

As estatísticas descritivas revelam não apenas a capilaridade do sistema, mas também uma significativa heterogeneidade na intensidade de uso entre as jurisdições. Além dessa dispersão espacial, o comportamento transacional apresenta nuances importantes quando contrastamos a quantidade de operações com o volume financeiro estrito, uma dinâmica comportamental que pode ser observada em maiores detalhes na Figura 3.

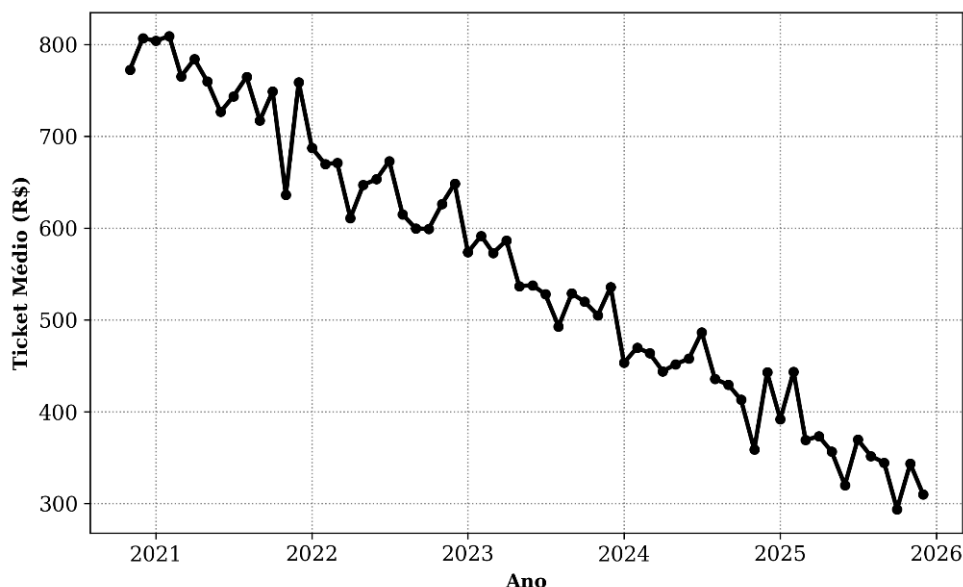
Figura 3 – Evolução do Pix: Quantidade vs Volume Financeiro (2020-2025)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil.

O primeiro e mais revelador indicador é a evolução do ticket médio das transações (Figura 4). Nos primeiros meses de operação, no final de 2020, o ticket médio do Pix orbitava na faixa de R\$ 800, refletindo um uso inicial majoritariamente voltado para substituição de transferências de maior valor (como a TED). Contudo, à medida que a tecnologia ganhava capilaridade, observou-se uma queda contínua e acentuada deste indicador, estabilizando-se na faixa de R\$ 300 ao final de 2025. Esta diluição do valor médio comprova estatisticamente que o Pix ultrapassou a função de transferência bancária para se consolidar como um meio de pagamento de varejo cotidiano (micropagamentos), atingindo as camadas de menor renda e os microempreendedores (MIURA, 2025).

Figura 4 - Evolução do Ticket Médio do Pix (2020-2025)



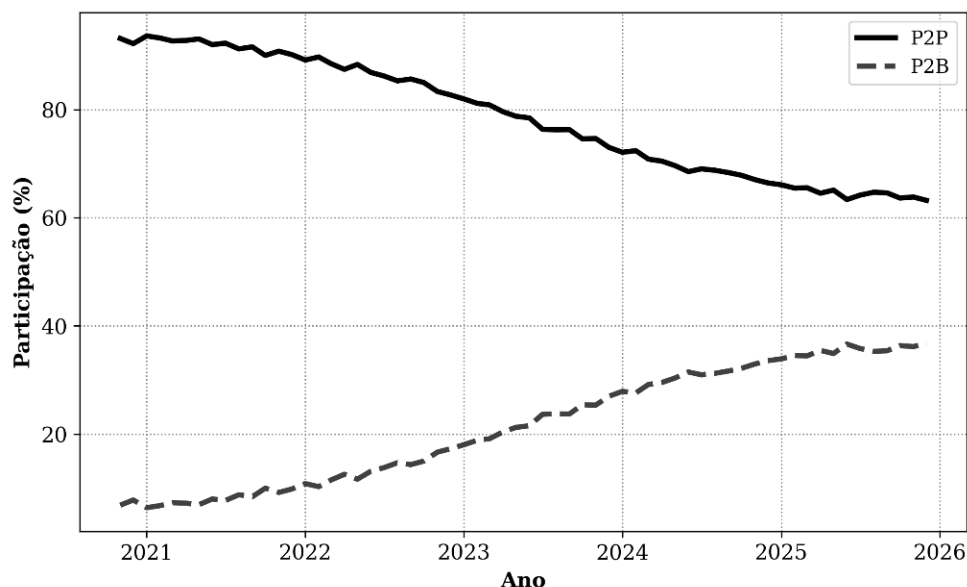
Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil.

O segundo fator de destaque é o crescimento composto da adoção. Diferentemente de inovações tecnológicas que apresentam um "boom" inicial seguido de estagnação, a curva de quantidade de transações do Pix manteve um crescimento acelerado e contínuo (Figura 2). O ecossistema processou mais de 62 bilhões de operações apenas no ano de 2025. Esse volume ininterrupto de liquidação em tempo real (24/7) exigiu, como apontam Gonzalez, Ma e Zeng (2025), que o sistema bancário tradicional readequasse estruturalmente os seus balanços de liquidez, mantendo maiores níveis de caixa. A magnitude macroeconômica do sistema é atestada pelo volume total acumulado. Em 2025, o Pix transacionou mais de R\$ 21 trilhões, um montante que rivaliza com múltiplos do próprio Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Esse adensamento colossal de dados financeiros, gerado por uma infraestrutura pública e digital, é o elemento-chave que mitiga as assimetrias de informação histórica. Teoricamente, postula-se que a formalização eletrônica desses fluxos atua como vetor para a redução da assimetria de informação, hipótese de contestabilidade do mercado que encontra amparo empírico na literatura recente (GOMES; SILVA, 2024).

A consolidação do Pix como mecanismo de inclusão e de rastreabilidade informacional evidencia-se, de forma contundente, ao analisar-se a evolução da natureza das transações (Figura 5). Nos primeiros meses de operação, o sistema foi predominantemente adotado para transferências interpessoais (Pessoa para Pessoa - P2P). No entanto, ao longo da série histórica até o final de 2025, nota-se um crescimento expressivo e contínuo da participação das operações do tipo P2B (Pessoa para Empresa). Esse avanço percentual dos pagamentos comerciais sinaliza

que o ecossistema transcendeu a esfera das transferências pessoais e passou a intermediar substancialmente o consumo varejista, substituindo até mesmo operações de cartão de débito e dinheiro em espécie no comércio local.

Figura 5 - Evolução da Natureza das Transações PIX: P2P vs P2B (2020-2025)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil.

Sob a ótica do mercado de crédito, escopo central deste estudo, essa massificação do uso comercial (P2B) desempenha um papel fundamental. A operacionalização prática dessa mitigação informacional ocorre em sinergia com o avanço do ecossistema de *Open Finance*. O volume de recebimentos via Pix constitui um fluxo de caixa bruto e rastreável. Instituições financeiras tradicionais, mas notadamente novos entrantes como fintechs e Sociedades de Crédito Direto (SCDs), utilizam esse histórico transacional para alimentar algoritmos de *credit scoring* alternativos. Ao reduzir a dependência exclusiva de garantias tradicionais, a disponibilidade de dados de faturamento em tempo real atua como um redutor de assimetria de informação. Esse mecanismo facilita a precificação de risco e amplia o acesso ao crédito para agentes com menor histórico bancário, dinâmica alinhada à literatura de fintechs (Gonzalez; Ma; Zeng, 2025). Além disso, a magnitude alcançada pelo sistema culminou na obsolescência definitiva de instrumentos tradicionais, evidenciada pela extinção oficial do DOC pelo Banco Central em 2024. Assim, ao atingir uma base de chaves cadastradas superior à própria população nacional, o Pix estabelece a infraestrutura informacional pré-requisito para a contestabilidade e o ingresso de novos competidores no mercado de crédito bancário.

4.4 A Arquitetura Institucional: O Estado como Fintech

A operacionalização do Pix exigiu uma ruptura com o paradigma tradicional de regulação bancária. Conforme analisam Schapiro, Mouallem e Dantas (2023), o BCB transcendeu sua função clássica de supervisor e regulador de última instância para assumir o papel de provedor direto de infraestrutura, atuando efetivamente como uma "Fintech Estatal". Essa escolha institucional reflete uma estratégia deliberada de tratar o sistema de pagamentos como um bem público digital, evitando a fragmentação observada em outros países (como nos EUA) ou a captura do mercado por ecossistemas fechados de grandes plataformas tecnológicas privadas (*Big Techs*).

