

O IMPACTO DO PIX EM RELAÇÃO A OUTROS MEIOS DE PAGAMENTO

THE IMPACT OF PIX COMPARED TO OTHER MEANS OF PAYMENT

EL IMPACTO DE PIX EN COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS DE PAGO

André Victor Vicentini de Oliveira¹, Elizabeth Borelli²

DOI: 10.54899/dcs.v23i86.3936

Recibido: 02/12/2025 | Aceptado: 04/12/2025 | Publicación en línea: 22/01/2026.

RESUMO

Este texto tem como objetivo investigar a dinâmica entre o meio de pagamento instantâneo Pix e instrumentos tradicionais de pagamento eletrônico: TED, boleto e cartão de débito. A análise busca verificar se essas variáveis explicativas exercem influência estatisticamente significativa sobre a série temporal do Pix, bem como identificar possíveis evidências de efeito substituição, isto é, se o aumento do uso do Pix estaria associado à redução do uso das demais modalidades. Para isso, estima-se um modelo econométrico do tipo ARMAX (Autoregressive Moving Average with Exogenous Variables), com o propósito de avaliar sua capacidade preditiva para a série do Pix a partir das três variáveis independentes. Os resultados contribuem para a compreensão do impacto do Pix no sistema de pagamentos brasileiro, indicando a substituição de métodos tradicionais por soluções mais ágeis e digitais.

Palavras-chave: Pix. Pagamento Instantâneo. Meios de Pagamento. Sistema de Pagamento Brasileiro.

ABSTRACT

This paper aims to examine the dynamics between the instant payment system Pix and traditional electronic payment instruments: TED, boleto and debit card. The study investigates whether these explanatory variables have a statistically significant influence on the Pix time series and seeks to identify potential evidence of a substitution effect, whereby increased use of Pix may lead to a decline in the use of traditional payment methods. To this end, an ARMAX (Autoregressive Moving Average with Exogenous Variables) econometric model is estimated to assess its predictive power in forecasting Pix values based on the three independent variables. The findings contribute to a better understanding of the role of Pix within Brazil's payment ecosystem, indicating the replacement of conventional transaction methods with agile and more digital alternatives.

¹ Mestre em Ciências Contábeis, Controladoria e Finanças, Pontifícia Universidade Católica do Estado de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: andrevvoliveira@yahoo.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8974-2999>

² Doutora em Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica do Estado de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: eborelli@pucsp.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0502-4434>

Keywords: Pix. Instant Payment. Payment Methods. Brazilian Payment System.

RESUMEN

Este texto tiene como objetivo investigar la dinámica entre el método de pago instantáneo Pix y los instrumentos de pago electrónico tradicionales: TED (Transferencia Electrónica de Fondos), boleto (comprobante bancario) y tarjeta de débito. El análisis busca verificar si estas variables explicativas ejercen una influencia estadísticamente significativa en la serie temporal de Pix, así como identificar posible evidencia de un efecto de sustitución, es decir, si el mayor uso de Pix está asociado con una reducción en el uso de otras modalidades. Para ello, se estima un modelo econométrico ARMAX (Media Móvil Autorregresiva con Variables Exógenas) para evaluar su capacidad predictiva para la serie Pix con base en las tres variables independientes. Los resultados contribuyen a comprender el impacto de Pix en el sistema de pagos brasileño, indicando la sustitución de los métodos tradicionales por soluciones más ágiles y digitales.

Palabras clave: Pix. Pago Instantáneo. Métodos de Pago. Sistema de Pago Brasileño.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia e a digitalização dos serviços financeiros têm provocado transformações significativas no Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB). Dentre essas inovações, destaca-se o Pix, um meio de pagamento instantâneo lançado pelo Banco Central do Brasil em 2020, que rapidamente se consolidou como uma das principais formas de transferência de valores no país. A adoção do Pix transformou a forma como os consumidores e empresas realizam transações financeiras.