A governança técnica do arranjo foi estruturada sobre dois pilares centralizados sob a gestão do regulador: o SPI, responsável pela liquidação financeira bruta em tempo real, e o Diretório de Identificadores de Contas Transacionais. O DICT funciona como uma base de dados unificada que vincula as "chaves Pix" (CPF, e-mail, telefone) às informações bancárias dos usuários. Segundo Gomes e Silva (2024), essa centralização foi decisiva para reduzir drasticamente os custos de transação e eliminar a assimetria de informação no momento da iniciação do pagamento, permitindo a interoperabilidade total entre instituições distintas sem a necessidade de convênios bilaterais complexos.

Para assegurar a viabilidade do sistema, o regulador precisou ainda superar o desafio típico das plataformas digitais: a necessidade de massa crítica inicial (efeito de rede). A solução adotada foi a imposição de uma assimetria regulatória estratégica: o BCB determinou a obrigatoriedade de participação para todas as instituições financeiras e de pagamento com mais de 500 mil contas ativas (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020). Essa medida garantiu que, desde o lançamento, a vasta maioria da população bancarizada brasileira já estivesse conectada ao ecossistema, vencendo a inércia competitiva dos grandes bancos e consolidando o Pix como uma infraestrutura de mercado universal (SCHAPIRO; MOUALLEM; DANTAS, 2023).

4.5 Lançamento, Adoção e Funcionalidades

O Pix entrou em plena operação em 16 de novembro de 2020, num contexto global atípico marcado pela pandemia de COVID-19. A crise sanitária atuou como um catalisador não planejado para a digitalização da economia, uma vez que o isolamento social impôs a necessidade de meios de pagamento remotos, rápidos e sem contato físico. Diferente de experiências internacionais que levaram anos para atingir a maturidade, a curva de adoção do arranjo brasileiro foi exponencial. Segundo dados do Banco Central do Brasil (2024), em menos de dois anos de funcionamento, o Pix superou a soma de todas as transações de cartões de

crédito e débito, tornando-se o instrumento de pagamento mais utilizado do país em quantidade de operações.

Esse sucesso imediato validou a tese da "demanda reprimida" por serviços financeiros eficientes. O sistema rompeu as barreiras de entrada tradicionais ao oferecer gratuidade para pessoas físicas e uma experiência de usuário simplificada, baseada em chaves mnemônicas (CPF, celular, e-mail) em vez de dados bancários complexos. Sampaio e Ornelas (2024) demonstram que o Pix impulsionou a frequência agregada de transações na economia, gerando um efeito de complementaridade que atraiu novos usuários para a formalidade financeira.

A evolução do arranjo, contudo, não estagnou no lançamento. Seguindo uma agenda evolutiva (*roadmap*) predefinida, o regulador implementou novas funcionalidades para ampliar os casos de uso e mitigar riscos emergentes. Destacam-se o Pix Saque e o Pix Troco, lançados para aumentar a capilaridade de acesso ao numerário em regiões desassistidas por caixas eletrônicos, e o Mecanismo Especial de Devolução (MED). Este último representa uma inovação crucial na governança de segurança, permitindo o bloqueio e a recuperação de recursos em casos de fraude ou golpes, fortalecendo a confiança dos agentes econômicos na integridade do sistema (GONZALEZ; MA; ZENG, 2025). Dessa forma, o Pix consolidou-se não apenas como um meio de pagamento instantâneo, mas como uma infraestrutura pública digital dinâmica, servindo de alicerce para a inovação contínua e para a modernização estrutural do Sistema Financeiro Nacional.

5 METODOLOGIA

5.1 Base de Dados e Descrição da Amostra

O desenho de pesquisa fundamenta-se na técnica de documentação indireta, apoiada no levantamento de dados secundários de natureza oficial. Para capturar o choque tecnológico e a sua repercussão no mercado financeiro local, o estudo estrutura-se em um painel de dados com dimensão municipal, cobrindo o triênio de 2021 a 2023 (período de maturação pós-lançamento do arranjo).

Os dados brutos exigiram um tratamento algorítmico rigoroso visando a reprodutibilidade metodológica. Os registros mensais foram agregados em frequência anual, e os valores nominais foram deflacionados a preços constantes de dezembro de 2022, empregando-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Unidades municipais que apresentaram ausência de reporte de crédito ativo junto ao ESTBAN ou inconsistências crônicas nos registros transacionais ao longo do triênio foram excluídas. Esse procedimento resultou na construção de um painel desbalanceado composto por 9.427 observações válidas.

Para lidar com a extrema heterogeneidade estrutural do país e evitar o viés de agregação média, a amostra foi rigidamente estratificada em sete faixas demográficas, balizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Faixa 1 (até 5.000 hab.); Faixa 2 (5.001 a 10.000 hab.); Faixa 3 (10.001 a 20.000 hab.); Faixa 4 (20.001 a 50.000 hab.); Faixa 5 (50.001 a 100.000 hab.); Faixa 6 (100.001 a 500.000 hab.); e Faixa 7 (mais de 500.000 hab.).

As variáveis utilizadas na estimação dos modelos empíricos possuem periodicidade anual e estão definidas como se segue:

- ***ln(Credito)*** = logaritmo natural do saldo de operações de crédito formal real per capita ativo no município. Variável dependente, extraída das Estatísticas Bancárias por Município (ESTBAN) do Banco Central do Brasil;
- ***ln(PIX)*** = logaritmo natural do volume financeiro liquidado via Pix real per capita no município. Variável explicativa de interesse, extraída das Estatísticas Públicas do Pix do Banco Central do Brasil;
- ***População*** = estimativa anual de habitantes residentes no município, utilizada para a conversão de per capita. Variável extraída do IBGE.

5.2 Estratégia Empírica e Modelos Econométricos

A avaliação dos efeitos iniciais da difusão do Pix nos municípios brasileiros foi estruturada em três etapas complementares. Inicialmente, emprega-se o algoritmo de

aprendizado de máquina não supervisionado K-means para identificar perfis estruturais de municípios segundo características socioeconômicas, financeiras e tecnológicas. Em seguida, utiliza-se a estatística espacial, por meio do Índice de Moran Global e dos Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA), para verificar a existência de dependência espacial na adoção do Pix. Por fim, estima-se um modelo de dados em painel com efeitos fixos bidirecionais (TWFE), visando mensurar o efeito da intensidade de utilização do Pix sobre o volume de crédito formal municipal.

5.2.1 Clusterização de Aprendizado de Máquina (K-means)

O algoritmo K-Means é um método de particionamento iterativo cujo objetivo consiste em minimizar a variância intra-cluster (LLOYD, 1982). O objetivo central do modelo consiste em minimizar a soma dos erros quadráticos, expressa pela seguinte função objetivo:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{p_i \in X_j} d(p_i, c_j)^2$$

onde k representa o número de grupos predefinidos, X_j é o " j – ésimo" cluster formado, p_i são as observações (neste caso, os municípios) pertencentes a esse cluster, e c_j é o seu respectivo centroide.

A otimização do algoritmo ocorre através de convergência iterativa. Após a atribuição inicial, a posição de cada centroide é recalculada para representar o centro de massa exato das observações de seu grupo, dado por:

$$c_i = \frac{p_{i1} + p_{i2} + \dots + p_{im}}{|X_i|}$$

Em que $|X_i|$ corresponde à cardinalidade (número de municípios) do cluster X_i .

Para adequar a estrutura de painel à clusterização estática nesta pesquisa, as variáveis de interesse foram colapsadas em suas médias temporais referentes ao triênio 2021-2023 para cada município, gerando uma base de corte transversal (*cross-section*).

Visando equalizar as diferentes escalas e unidades de medida, o modelo definitivo foi construído a partir da padronização estatística prévia das variáveis. Esse procedimento é imperativo em algoritmos de aprendizado de máquina baseados em distância euclidiana, convertendo os dados originais em escores-padrão (Z-scores), conforme recomendado pela literatura de análise multivariada (HAIR et al., 2009). A transformação foi aplicada através da seguinte fórmula:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

onde X representa o valor original da observação no município, μ é a média amostral da série e σ é o seu respectivo desvio padrão amostral.