Com sua gratuidade para pessoas físicas, disponibilidade 24 horas por dia e rapidez na compensação, o Pix passou a complementar ou eventualmente substituir métodos tradicionais como TED, boleto e cartão de débito. Esse fenômeno traz questionamentos sobre o futuro dos meios de pagamento tradicionais e mostra os desafios enfrentados pelas instituições financeiras para se adaptarem a essa nova realidade. Além da concorrência direta com outros meios de pagamento, o Pix também aumenta a inclusão financeira da população. Pequenos comerciantes e prestadores de serviço passaram a utilizar o Pix como alternativa ao pagamento em dinheiro, reduzindo custos operacionais e proporcionando maior segurança nas transações.

Este trabalho busca investigar a relação entre o Pix e outros meios de pagamento

tradicionais – TED, boleto e cartão de débito – por meio do modelo ARMAX (Hamilton, 2020), testes de causalidade de Granger (1969) e análise de correlação. Pretende-se avaliar o impacto do Pix no sistema de pagamentos brasileiro, indicando se há migração de transações de outros meios para o Pix ou se seu crescimento ocorre de forma independente, além de verificar a robustez estatística dessas relações. Para isso, serão estimados modelos econométricos que consideram a dinâmica temporal das séries, seguidos de testes de diagnóstico Ljung e Box (1978), Durbin e Watson (1971) e Breusch e Pagan (1979), para validar os pressupostos dos modelos. Adicionalmente, a análise de causalidade e correlação permitirá identificar padrões de dependência e associação linear entre as variáveis.

A justificativa desta pesquisa reside na necessidade de compreender as transformações no comportamento dos usuários e na estrutura do sistema financeiro nacional, diante da crescente digitalização das transações monetárias. A análise desses impactos permitirá avaliar as tendências futuras do mercado de pagamentos e possíveis ajustes regulatórios para garantir a eficiência e a segurança das operações financeiras.

O impacto do Pix no mercado financeiro não se restringe apenas à complementariedade e substituição de outros instrumentos de pagamento. Ele também lança bases para novas oportunidades e desafios regulatórios, uma vez que o Banco Central do Brasil (BCB) continua a aprimorar o sistema, ao incorporar funcionalidades como o Pix Cobrança e o Pix Garantido, que ampliam ainda mais seu escopo de utilização.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar o impacto do Pix sobre outros meios de pagamento no contexto do Sistema de Pagamento Brasileiro (SPB), investigando as mudanças na utilização de instrumentos tradicionais e suas consequências para o sistema financeiro. Além disso, busca-se compreender as vantagens e desafios decorrentes da ampla adoção do Pix, bem como suas implicações para instituições financeiras e consumidores.

Como objetivos específicos, procura-se: avaliar a relação preditiva entre a variável independente Pix e as variáveis explicativas TED, boleto e cartão de débito; analisar se cada uma das covariáveis possui poder preditivo sobre o Pix; observar se existem sinais de substituição e/ou complementariedade entre Pix as variáveis explicativas, TED, boleto e cartão de débito.

REFERENCIAL TEÓRICO

Meios de Pagamentos

Um pagamento consiste na transferência de valores entre um pagador e um beneficiário. Essa transação pode ser feita por meio de diversos instrumentos de pagamento, seja com dinheiro físico (cédulas e moedas) ou por meios eletrônicos, como boleto, cartão de crédito, cartão de débito, TED ou Pix. Para realizar transações com dinheiro eletrônico, é preciso contar com uma intermediação que assegure a finalização da operação. Essa intermediação envolve um conjunto de processos, normas e sistemas operacionais conectados, conhecido como Sistema de Pagamentos (Figueiredo, 2006).

O Brasil possui um Sistema de Pagamentos próprio, conhecido como Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB), composto por dois segmentos: Infraestruturas do Mercado Financeiro (IMF) e Arranjos de Pagamento (BCB, 2022).

Fortuna (2017) comenta que o SPB foi instituído pelo Banco Central do Brasil e teve sua estrutura reformulada em 2002. Desde então, o Brasil passou a ser reconhecido por ter um robusto e eficiente sistema de pagamento, destacando o papel do Banco Central do Brasil como relevante neste processo evolutivo.