As cinco variáveis submetidas a essa padronização foram: o logaritmo do volume financeiro de Pix per capita, o logaritmo do saldo de crédito per capita, o logaritmo da população (para capturar a escala urbana), o logaritmo de acessos 4G/5G per capita (como proxy de infraestrutura digital) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM de 2010, como proxy de desenvolvimento socioeconômico prévio do território). A calibração do modelo fixou o parâmetro em três agrupamentos ($K=3$), privilegiando a interpretabilidade econômica em detrimento de critérios exclusivamente matemáticos de validação interna. A escolha de $K=3$ foi definida a priori, com base na necessidade analítica de estratificar os municípios em perfis qualitativamente interpretáveis (Baixa, Média e Alta intensidade tecnológica e financeira), categorias que dialogam diretamente com a literatura sobre inclusão digital e que viabilizam a leitura conjunta com a análise espacial da seção 6.1. Reconhece-se que essa decisão não foi precedida pela aplicação formal de critérios de validação interna, como o método do Cotovelo (*Elbow Method*) ou o coeficiente de Silhueta (ROUSSEEUW, 1987), que poderiam indicar um número de clusters estatisticamente ótimo distinto do adotado. Trata-se, portanto, de uma limitação metodológica explícita: a robustez da partição obtida não foi testada contra especificações alternativas de K , e a opção por três grupos reflete prioritariamente um critério de interpretabilidade substantiva, alinhado aos objetivos descritivos da pesquisa, e não um critério de otimização estatística. Estudos futuros que repliquem esta análise podem incorporar tais testes de validação interna para verificar a robustez da tipologia aqui proposta. A representação espacial nos mapas contempla a amostra de municípios com informações disponíveis, restando categorizadas como valores ausentes (em cinza) as municipalidades excluídas por ausência de dados consistentes no período analisado.

5.2.2 Autocorrelação Espacial (Índice de Moran e LISA)

Para testar a hipótese de que a infraestrutura de pagamentos digitais gera efeitos de transbordamento espacial, utiliza-se o Índice de Moran. A autocorrelação espacial global é calculada para verificar se municípios com alta adoção tecnológica tendem a estar contíguos a outros com comportamento semelhante, afastando a hipótese de aleatoriedade geográfica. O Índice de Moran Global (I) é formalizado estatisticamente como:

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Onde N é o número total de municípios, x_i e x_j representam o volume de Pix real per capita nos municípios i e j , $\bar{x}$ é a média amostral da variável, w_{ij} é o elemento da matriz de pesos espaciais que define o grau de vizinhança, e W é a soma de todos os pesos espaciais.

Contudo, a métrica global não identifica a localização de agrupamentos específicos no território. Para mapear a topografia local dessa adoção, aplica-se o Indicador Local de Associação Espacial (LISA - *Local Indicators of Spatial Association*), metodologia desenvolvida por Anselin (1995), que decompõe o indicador global para cada localidade:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} (x_j - \bar{x})$$

O mapeamento da matriz LISA permite classificar as regiões em quadrantes estatisticamente significantes (Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto), revelando as fronteiras geográficas da exclusão ou inclusão financeira.

5.2.3 Painel com Efeitos Fixos Bidirecionais (TWFE)

A estimação do impacto do choque tecnológico sobre a concessão de crédito repousa sobre um estimador de Painel com Efeitos Fixos Bidirecionais. Devido à implementação compulsória, universal e síncrona do Pix pela autoridade monetária, inexistiu um grupo de controle puro sob a ótica clássica binária de modelos de Diferenças-em-Diferenças (ANGRIST; PISCHKE, 2009). Para contornar essa restrição, a estratégia explora a variação contínua na intensidade de uso do sistema ao longo do triênio.

Conforme a teoria econométrica consolidada por Wooldridge (2010), o modelo TWFE mitiga o viés de variável omitida ao controlar simultaneamente a heterogeneidade idiossincrática invariante no tempo de cada município e os choques macroeconômicos não observados que afetam a economia de maneira global. A equação estrutural base, estimada de forma iterativa para os estratos demográficos, é especificada sob a forma log-linear:

$$\ln(Credito_{it} + 1) = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 \ln(PIX_{it} + 1) + \epsilon_{it}$$

Nesta especificação matemática:

- $\ln(Credito_{it} + 1)$ é a variável dependente contínua, representando o logaritmo natural do volume de crédito no município i no ano t ;
- α_i absorve os efeitos fixos da unidade transversal, controlando fatores invariantes como características geográficas e estruturais de longo prazo;
- γ_t denota os efeitos fixos temporais, capturando as oscilações macroeconômicas anuais, como as variações na taxa básica de juros (Selic);
- β_1 é o parâmetro de interesse, interpretado como a elasticidade da relação entre o volume de Pix e o crédito. Ele expressa a variação percentual esperada no crédito formal dado um aumento de 1% na intensidade do volume por transações;
- ϵ_{it} representa o termo de erro estocástico.

A robustez da inferência estatística do modelo é assegurada pelo cômputo de erros-padrão clusterizados ao nível do município, ajustando os parâmetros para possíveis violações de heterocedasticidade e autocorrelação serial ao longo da série temporal investigada.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os achados empíricos da investigação, estruturados de modo a responder ao problema central da pesquisa: em que medida a infraestrutura do Pix, ao mitigar a assimetria de informação, foi capaz de induzir a expansão do mercado de crédito nos municípios brasileiros. Para garantir a robustez da análise e evitar o viés de agregação inerente a médias nacionais, os resultados são dissecados em dois eixos analíticos. Inicialmente, explora-se a estatística espacial para aferir a dependência geográfica da adoção tecnológica. Na sequência, detalham-se as estimações econométricas extraídas do painel de TWFE por faixas demográficas, mensurando o impacto direto sobre a concessão de crédito.

6.1 Autocorrelação Espacial e o Efeito de Transbordamento (Índice Moran e LISA)

A análise da adoção tecnológica não deve ignorar a Primeira Lei da Geografia estipulada por Tobler, segundo a qual todas as coisas estão relacionadas, mas coisas mais próximas estão mais relacionadas do que coisas distantes. No contexto da infraestrutura de pagamentos digitais, a expansão de um mercado de crédito ou a adoção de tecnologias de liquidação em tempo real raramente ocorre em ilhas isoladas; ela é suscetível a fortes padrões de dependência espacial.

Para testar a validade dessa hipótese de dependência territorial, a variável de intensidade de adoção do ecossistema tecnológico (Logaritmo do Volume de Pix Real per capita em 2023) foi submetida a testes de autocorrelação espacial. O primeiro passo da estratégia econométrica consistiu no cálculo do Índice de Moran Global (I), que mensura o grau de autocorrelação espacial da variável em todo o território analisado, cujos resultados estão sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Índice de Moran

Variável	Índice de Moran Global (I)	P-Valor
Volume de Pix Real per capita	0,2233	0,001***

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil e IBGE.

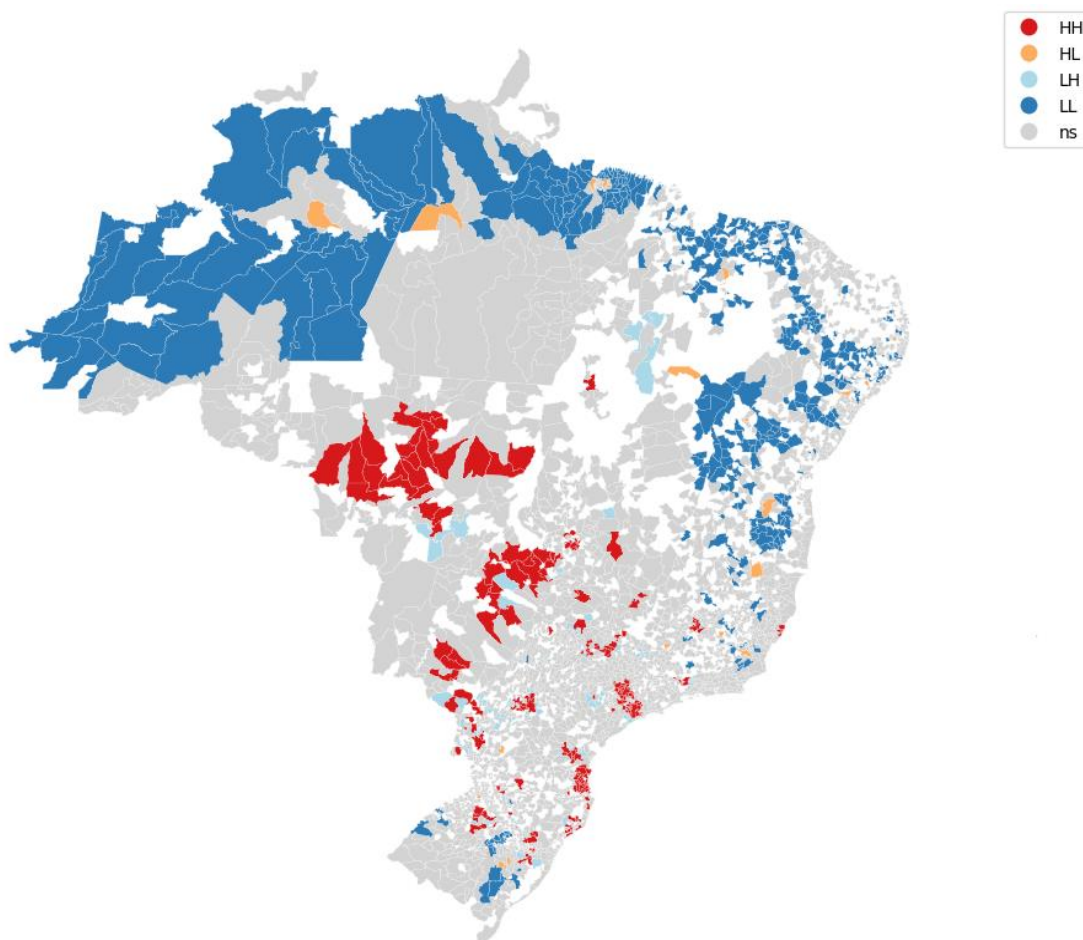
Nota: Matriz de pesos espaciais baseada em contiguidade (Rainha). Significância estatística denotada por: *** $p < 0,01$.