A atuação do Banco Central na regulamentação, vigilância e supervisão das instituições e arranjos de pagamento integrantes do Sistema de Pagamentos Brasileiro é pautada por diretrizes específicas. Essas diretrizes foram estabelecidas pela Resolução CMN n.º 4.282, de 4 de novembro de 2013, e devem ser seguidas pelas entidades envolvidas no setor (BCB, 2022).

Dentre os principais objetivos delineados pela norma, destacam-se a promoção da inovação nos arranjos de pagamento, a ampliação da diversidade de modelos de negócios, a garantia de acesso equitativo e não discriminatório aos serviços e infraestruturas, bem como o atendimento adequado às demandas dos usuários finais. Dessa forma, busca-se um ambiente financeiro mais dinâmico, competitivo e acessível, beneficiando tanto as instituições participantes quanto os consumidores que utilizam esses serviços (BCB, 2022).

De acordo com as diretrizes do Banco Central do Brasil (2025h), o SPB é composto por dois segmentos: Infraestruturas do Mercado Financeiro (IMF) e Arranjos de Pagamento. Esses dois segmentos possuem suas definições para Entidades Normativas, Entidades Supervisoras, Operadores ou Instituidores e Sistemas ou participantes.

Pix

O Pix é o sistema de pagamento instantâneo desenvolvido pelo Banco Central do Brasil, concebido com o objetivo de proporcionar transferências de recursos de forma ágil, segura e disponível em tempo integral. Trata-se de uma solução que permite a movimentação de valores entre contas em questão de segundos, independentemente do horário ou do dia da semana, incluindo finais de semana e feriados. O Pix pode ser utilizado a partir de contas-correntes, contas-poupança ou contas de pagamento pré-pagas, conferindo ampla acessibilidade aos usuários do sistema financeiro. (Banco Central do Brasil, 2025f).

A implementação do Pix representa um marco na modernização dos meios de pagamento no Brasil, não apenas pela velocidade com que as transações são realizadas, mas também pelos benefícios estruturais que proporciona ao ecossistema financeiro. Entre os impactos esperados, destaca-se o fortalecimento da competitividade no mercado de pagamentos, ao permitir a entrada de novos agentes e a redução das barreiras de acesso aos serviços financeiros (BCB, 2025f).

Adicionalmente, o Pix contribui para o aumento da eficiência do sistema de pagamentos de varejo, ao reduzir custos operacionais e aprimorar a experiência dos usuários finais. Sua arquitetura tecnológica favorece a segurança das transações e incentiva a adoção de meios eletrônicos de pagamento em substituição aos instrumentos tradicionais baseados em papel, como o dinheiro em espécie e os boletos bancários (BCB, 2025f).

Outro aspecto relevante diz respeito ao seu potencial de promover a inclusão financeira. Ao facilitar o acesso a transações digitais de baixo custo, o Pix amplia a participação de segmentos historicamente excluídos do sistema bancário formal, contribuindo para a democratização dos serviços financeiros no país (BCB, 2025f).

Diante disso, o Pix também se propõe a preencher lacunas identificadas na cesta de instrumentos de pagamento então disponíveis à população brasileira. Ao oferecer uma solução que combina instantaneidade, disponibilidade contínua, baixo custo e facilidade de uso, o sistema responde a demandas não supridas por modalidades tradicionais, como TEDs, boletos e cartões, reposicionando o Brasil como referência em inovação no setor financeiro global (BCB, 2025f).

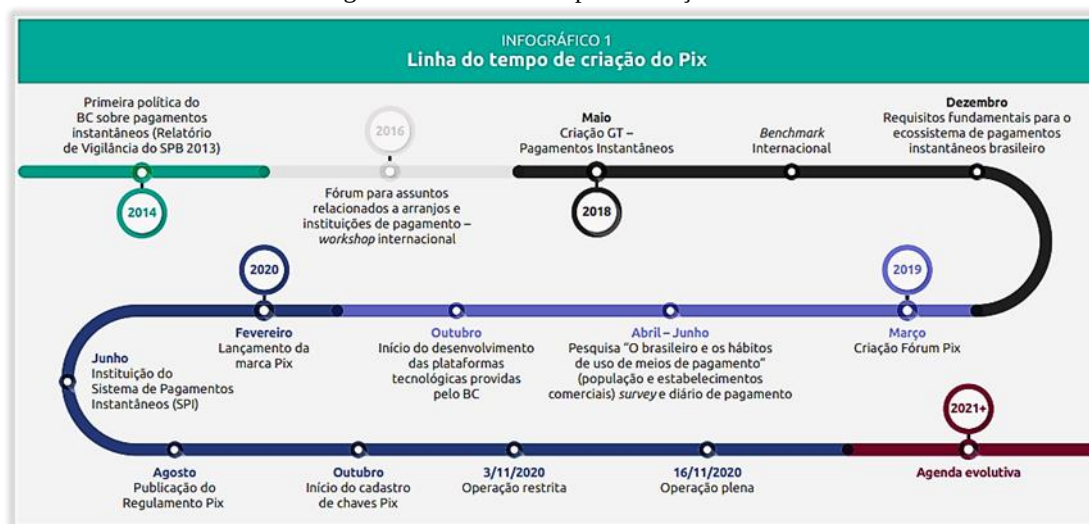
De acordo com o exposto pelo Banco Central do Brasil por meio do Relatório de Gestão do Pix (2022), a criação do Pix pertence a um contexto mais amplo da atuação contínua do Banco Central do Brasil (BCB) na supervisão, regulação e aprimoramento do Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB). O desenvolvimento do Pix pode ser entendido como um desdobramento natural

da estratégia institucional do BCB de modernizar o SPB, alinhando-se tanto às demandas nacionais quanto às melhores práticas internacionais.

A operação plena do Pix foi oficialmente lançada em 16 de novembro de 2020. A partir de então, o Brasil passou a integrar o conjunto de países que dispõem de um sistema de pagamentos instantâneos em funcionamento, promovendo uma transformação significativa no ambiente dos pagamentos de varejo. Desde sua implementação, o Pix permite a realização de transações financeiras em tempo real, 24 horas por dia, todos os dias da semana, inclusive feriados, por meio de contas-correntes, contas-poupança ou contas de pagamento pré-pagas (BCB, 2022).

O sistema está disponível para pessoas físicas, jurídicas e entes governamentais, que podem efetuar transferências e pagamentos em poucos segundos, utilizando canais digitais como aplicativos móveis e plataformas de internet banking. Essa inovação representa um marco na promoção da inclusão financeira, na elevação da eficiência dos meios de pagamento e na ampliação do acesso da população a serviços financeiros modernos, seguros e acessíveis (BCB, 2022).

Figura 1 - Linha do tempo de criação do Pix



Fonte: Relatório de Gestão do Pix (BCB, 2022).

Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI)

Conforme o Banco Central do Brasil (2025g), o Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI) constitui a infraestrutura tecnológica centralizada responsável pela liquidação das

transações realizadas no âmbito dos pagamentos instantâneos no Brasil. Trata-se de uma plataforma única que viabiliza a transferência de recursos entre instituições financeiras e instituições de pagamento de forma eficiente, segura e em tempo real.

Operado e gerido pelo Banco Central do Brasil (BCB), o SPI entrou em funcionamento em novembro de 2020, concomitantemente com o lançamento do Pix, e desempenha papel fundamental na viabilização das transferências instantâneas no país. Seu modelo operacional adota o princípio de Liquidação Bruta em Tempo Real (LBTR), o que significa que cada transação é processada e liquidada individualmente, no exato momento em que ocorre. Uma vez efetivada, a transação assume caráter irrevogável, assegurando a definitividade da liquidação (BCB, 2025g).

O mecanismo de liquidação do SPI ocorre por meio de lançamentos nas Contas de Pagamento Instantâneo (Contas PI), que são contas de propósito específico mantidas no Banco Central pelas instituições participantes diretas do sistema. Essas contas são exclusivamente destinadas às operações de pagamentos instantâneos, segregando, portanto, esses fluxos financeiros dos demais tipos de liquidação realizados no Sistema de Transferência de Reservas (BCB, 2025g).