Os resultados da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), reportados na Tabela 3, confirmam a presença de uma forte dependência espacial na adoção dos pagamentos instantâneos. A estatística do Índice de Moran Global para o volume de Pix real per capita apresentou um coeficiente positivo de 0,2233, com alta significância estatística ao nível de 1%. Este resultado empírico rejeita categoricamente a hipótese nula de aleatoriedade espacial,

demonstrando que a intensidade do uso de transações digitais não se distribui de forma homogênea ou fortuita pelo território. Pelo contrário, o sinal positivo do índice atesta um padrão de transbordamento e segregação regional, indicando que municípios com elevado dinamismo tecnológico tendem a ser circundados por vizinhos com performance digital similarmente alta (configurando polos de adensamento digital), enquanto as regiões financeiramente menos integradas tendem a se agrupar de maneira contígua.

Contudo, por se tratar de uma medida de tendência agregada, a métrica global não explicita as heterogeneidades locais nem localiza geograficamente onde essas aglomerações se estabelecem no território brasileiro. Visando contornar essa limitação e mapear a distribuição espacial desses padrões, procedeu-se à decomposição do indicador global por meio do LISA, gerado especificamente para a série de 2023. O mapeamento local, consolidado no mapa de clusters da Figura 6, descortina uma acentuada assimetria regional na difusão do Pix e evidencia a coexistência de regimes espaciais distintos, segregando os polos de intensa integração tecnológica e financeira das regiões que ainda enfrentam gargalos estruturais de inclusão digital.

Figura 6 - Clusters LISA: Volume de Pix Real Per Capita (2023)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil (BCB) e IBGE.

A modelagem microespacial foi estimada adotando-se um critério estrito de pseudo-significância de 5% (com 999 permutações aleatórias), o que assegura a robustez estatística dos agrupamentos identificados e justifica a supressão cromática das localidades classificadas como não significantes. Por fim, faz-se fundamental ressaltar que o Índice de Moran e a estatística LISA constituem ferramentas descritivas de dependência espacial univariada, operando como diagnósticos de associação geográfica que não estabelecem, por si sós, relações de causalidade estrutural.

A análise do quadrante Alto-Alto (HH), que identifica municípios de elevada intensidade transacional circundados por vizinhos de igual desempenho, demonstra uma concentração geográfica inequívoca e contígua nos polos agroindustriais e comerciais do Centro-Sul do país. Esse regime espacial de alta conectividade estende-se pelo interior paulista e paranaense, também avançando de forma maciça pelos cinturões do agronegócio do Centro-Oeste e na região do Triângulo Mineiro. Nessas localidades, a associação espacial positiva é impulsionada por uma forte integração comercial intermunicipal e fortes arranjos produtivos locais, fatores que catalisam a digitalização dos fluxos de pagamentos. Esse dinamismo regional compartilhado reduz substancialmente as barreiras informacionais do território, configurando polos espaciais altamente atrativos para a expansão e penetração do mercado de crédito.

No extremo oposto, a configuração do quadrante Baixo-Baixo (LL) expõe a persistência da exclusão financeira e digital. São bolsões de baixa adoção tecnológica, cercados por municípios em idêntica situação estrutural, concentrados esmagadoramente na região Norte, adentrando pelo bioma amazônico, e no semiárido do Nordeste. Nesses territórios, as deficiências crônicas nas redes de telecomunicação e o histórico isolamento físico da infraestrutura bancária tradicional atuam como restrições operacionais conjuntas. Esse baixo dinamismo econômico compartilhado gera um efeito de vizinhança adverso, que desincentiva a modernização dos meios de pagamento locais e consolida armadilhas regionais de exclusão.

A distribuição espacial aqui revelada indica que o adensamento tecnológico não ocorre isoladamente, mas emerge de bacias regionais de digitalização, sugerindo que o ecossistema financeiro local se beneficia ao estar inserido em uma malha territorial onde a mitigação da assimetria informacional apresenta uma clara coocorrência geográfica.

Por fim, importa salientar uma limitação inerente a esta etapa exploratória: a matriz de pesos espaciais (W) adotada baseou-se no critério geométrico de contiguidade física do tipo Rainha (Queen), especificação de referência para dados agregados ao nível municipal. Reconhece-se, contudo, a tensão teórica inerente a essa escolha: ao modelar um sistema de

liquidação digital cuja premissa central é justamente o rompimento das barreiras geográficas, o uso de contiguidade física atua como uma restrição analítica. O Índice de Moran aqui estimado reflete predominantemente a coocorrência de determinantes econômicos subjacentes (como renda e desenvolvimento regional), operando como uma proxy imperfeita para o verdadeiro contágio tecnológico em rede. Pesquisas futuras poderão refinar esses resultados através de testes de robustez com matrizes de inverso da distância ou baseadas em fluxos financeiros e pendulares (*commuting*), capturando de forma mais fidedigna a topologia das transações digitais.

Enquanto o Índice de Moran e os indicadores LISA evidenciam a existência de dependência espacial na adoção do Pix, a análise de cluster permite identificar perfis estruturais de municípios com características socioeconômicas semelhantes, complementando a interpretação dos padrões espaciais observados.

6.2 Perfis Estruturais de Adoção Tecnológica e Financeira (K-Means)

De forma complementar à análise de dependência espacial, a estratificação não supervisionada via algoritmo K-Means consolidou agrupamentos municipais robustos, cujos perfis socioeconômicos e tecnológicos evidenciam a heterogeneidade da adoção do arranjo de pagamentos nas diferentes jurisdições. A inclusão simultânea de indicadores de tração financeira, escala demográfica, infraestrutura de rede e desenvolvimento prévio permitiu identificar três perfis perfeitamente delineados:

Tabela 4 - Perfil socioeconômico e tecnológico dos clusters (Médias do triênio 2021-2023)

Cluster	Perfil	N_Municipios	lnPix	lnCredito	lnPop	ln4G5G	IDHM
1	Baixa Intensidade	897	9,332	7,078	9,912	0,453	0,598
2	Média Intensidade	1511	10,031	8,714	9,476	0,594	0,702
3	Alta Intensidade	747	10,628	9,139	11,389	0,697	0,743

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil (BCB), IBGE e Anatel.

O Cluster 1 compreende 897 municípios caracterizados por economias de subsistência, baixa intensidade digital e reduzido dinamismo financeiro. Embora exiba uma média populacional superior à do Cluster 2, o grupo evidencia a realidade de extensos territórios, concentrados sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, que abrigam contingentes demográficos

expressivos, mas sofrem com graves lacunas de conectividade. Esse cenário reflete o chamado “vazio digital”, que perpetua economias locais fortemente dependentes de papel-moeda e de transferências governamentais, restringindo, consequentemente, o acesso ao crédito formal.

O Cluster 2 concentra a maioria absoluta da amostra, abrangendo 1.511 municípios, predominantemente cidades de pequeno e médio porte localizadas nas regiões Sul e Sudeste. Identificado pelas malhas intermediárias e economias regionais integradas, este grupo atua como um verdadeiro “colchão” de estabilidade para o país. Caracteriza-se por redes urbanas estáveis, com elevado grau de bancarização e forte integração por meio do comércio local e de cooperativas. O alto índice de IDH histórico, somado à capilaridade das redes de comunicação e das cooperativas de crédito, assegura uma base sólida para a penetração contínua do ecossistema de pagamentos eletrônicos.