De modo a preservar a integridade e a robustez do sistema, o SPI adota uma política rigorosa de controle de liquidez, não permitindo a realização de operações que resultem em saldo negativo nas Contas PI. Assim, não há possibilidade de lançamentos a descoberto, sendo exigido que as instituições participantes mantenham saldo suficiente para a efetivação de suas transações. Essa característica é fundamental para assegurar a estabilidade do sistema, mitigar riscos operacionais e garantir a continuidade das operações em tempo real, de forma segura e eficiente (BCB, 2025g).

Diretório de Identificadores de Contas Transacionais (DICT)

De acordo com o Banco Central do Brasil (2025c), o Diretório de Identificadores de Contas Transacionais (DICT) constitui uma base de dados centralizada que armazena as informações cadastrais associadas às chaves Pix dos usuários recebedores. Essa estrutura contém dados essenciais para a identificação e vinculação entre os usuários e suas contas transacionais, tais como nome completo, número do CPF ou CNPJ, instituição financeira ou de pagamento de relacionamento, número da agência e da conta, tipo de conta, data de registro da chave e data de

abertura da conta, entre outras informações relevantes.

Gerido e operado pelo BCB, o DICT é um componente fundamental da infraestrutura do sistema Pix, uma vez que viabiliza a iniciação de pagamentos de forma simplificada, segura e eficiente. Sua função principal é permitir que a identificação do destinatário de uma transação seja feita por meio de uma chave única — a chave Pix — dispensando a necessidade de inserção manual de múltiplos dados bancários, como ocorre nas modalidades tradicionais de transferência, a exemplo de TED, DOC ou transferências diretas entre contas (BCB, 2025c).

A utilização do DICT proporciona maior praticidade ao usuário e contribui significativamente para a mitigação de riscos de erro operacional e de fraudes, uma vez que reduz a exposição e o compartilhamento de dados sensíveis. O sistema permite que os usuários registrem chaves Pix que funcionam como identificadores simplificados, podendo ser o número do CPF ou CNPJ, endereço de e-mail, número de telefone celular ou uma chave aleatória -, essa última, particularmente útil para aqueles que preferem não divulgar informações pessoais (BCB, 2025c).

Na prática, a transação se torna mais ágil e acessível. O pagador necessita apenas saber qual chave o recebedor deseja utilizar para receber o valor. Em muitos casos, inclusive, essa informação pode estar previamente armazenada no aplicativo bancário do pagador, o que torna o processo ainda mais automatizado, sendo possível iniciar a transferência diretamente a partir da lista de contatos do telefone celular (BCB, 2025c).

Todas as instituições que participam diretamente do Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI) devem ter acesso ao DICT, de forma a garantir a interoperabilidade e o correto encaminhamento das ordens de pagamento. Além disso, o Banco Central autoriza o acesso ao DICT por parte de determinados órgãos públicos, quando houver justificativa legal, o que amplia as possibilidades de uso institucional dos dados, preservando, entretanto, os princípios de segurança e sigilo bancário (BCB, 2025c).

Participantes do Pix

Conforme exposto pelo Banco Central do Brasil (2022), a estrutura de participação no Pix foi concebida de forma ampla, flexível e inclusiva, com o propósito de estimular a adesão de uma diversidade de agentes ao ecossistema de pagamentos instantâneos, promovendo, assim, maior competitividade, interoperabilidade e capilaridade no Sistema de Pagamentos Brasileiro.

No que se refere aos critérios de participação, todas as instituições financeiras e instituições de pagamento que oferecem contas transacionais, sejam estas contas de depósito à vista, contas de poupança ou contas de pagamento pré-pagas, estão aptas a integrar o Pix na qualidade de provedores de conta transacional. A possibilidade de adesão estende-se inclusive àquelas instituições de pagamento que, embora ainda não tenham alcançado os requisitos necessários para requerer autorização de funcionamento junto ao Banco Central, manifestem interesse em participar do sistema (BCB, 2022).