O Cluster 3 caracteriza-se como um polo de maturidade digital e adensamento financeiro. Composto por 747 municípios, este agrupamento congrega as principais centralidades urbanas e polos macroeconômicos do país, que apresentam elevada densidade demográfica, infraestrutura industrial madura e ampla capilaridade do sistema financeiro tradicional. Do ponto de vista econométrico, as localidades deste grupo operam em um cenário de robustos efeitos de rede, no qual a universalização da conectividade digital atua como um mecanismo exógeno de mitigação de fricções de mercado e assimetrias informacionais. Consequentemente, esse ecossistema de alta maturidade tecnológica não apenas consolida a difusão capilar dos meios de pagamentos instantâneos, mas também potencializa os canais de transmissão da concessão de crédito para o setor produtivo. A sinergia entre eficiência alocativa de capital e digitalização financeira nesses grandes centros atua como o principal motor do dinamismo econômico regional, gerando transbordamentos positivos que impulsionam a atividade agregada em escala nacional.

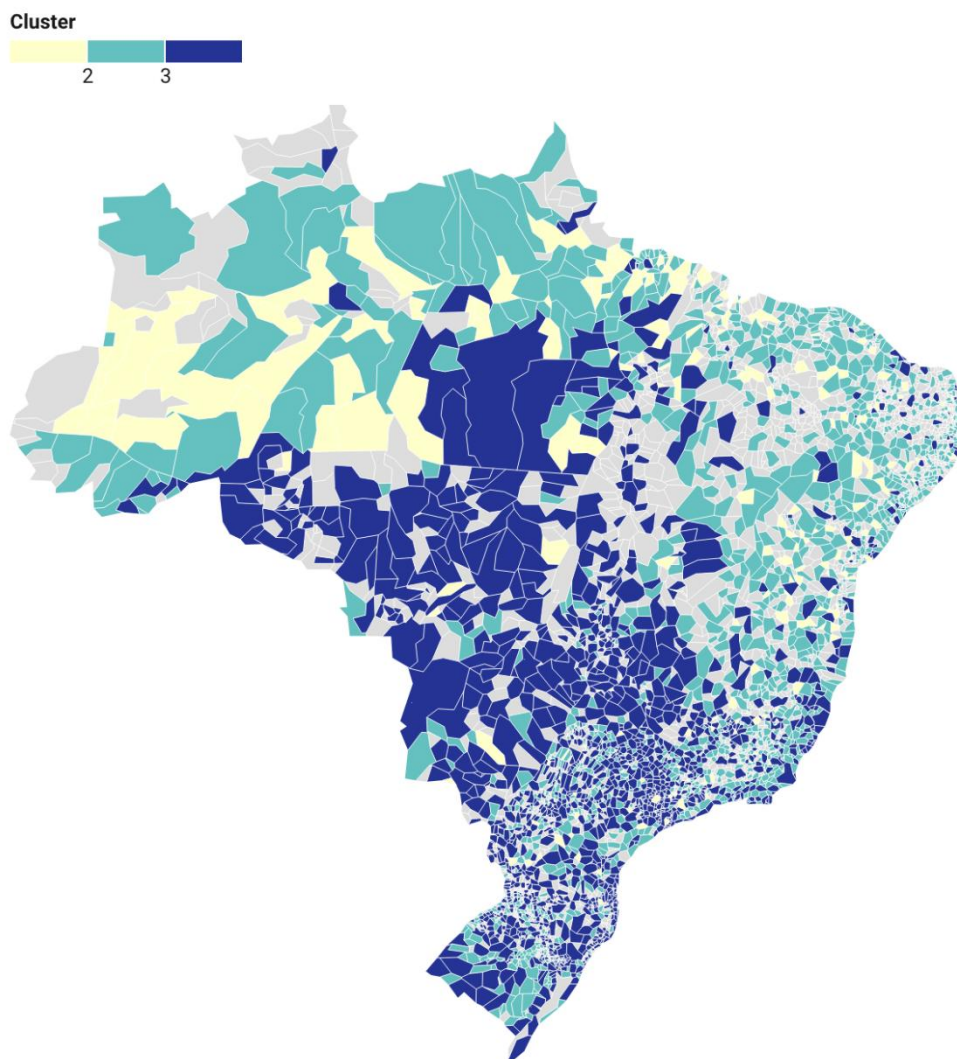
Assim, a distribuição regional dos clusters revela uma clara assimetria socioeconômica e digital no território nacional, evidenciando uma transição estrutural entre as macrorregiões. As regiões Norte e Nordeste permanecem vinculadas ao cenário do Cluster 1, penalizadas por barreiras logísticas, baixa capilaridade de rede e forte dependência de dinheiro físico. Contudo, há sinais de mudança, principalmente no Nordeste, que já demonstra uma transição impulsionada pelo comércio local rumo ao Cluster 2. No Sul e Centro-Oeste, o dinamismo econômico é sustentado, respectivamente, pelo cooperativismo rural pulverizado e pelo crédito corporativo do agronegócio. Ressalta-se, contudo, a presença marcante de polos do agronegócio e de Brasília fortemente consolidados no Cluster 3. Essa realidade reposiciona o Centro-Oeste

no mesmo patamar de intensidade digital e de crédito do Sudeste, quebrando a velha dicotomia de que apenas as capitais e o litoral são desenvolvidos. Por fim, o Sudeste consolida-se como a “elite digital” do país (Cluster 3), impulsionado por alta densidade demográfica, indústrias maduras e ampla bancarização. Conclui-se, portanto, que a maturidade do ecossistema de pagamentos eletrônicos no Brasil reproduz e, ao mesmo tempo, reconfigura as disparidades geográficas históricas do desenvolvimento econômico nacional.

Desta maneira, a análise econométrica espacial baseada nos LISA atua como uma validação empírica rigorosa dos agrupamentos gerados pelo algoritmo K-means. Verifica-se uma convergência teórica e geográfica absoluta entre os dois métodos. A concentração inequívoca do quadrante Alto-Alto (HH) no Centro-Sul e nos eixos de expansão do Centro-Oeste reflete a materialização espacial do Cluster 3 (Polos de Maturidade Digital) e das franjas dinâmicas do Cluster 2, comprovando que os robustos efeitos de rede e a alta intensidade transacional do Pix transbordam as fronteiras municipais e se consolidam na forma de bacias regionais de digitalização. No extremo oposto, a configuração geolocalizada do quadrante Baixo-Baixo (LL) nas macrorregiões Norte e Nordeste confere robustez estatística à caracterização do Cluster 1. O espalhamento desses bolsões contíguos de subadoção tecnológica corrobora o conceito de “vazio digital”, demonstrando geograficamente que a armadilha da exclusão financeira e a dependência de papel-moeda não ocorrem de forma isolada, mas são agravadas por um efeito de vizinhança adverso que perpetua os gargalos estruturais desses territórios.

Assim, enquanto o K-means tipifica os determinantes econômicos internos dos municípios, a análise de autocorrelação local evidencia a topologia e a extensão geográfica real dessas desigualdades no espaço nacional. A representação cartográfica final destes arranjos estruturais pode ser observada na Figura 7.

Figura 7 - Perfis Espaciais de Intensidade Tecnológica e Financeira (Clusters K-Means)



Fonte: Elaborado pelo autor (2026) a partir de dados do Banco Central do Brasil, via Datawrapper.

6.3 Estimação do Impacto Econométrico e TWFE

Para mensurar a elasticidade do volume de transações do Pix sobre a concessão de financiamentos, controlando as características não observadas das municipalidades e os choques macroeconômicos de tempo, os modelos empíricos foram estimados por meio do painel de TWFE.

A primeira abordagem de associação condicional consistiu na aplicação desse estimador sobre as sete faixas demográficas tradicionais do IBGE. Os resultados obtidos revelam um comportamento marcadamente assimétrico, desconstruindo a premissa de que a digitalização financeira gera externalidades positivas homogêneas por todo o território nacional, conforme sumarizado na tabela 5.

Para garantir a correta estimação do efeito do Pix sobre o mercado de crédito, optou-se pela exclusão do HHI de concentração bancária do vetor de controles do modelo TWFE. Conforme a literatura de inferência causal (Angrist; Pischke, 2009), a inclusão de covariáveis que são potenciais resultados do tratamento configura o problema de "maus controles" (*bad controls*). Neste trabalho, assume-se teoricamente que o HHI atua como uma variável mediadora na cadeia causal, premissa analítica ancorada nas evidências de Gomes e Silva (2024), que demonstraram a redução da concentração bancária induzida pelo arranjo. Reconhece-se, contudo, que a ausência de um teste empírico formal para confirmar a mediação do HHI na amostra e na janela temporal específicas deste painel constitui uma restrição metodológica. Ainda assim, a exclusão a priori deste mediador da regressão de base previne o colapso do canal indireto de transmissão, garantindo que o parâmetro estimado (β_1) capture a magnitude bruta de associação entre a tecnologia e o crédito, evitando a subestimação da política.