Entretanto, para garantir uma oferta ampla do serviço à população, a regulamentação prevê a obrigatoriedade de participação para instituições autorizadas pelo Banco Central do Brasil que possuam mais de 500 mil contas de clientes ativas, considerando-se o total de contas de depósito à vista, poupança e contas de pagamento pré-pagas. Essas instituições devem disponibilizar aos seus clientes, obrigatoriamente, a funcionalidade de iniciação de transações via Pix por meio de diferentes métodos, como a inserção manual de dados, utilização de chaves Pix, leitura de QR Codes dinâmicos ou estáticos, e a opção "PIX copia e cola", além da funcionalidade de recebimento de pagamentos. Essa exigência tem como objetivo assegurar que o Pix esteja efetivamente disponível a uma parcela significativa da população, promovendo a inclusão e a modernização dos meios de pagamento (BCB, 2022).

As demais instituições que ainda não atingiram o referido limite de contas ativas podem optar por participar do sistema de forma voluntária. No entanto, uma vez alcançado o marco de 500 mil contas transacionais ativas, a instituição, se autorizada pelo Banco Central, passa a ter a obrigação de requerer sua adesão formal ao Pix no prazo máximo de 90 dias, conforme determinado pela regulamentação vigente (BCB, 2022).

Os critérios e modalidades de participação no Pix e DICT foram estabelecidos pela Resolução BCB n.º 1. Já os parâmetros normativos para o funcionamento da infraestrutura de liquidação do Pix, o Sistema de Pagamentos Instantâneos, foram definidos pela Resolução BCB n.º 195. Esses dispositivos normativos fornecem a base regulatória necessária para assegurar o funcionamento seguro, eficiente e equitativo do sistema, estabelecendo os deveres e as condições técnicas para os agentes participantes (BCB, 2022). O referencial teórico em um estudo compreende uma análise crítica e organizada da literatura pertinente ao tema, fornecendo uma contextualização teórica e definindo os conceitos-chave. Deve conter de maneira abrangente as teorias, modelos e pesquisas anteriores, identificando lacunas, contradições e consensos na literatura que são importantes para o foco do trabalho que está sendo desenvolvido.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu na realização de pesquisa quantitativa, apoiada em métodos estatísticos, para avaliar os índices de correlação, causalidade e regressão entre a variável dependente pix e as variáveis independentes ted, boleto e cartão de débito.

A metodologia quantitativa parte da coleta e análise de dados, apoiada no uso da estatística. conforme sampieri, collado e lucio (2006), a estatística faz uso da coleta e interpretação de dados para investigar as perguntas da pesquisa e verificar as hipóteses formuladas anteriormente. baseia-se em medições numéricas, quantificações e, com frequência, na aplicação de métodos estatísticos para identificar com precisão os padrões de comportamento de um determinado grupo populacional.

Autoregressive Moving Average with Exogenous Variables (ARMAX)

O modelo ARMAX (p, q, b) é uma extensão do modelo ARMA que incorpora variáveis exógenas (ou covariáveis) para explicar a série temporal (Hamilton, 2020). O modelo ARMAX (p, q, b) é definido pela seguinte equação:

$$Y_t = \mu + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \sum_{k=1}^b \beta_k X_{t-k} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde:

Y_t é o valor da série temporal no instante t ; μ é a média constante da série; $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ são coeficientes autorregressivos (AR); $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ são coeficientes de médias móveis (MA); X_t é a variável exógena no instante t ; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_b$ são os coeficientes da variável exógena; p é a ordem do componente autorregressivo; q é a ordem do componente de médias móveis; b é o número de defasagens da variável exógena; $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ é o termo de erro aleatório.

As propriedades do modelo ARMAX são:

- a) a série temporal deve ser estacionária, com média e variância constantes ao longo do tempo;
- b) a componente MA deve ser invertível para garantir que o modelo tenha uma representação estável e única;

- c) a função de autocorrelação (FAC) e a função de autocorrelação parcial (FACP) são utilizadas para identificar a ordem do modelo. No ARMAX (p, q, b), ambas FAC e FACP decaem exponencialmente ou oscilam.

Semelhante ao ARMA, O modelo ARMAX é geralmente estimado usando o método de Máxima Verossimilhança (MLE).

Processo de Coleta de Dados

A presente análise investiga a intrincada relação entre a dinâmica do Pix e três variáveis independentes cruciais: boleto, cartão de débito e TED. O estudo se concentra em dados de frequência trimestral, coletados do sítio eletrônico do Banco Central do Brasil, abrangendo um período de 15 observações -, o máximo disponível para a variável dependente, em função de os valores serem disponibilizados pelo Banco Central do Brasil em frequência trimestral, a partir do quarto trimestre de 2020 até o segundo trimestre de 2024. A variável Pix, designada como dependente, é o foco central da análise, buscando-se desvendar sua sensibilidade e correlação com as demais variáveis.

Toda a análise estatística foi realizada com o auxílio do software estatístico R e os pacotes de modelagem *tseries*, *forecast*, *MASS*, *urca* e *lmtest*, e dos pacotes para análise, tratamento e plotagem dos dados, *ggplot2*, *tidyverse* e *dplyr*. A escolha desta ferramenta para a manipulação e o desenvolvimento dos cálculos ocorreu em função da segurança e qualidade dos resultados que são disponibilizados pela ferramenta, incluindo os gráficos de dispersão, de alto correlação serial e *boxplot*.

A metodologia empregada combina elementos de análise de séries temporais com técnicas de robustez estatística. Inicialmente, a fim de mitigar a influência da dispersão dos resíduos, uma transformação logarítmica é aplicada à variável Pix, dado que valores monetários estão sendo considerados durante a análise. Tal procedimento é justificado pela necessidade de estabilizar a variância e promover a normalidade dos erros, pressupostos fundamentais para a aplicação de modelos de séries temporais.

Na sequência, o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (Dickey e Fuller, 1979) é utilizado para verificar a presença de raiz unitária nas séries temporais. A identificação de raiz unitária é crucial, pois sua presença indica não estacionaridade, condição que pode levar a resultados espúrios na modelagem. Caso a raiz unitária seja detectada, a primeira diferença da

série é calculada, visando torná-la estacionária e adequada para a modelagem.

O modelo Autorregressivo de Médias Móveis com variáveis Exógenas (ARMAX) é a ferramenta central da análise. Este modelo permite não apenas capturar a dinâmica temporal da variável Pix, mas também incorporar o efeito das variáveis independentes (boleto, cartão de débito e TED) em sua análise. A escolha do modelo ARMAX reside em sua capacidade de lidar com a complexidade das relações entre as variáveis, oferecendo uma estrutura flexível para modelar a influência das variáveis externas sobre a variável dependente.

A fim de assegurar a robustez e a confiabilidade dos resultados, a análise inclui testes de robustez abrangentes. O sumário dos resíduos, compreendendo estatísticas descritivas como mínimo, primeiro quartil, mediana, média, terceiro quartil e máximo, auxilia na verificação da simetria e da distribuição dos resíduos em torno da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo ARMAX foi ajustado para a série Pix, utilizando TED, boleto e cartão de débito como variáveis explicativas. A Tabela 1 resume os principais resultados dos modelos estimados.

Tabela 1- Resumo dos Modelos ARMAX para Pix			
Variável Explicativa	R ² Ajustado (%)	Erro Padrão	Breusch-Pagan (p-valor)
TED	66,78	0,2005	0,331
Boleto	49,36	0,2476	0,00118
Cartão de Débito	49,40	0,2475	0,00090

* R² Ajustado: Proporção da variação explicada pelo modelo, corrigida para o número de variáveis.

† Erro Padrão: Mede a precisão das previsões, com valores menores indicando maior confiabilidade.

‡ Breusch-Pagan: Testa a heterocedasticidade, com baixos p-valores sugerindo variância não constante nos resíduos.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela1 apresenta os resultados dos modelos ARMAX estimados para valores do Pix com três variáveis explicativas: TED, boleto e cartão de débito. O R² Ajustado indica a proporção da variação do Pix explicada por cada variável, corrigida pelo número de parâmetros no modelo. Quanto maior esse valor, melhor a variável explicativa (TED, boleto e cartão de débito) ajuda a explicar variações do Pix. O modelo com TED apresentou o maior R² Ajustado (66,78%), sugerindo que essa variável tem maior capacidade explicativa em relação ao Pix. Já os modelos com boleto e cartão de débito tiveram valores similares, próximos de 49,4%, indicando um poder explicativo menor em comparação com TED.