Tabela 5 - Resultados da Estimação TWFE por Faixas Demográficas (2021-2023)

Faixa Populacional (IBGE)	Elasticidade ln(Pix)	Erro-Padrão	P-Valor
Faixa 1 (Até 5.000 hab.)	0,024	0.0084	0.0044***
Faixa 2 (5.001 a 10.000 hab.)	0,095	0.0207	0.0000***
Faixa 3 (10.001 a 20.000 hab.)	0,092	0.0384	0.0166**
Faixa 4 (20.001 a 50.000 hab.)	0,0657	0.0041	0.0000***
Faixa 5 (50.001 a 100.000 hab.)	0,1434	0.0099	0.0000***
Faixa 6 (100.001 a 500.000 hab.)	-0,2254	0.1471	0.1260
Faixa 7 (Mais de 500.000 hab.)	0,4079	0.1149	0.0005***

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em dados do Banco Central do Brasil.

Nota: Erros-padrão robustos de Driscoll-Kraay (1998). Significância estatística denotada por: *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$.

A leitura dos parâmetros sob a ótica dos erros-padrão de Driscoll-Kraay revela um cenário substancialmente mais otimista e abrangente para a inclusão financeira no Brasil do que

as estimações tradicionais sugeriam. Ao corrigir a dependência espacial e a heterocedasticidade evidenciadas nos testes do Índice de Moran, o modelo demonstra que o impacto do Pix sobre o mercado de crédito é positivo e estatisticamente significativo em quase todo o espectro demográfico nacional.

Ao examinar as primeiras quatro faixas demográficas (municípios de até 50.000 habitantes), observa-se a prevalência de coeficientes positivos e altamente significantes (com $p < 0,01$ para as Faixas 1, 2 e 4). Esse resultado empírico comprova que, mesmo em municípios de menor porte, historicamente marginalizados pela rede de agências físicas, a massificação das transações via Pix atuou de forma eficaz na mitigação das assimetrias informacionais. A digitalização do faturamento do pequeno varejo e das transferências interpessoais consolidou um rastro de dados robusto, reduzindo o risco moral e viabilizando a expansão da oferta de crédito nessas economias de menor escala.

A Faixa 5 (50.001 a 100.000 habitantes) mantém-se como um estrato de alta responsividade à inovação, apresentando uma elasticidade robusta de 0,1434 ($p < 0,01$). Contudo, a magnitude de impacto mais expressiva manifesta-se nas grandes metrópoles (Faixa 7, acima de 500.000 habitantes), onde a elasticidade atinge 0,4079. Neste estrato de topo, a imensa volumetria do arranjo de pagamentos interage de forma sinérgica com uma infraestrutura financeira preexistente madura, potencializando em larga escala a conversão da conveniência transacional em alavancagem de crédito.

Apenas a Faixa 6 (100.001 a 500.000 habitantes) não apresentou significância estatística neste recorte, configurando o resultado mais intrigante da estimação. Esse hiato é particularmente relevante porque esse estrato concentra grande parte das capitais regionais e cidades-polo do interior brasileiro, municípios que, a priori, possuem infraestrutura bancária e digital suficientemente madura para captar o efeito do Pix sobre o crédito.

Uma primeira hipótese explicativa reside em dinâmicas transicionais de mercado específicas deste estrato intermediário. Diferentemente das grandes metrópoles (Faixa 7), onde a oferta de crédito já opera próxima de sua fronteira de eficiência informacional, e dos pequenos municípios (Faixas 1 a 4), onde o efeito marginal da digitalização sobre a assimetria de informação é mais pronunciado por partir de uma base de exclusão financeira mais severa, os municípios de porte intermediário podem vivenciar uma competição atípica e simultânea entre bancos incumbentes, fintechs e cooperativas de crédito regionais. Essa disputa por *market share* pode gerar uma variância peculiar elevada nas decisões de concessão de crédito, não inteiramente capturada pelo escopo de covariáveis deste painel.

Uma segunda hipótese, de natureza mais metodológica, é a heterogeneidade interna do próprio estrato: a Faixa 6 abrange uma janela populacional ampla (de 100 mil a 500 mil habitantes), que mistura desde cidades médias em fase de consolidação econômica até centros regionais já plenamente integrados ao sistema financeiro nacional. Essa heterogeneidade interna pode diluir o coeficiente médio estimado pelo TWFE, mascarando efeitos heterogêneos que uma subdivisão mais granular desse estrato poderia revelar.

Por fim, importa ressaltar a robustez assegurada na estratégia de identificação econométrica. Para garantir uma inferência rigorosa frente aos fortes indícios de dependência espacial diagnosticados no território nacional, o modelo TWFE foi estimado utilizando a matriz de covariância de Driscoll-Kraay (1998). Essa especificação garante a consistência e a validade estatística dos parâmetros contra a presença de correlação transversal e autocorrelação temporal. Contudo, sob a ótica da inferência de painel, a ausência de controles macroeconômicos dinâmicos na especificação (tais como PIB per capita, nível de emprego formal e rendimento municipal anual) suscita o risco de viés de variável omitida. Tais fatores exigem cautela na interpretação dos coeficientes como efeitos isolados e determinísticos, configurando-se como desdobramentos imperativos a serem refinados em agendas futuras de investigação.

A magnitude e a capilaridade desses resultados empíricos ganham contornos explicativos cruciais quando interpretados à luz do panorama internacional debatido na Seção 3. Conforme evidenciado na análise comparada, jurisdições que optaram por modelos fragmentados e onerosos, como as redes privadas dos Estados Unidos ou os *walled gardens* das BigTechs na China, enfrentam barreiras de interoperabilidade que limitam a geração de um "rastros de dados" financeiro unificado e acessível a múltiplos credores. A elevada elasticidade na oferta de crédito formal observada nos municípios brasileiros (especialmente nas Faixas 1, 2, 4 e 7) é, portanto, uma decorrência direta do desenho institucional do Pix. Ao conceber a infraestrutura como um bem público digital, com obrigatoriedade de participação bancária e gratuidade tarifária imposta pelo regulador na ponta do varejo, o Estado brasileiro garantiu a adoção massiva imediata e evitou a fragmentação tecnológica. Foi essa arquitetura unificada que permitiu que populações de pequenos municípios e micronegócios migrassem simultaneamente para a formalidade digital, viabilizando a redução informacional generalizada que se materializou nos impactos positivos do modelo TWFE.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa propôs-se a investigar a evolução, a dinâmica espacial e os desdobramentos empíricos da adoção do Sistema de Pagamentos Instantâneos no Brasil. Partindo da premissa de que a digitalização financeira atua como um choque tecnológico capaz de mitigar fricções transacionais, o estudo analisou como essa infraestrutura pública reconfigurou o acesso a serviços financeiros no território nacional entre 2021 e 2023.

A análise exploratória de dados espaciais e a clusterização via aprendizado de máquina revelaram que a difusão do arranjo não ocorreu de forma espacialmente neutra. A identificação de um Índice de Moran Global positivo e significativo indicou a existência de fortes efeitos de transbordamento regional. O mapeamento LISA explicitou uma topografia marcada por polos de elevada integração tecnológica no Centro-Sul e no eixo do agronegócio (clusters HH), em nítido contraste com os bolsões de exclusão e "vazios digitais" concentrados nas macrorregiões Norte e Nordeste (clusters LL). Esses achados evidenciam que, embora a tecnologia em si rompa barreiras físicas, a sua adoção plena permanece condicionada à infraestrutura de telecomunicações e ao desenvolvimento socioeconômico prévio das municipalidades.

Ademais, como desdobramento analítico dessa massificação, o estudo estimou os efeitos empíricos do Pix na mitigação da assimetria de informação. Ao substituir instrumentos legados e formalizar digitalmente o faturamento do pequeno varejo e das transferências interpessoais, o arranjo gerou um novo lastro informacional. As estimações do modelo de painel com Efeitos Fixos Bidirecionais, corrigidas pela matriz de Driscoll-Kraay, forneceram evidências consistentes de que essa redução de assimetria transbordou para o mercado financeiro local. Identificou-se uma elasticidade positiva e estatisticamente significativa em praticamente todas as faixas demográficas analisadas, com especial destaque para os pequenos municípios (até 50.000 habitantes) e as grandes metrópoles. A única exceção foi a Faixa 6 (100.001 a 500.000 habitantes), cujo coeficiente não alcançou significância estatística e apresentou sinal negativo. Uma hipótese interpretativa para esse hiato reside nas dinâmicas de competição bancária específicas desse estrato intermediário: a coexistência intensa entre bancos incumbentes consolidados e novos entrantes digitais pode gerar uma variância estrutural elevada que dilui o efeito médio estimado pelo painel, configurando-se como um objeto privilegiado para investigações futuras com dados mais desagregados.

Neste ponto, articula-se a principal contribuição original deste trabalho em relação à literatura empírica recente. Enquanto estudos seminais avançaram na identificação causal da digitalização sobre a estrutura bancária via modelos de Diferenças-em-Diferenças (GOMES; SILVA, 2024) ou variáveis instrumentais (SAMPAIO; ORNELAS, 2024), a presente pesquisa

busca combinar a dimensão espacial explícita com as estimações de painel TWFE. Essa abordagem integrada e multivariada comprova que o fenômeno da digitalização e a consequente mitigação informacional não ocorrem no vácuo geográfico, mas são estritamente condicionados à topografia de polos e vazios tecnológicos preexistentes.

Sob a ótica institucional e da condução da política monetária, os resultados são consistentes com os objetivos delineados pela Agenda BC# e sugerem que a estratégia do Banco Central do Brasil criou condições institucionais favoráveis à expansão do crédito municipal. Ao assumir o papel de provedor da infraestrutura do SPI e estabelecer a participação obrigatória dos principais agentes financeiros, o regulador fomentou um ambiente mais competitivo e acelerou a difusão do mecanismo. O Pix transcendeu a função de mero meio de pagamento para se consolidar como um bem público digital, democratizando o ecossistema e viabilizando a entrada de novos competidores, como fintechs e cooperativas. Adicionalmente, a elevação da proporção de moeda escritural gerada pelo arranjo atua no aumento do multiplicador bancário e confere maior capilaridade e eficiência aos canais de transmissão da política monetária. Esse lastro de dados de alta frequência serve, de maneira complementar, como alicerce estrutural para a plena consolidação do Open Finance no Brasil, onde o histórico transacional será a base material para uma precificação de crédito ainda mais customizada.

Contudo, a pesquisa apresenta limitações inerentes à sua modelagem espacial e econométrica que recomendam cautela na interpretação estritamente causal dos coeficientes. A utilização de matrizes de peso espacial baseadas em contiguidade física atua como uma restrição metodológica natural ao analisar um fenômeno de rede digital. A ausência de covariáveis macroeconômicas dinâmicas de controle, tais como PIB per capita municipal, nível de emprego formal e renda média anual, suscita o risco de viés de variável omitida. Adicionalmente, a estratégia TWFE, embora controle a heterogeneidade municipal invariante no tempo, não elimina completamente o risco de endogeneidade dinâmica decorrente da potencial causalidade reversa entre o desenvolvimento do mercado de crédito e a intensidade de adoção do Pix, limitação que estudos futuros poderão endereçar por meio de variáveis instrumentais adequadas.

Como agenda futura e desdobramento natural desta pesquisa, sugere-se a incorporação de novas variáveis e recortes analíticos que enderecem as limitações apontadas e ampliem a compreensão do fenômeno. No âmbito econométrico, a inclusão do PIB *per capita* municipal como variável de controle dinâmico no painel TWFE surge como um passo fundamental para refinar a estimação do impacto. Adicionalmente, aprofundar a investigação sobre a ausência de significância estatística na Faixa 6 (municípios de 100 mil a 500 mil habitantes) constitui uma

agenda de pesquisa promissora. Recomenda-se uma análise pormenorizada da dinâmica de competição de crédito nesse estrato intermediário, que reúne capitais regionais e cidades-polo do interior, mapeando a entrada e o *market share* exato de novos *players* (*fintechs*) frente aos bancos incumbentes, ou, de forma complementar, concentrar a observação de novos entrantes restritamente na Faixa 7.

A dimensão da infraestrutura tecnológica também demanda aprimoramentos. Estudos futuros devem mensurar especificamente a capacidade e a diferença de uso entre redes móveis (4G/5G) e redes locais (Wi-Fi), visto que municípios de menor porte tendem a apresentar maior dependência destas últimas para a efetivação de transações. Sugere-se ainda a incorporação da faixa etária da população como variável explicativa e testes de sensibilidade e robustez no algoritmo K-Means, como a remoção experimental do IDHM para observar novas formações de agrupamentos. Do ponto de vista espacial, a análise do índice LISA pode ser enriquecida com a exposição descritiva das cidades ausentes ou não-significativas (em cinza), segmentando-as por faixa demográfica para um mapeamento mais preciso dos vazios digitais.

No aspecto institucional e macroeconômico, é recomendável investigar a velocidade de fechamento das agências bancárias físicas e a real dimensão da bancarização comparando os cenários pré e pós-Pix. Ressalta-se a complexidade e a necessidade de trabalhos que consigam isolar o efeito específico do Pix frente a outras agendas institucionais concomitantes que também aproveitaram brechas de mercado, notadamente a implementação do *Open Banking* e do *Open Finance*. Por fim, torna-se imperativo avaliar como a política monetária atuou como um freio ao efeito multiplicador da base monetária gerado pela digitalização, bem como investigar em profundidade as causas e os efeitos do repique financeiro transacional observado no ano de 2025.

Diante disso, no âmbito das políticas públicas, os resultados deste trabalho sinalizam a urgência de investimentos em infraestrutura digital e letramento financeiro nas regiões Norte e Nordeste, garantindo que a revolução silenciosa promovida pelo Pix atinja a sua plenitude integradora em todo o território nacional. Nesse sentido, o caso brasileiro sugere que infraestruturas públicas digitais, quando desenhadas com ampla interoperabilidade e alcance nacional, podem constituir instrumentos relevantes para promover eficiência econômica, inclusão financeira e maior integração territorial em economias emergentes.

Nota Metodológica sobre o uso de Inteligência Artificial: Em conformidade com as diretrizes emergentes de integridade acadêmica, declara-se que ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (modelos baseados em Large Language Models) foram utilizadas nesta

pesquisa de forma complementar e restrita. A aplicação limitou-se ao auxílio na otimização da sintaxe de rotinas de programação na linguagem Python (para o tratamento de dados e execução do algoritmo K-Means), bem como no suporte à estruturação linguística inicial da análise de clusters, operando sob rigorosa revisão e curadoria intelectual do autor. As fontes, a análise crítica e o referencial teórico mantêm-se como formulações originais desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J.-S. **Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion**. Princeton: Princeton University Press, 2009.

ANSELIN, L. **Local Indicators of Spatial Association - LISA**. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ARIDA, P. **A História do Pensamento Econômico como Teoria e Retórica**. In: REGO, J. M. (Org.). *Revisão da crise: metodologia e retórica na história do pensamento econômico*. São Paulo: Bial, 1996.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Agenda BC#**. Brasília: BCB, 2019. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/acessoinformacao/agendabc>. Acesso em: 1 jun. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Avaliação do Pix em relação ao dinheiro físico**. BC Blog, Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/noticiablogbc/40/noticia>. Acesso em: 11 jun. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Estatísticas do Pix**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2024. Disponível em: <https://dadosabertos.bcb.gov.br/dataset/estatisticas-do-pix>. Acesso em: 3 jun. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Princípios para Infraestruturas do Mercado Financeiro: Divulgação de informações sobre o Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI)**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 2 jun. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório Anual 2025**. Elaboração: Departamento de Operações Bancárias e de Sistema de Pagamentos. Brasília: Banco Central do Brasil, 2026. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br>. Acesso em: 2 jun. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução BCB nº 1, de 12 de agosto de 2020**. Institui o arranjo de pagamentos Pix e aprova o seu Regulamento. Brasília: BCB, 2020.

BAUMOL, W. J. The Transactions Demand for Cash: An Inventory Theoretic Approach. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 66, n. 4, p. 545-556, 1952.

BIKKER, J. A.; HAFZNAH, K. **Measures of competition and concentration in the banking industry: a review of the literature**. *Economic Modelling*, v. 25, n. 2, p. 218-244, 2008.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **Os dois métodos e o núcleo duro da teoria econômica**. Revista de Economia Política, v. 29, n. 2, p. 163-190, 2009.

BRESNAHAN, T. F. **Empirical Studies of Industries with Market Power**. In: SCHMALENSEE, R.; WILLIG, R. (Ed.). Handbook of Industrial Organization. Amsterdam: North Holland, 1989. v. 2.

CAMACHO, T. S.; SILVA, G. J. C. da. **Central Bank Digital Currencies (CBDCs) and Instant Payments: alternatives to global digital asset markets for Brazil and India**. Brazilian Journal of Political Economy, v. 45, n. 3, p. 551-569, 2025.

CARVALHO, F. J. C. *et al.* **Economia Monetária e Financeira: Teoria e Política**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

DRISCOLL, J. C.; KRAAY, A. C. Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. **Review of Economics and Statistics**, v. 80, n. 4, p. 549-560, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, A.; SILVA, T. C. Fast payment, credit and bank diversification: the impact of Pix adoption on the local credit market structure. **EconomiA**, v. 25, n. 2, p. 377-392, 2024.

GONZALEZ, R. B.; MA, Y.; ZENG, Y. **The Effect of Instant Payments on the Banking System**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2025. (Trabalho para Discussão, n. 619). Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pec/wps/ingl/wps619.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2026.

GÓRKA, J. **The rise of instant payments: a cross-country comparison**. Central European Management Journal, v. 32, n. 1, 2024.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. **The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction**. 2. ed. Nova Iorque: Springer, 2009.

KEYNES, J. M. **A Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda**. São Paulo: Nova Cultural, 1996 [1936].

KLEIN, A. **China's Digital Payments Revolution**. Washington, D.C.: Brookings Institution, 2020.

KRAUSE, D. FedNow: **Evaluating the Benefits and Risks of the Federal Reserve's Instant Payment System**. 2024. Disponível em: SSRN.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEAL, A. M. M.; HAASE, M. A. O. **Instant Payments and Banks: the Impact of Pix on Bank Branches in Brazil**. Economia Ensaios, Uberlândia, v. 40, n. 1, 2025.

LEMONS, J. P. **Uma análise do Pix como instrumento indutor do pleno emprego pelo Banco Central do Brasil**. 2024. 102 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Avaliação e

Monitoramento de Políticas Públicas) – Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), Brasília, 2024.

LLOYD, Stuart. Least squares quantization in PCM. **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 28, n. 2, p. 129-137, 1982.

MISHKIN, F. S. **The Economics of Money, Banking, and Financial Markets**. 11. ed. Boston: Pearson, 2014.

MIURA, L. Y. **Sinais de inclusão financeira após a implementação do sistema de pagamento instantâneo - Pix - pelo Banco Central do Brasil**. 2025. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

PHILLIPS, P. C. B.; SUL, D. **Transition Modeling and Econometric Convergence Tests**. *Econometrica*, v. 75, n. 6, p. 1771–1855, 2007.

PICCIONI, C. A.; BASTOS, S. B.; CAJUEIRO, D. O. **Measuring Inequality Using Electronic Payment Data**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2024. (Trabalho para Discussão, n. 608).

ROUSSEEUW, P. J. **Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis**. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, v. 20, p. 53-65, 1987.

SAMPAIO, M. C.; ORNELAS, J. R. H. **Payment Technology Complementarities and their Consequences in the Banking Sector: evidence from Brazil's Pix**. Brasília: Banco Central do Brasil, 2024. (Trabalho para Discussão, n. 600).

SCHAPIRO, M. G.; MOUALLEM, P. S. B.; DANTAS, E. G. **Pix: explaining a state-owned Fintech**. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 43, n. 4, p. 874-892, 2023.

STIGLITZ, J. E.; WEISS, A. **Credit Rationing in Markets with Imperfect Information**. *The American Economic Review*, v. 71, n. 3, p. 393-410, 1981.

TOBIN, J. The Interest-Elasticity of Transactions Demand for Cash. **The Review of Economics and Statistics**, v. 38, n. 3, p. 241-247, 1956.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2010.

WORLD BANK. **Fast Payments Tracker**. Washington, D.C.: World Bank, 2026. Disponível em: <https://fastpayments.worldbank.org/>. Acesso em: 2 jun. 2026.

APÊNDICE A

Tabela A1 - Sistemas de Pagamentos Instantâneos Internacionais

Cód. (Custo, Gov.) (Ano)			
BRA (1,A) ('20)	GRC (4,C) ('17)	IRN (4,A) ('02)	ZMB (4,A) ('17)
CAN (4,B) ('23)	NLD* (1,B) ('19)	ISR* (4,C) ('21)	KEN (3,C) ('17)
CHL (4,B) ('16)	HUN (1,A) ('20)	JOR (1,C) ('20)	ZAF (3,C) ('23)
COL* (1,A) ('25)	IRL (4,B) ('20)	KWT (2,B) ('18)	ARM (4,B) ('24)
CRI* (1,A) ('15)	ISL (4,A) ('20)	MAR (1,C) ('23)	AZE (4,A) ('20)
USA* (4,D) ('23)	ITA* (4,B) ('17)	OMN (2,A) ('17)	BGD (2,A) ('22)
SLV (1,A) ('21)	LVA (4,A) ('17)	SAU (2,A) ('21)	BTN (4,A) ('19)
ECU (2,A) ('18)	LTU (4,A) ('17)	AGO (4,B) ('23)	KHM (1,A) ('20)
GTM (4,A) ('15)	LUX (4,C) ('17)	CMR* (4,C) (S/D)	KAZ (4,C) ('24)
HND (4,A) ('21)	MLT (4,A) ('17)	TCD (4,C) (S/D)	CHN (2,C) ('10)
MEX* (1,A) ('19)	MDA (4,A) ('24)	DJI (4,C) ('20)	KOR* (2,C) ('01)
PAN (4,B) ('22)	NOR* (1,B) ('15)	SWZ (4,A) ('24)	PHL (4,B) ('18)
PRY (1,A) ('22)	POL* (1,C) ('15)	GAB (4,C) (S/D)	HKG (1,A) ('18)
PER* (1,A) ('23)	PRT* (3,C) ('18)	GHA (2,A) ('16)	IDN (2,A) ('21)
DOM (4,A) ('14)	GBR (1,B) ('08)	GNQ (4,C) (S/D)	JPN (3,C) ('73)
TTO (4,C) ('22)	CZE (4,A) ('18)	MUS (4,A) ('19)	LAO (4,C) ('20)
URY (4,B) ('17)	ROU (4,B) ('19)	LBY (4,A) ('24)	MDV (4,A) ('23)
ARG (1,A) ('20)	RUS (1,A) ('19)	MLI (4,C) ('25)	MYS* (1,C) ('18)
BOL (1,A) ('19)	SWE* (1,C) ('12)	MOZ (4,C) ('21)	MNG (4,A) ('19)
DEU* (4,A) ('18)	CHE* (4,C) ('23)	NER (4,C) ('25)	PSE (4,A) ('24)
AND (4,C) ('17)	SRB (2,A) ('18)	NGA (3,C) ('11)	PAK (1,A) ('21)
BGR (4,B) ('21)	UKR (4,A) ('20)	NAM (4,C) ('21)	SGP* (1,C) ('17)
BEL (4,C) ('19)	AUT (4,B) ('17)	MWI (4,C) ('18)	LKA (2,C) ('15)
CYP (4,C) ('18)	AUS* (1,C) ('18)	CAF (4,C) (S/D)	THA (1,C) ('17)
HRV (4,B) ('20)	FJI (4,A) ('07)	COG (4,C) (S/D)	TWN (2,C) ('87)
DNK* (1,A) ('14)	NZL (4,B) ('23)	RWA (4,C) ('22)	TUR (2,A) ('21)
SVN (4,C) ('19)	WSM (4,A) ('25)	SEN (4,C) ('25)	VNM (1,A) ('20)
ESP* (4,C) ('17)	BHR (2,A) ('15)	SLE (4,A) ('23)	IND* (1,A) ('16)
EST (4,A) ('17)	QAT (4,A) ('12)	SOM (4,C) ('25)	
FIN* (4,B) ('17)	ARE* (2,B) ('23)	TZA (2,A) ('22)	
FRA* (3,B) ('17)	EGY* (1,A) ('22)	ZWE (3,B) ('20)	

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) com base em Fast Payments Tracker (World Bank, 2026).

Nota: Formato de leitura: CÓD (Custo, Governança) (Ano de lançamento). Ano abreviado ('20 = 2020). "S/D" = ano não disponível na fonte primária.

* O país possui mais de um sistema de pagamento instantâneo; registra-se o mais recente ou mais representativo para o segmento de varejo.

Custo (PF): 1 = Gratuito | 2 = Gratuito/Baixo Custo | 3 = Pago | 4 = Varia.

Governança: A = Público/Centralizado | B = Privado | C = Híbrido | D = Misto/Descentralizado.