O Erro Padrão mede a precisão das variáveis do modelo, em que valores menores indicam

estimativas mais confiáveis. O modelo com TED apresentou o menor erro (0,2005), enquanto os modelos com boleto e cartão de débito tiveram erros ligeiramente maiores e quase idênticos (0,2476 e 0,2475, respectivamente). Isso sugere que as estimativas baseadas na TED são menos dispersas e, portanto, mais precisas.

O teste de Breusch-Pagan (1979) avalia a presença de heterocedasticidade nos resíduos do modelo, ou seja, se a variância do erro se mantém constante ao longo do tempo. O p -valor associado ao teste indica a significância da heterocedasticidade. Para TED ($p=0,331$), o teste sugere que os resíduos não apresentam heterocedasticidade significativa, garantindo maior robustez ao modelo. No entanto, para boleto ($p=0,00118$) e cartão de débito ($p=0,00090$), os baixos valores de p indicam a presença de heterocedasticidade, sugerindo que a variância dos erros não é constante, o que pode impactar a eficiência das estimativas e a confiabilidade dos intervalos de confiança. A heterocedasticidade é um problema principalmente em modelos de regressão, pois é possível conduzir a erros de predição mais elevados e modelos menos robustos. No entanto, para a análise de correlação, a heterocedasticidade não é necessariamente um problema, visto o resultado obtido seja apenas a relação linear entre duas variáveis o que não depende diretamente da homoscedasticidade.

A análise dos resíduos mostrou que os erros possuem um padrão relativamente baixo em torno da média, com leves indícios de heterocedasticidade para os modelos com boleto e cartão de débito, conforme indicado pelos testes de Breusch-Pagan (1979).

Para avaliar a adequação dos modelos, foram realizados os testes de Ljung-Box (1978), Durbin-Watson (1971) e Breusch-Pagan (1979), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Testes de Diagnóstico dos Modelos ARMAX

Teste	TED (p -valor)	Boleto (p -valor)	Cartão de Débito (p -valor)
Ljung-Box	0,9975	0,8236	0,7688
Durbin-Watson	1,9752	1,9808	2,0406
Breusch-Pagan	0,331	0,00118	0,00090

* Teste Ljung-Box: Verifica se há autocorrelação nos resíduos do modelo. Valores altos de p -valor sugerem ausência de autocorrelação significativa.

† Durbin-Watson: Mede a presença de autocorrelação serial nos resíduos. Valores próximos de 2 indicam pouca ou nenhuma autocorrelação.

‡ Teste Breusch-Pagan: Avalia a heterocedasticidade nos resíduos. Valores baixos de p -valor indicam variância não constante.

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 2 apresenta os testes de diagnóstico aplicados aos modelos ARMAX estimados para explicar o comportamento do Pix em função das variáveis TED, Boleto e Cartão de Débito.

Esses testes são fundamentais para avaliar a adequação dos modelos e garantir a validade estatística das inferências. Os principais aspectos analisados são a presença de autocorrelação nos resíduos, a dependência serial e a heterocedasticidade.

O teste de Ljung-Box (1978) examina se os resíduos do modelo apresentam autocorrelação significativa. Como os p -valores para todas as variáveis explicativas são elevados (próximos de 1), isso sugere que não há evidências estatísticas de autocorrelação nos resíduos. Esse resultado é desejável, pois indica que os modelos ARMAX estão capturando corretamente as estruturas temporais das séries, sem deixar padrões remanescentes.

O teste de Durbin-Watson (1971) mede a presença de autocorrelação serial nos resíduos, com valores próximos de 2, indicando pouca ou nenhuma autocorrelação. Para os três modelos, os valores do teste estão muito próximos de 2 (TED: 1,9752; boleto: 1,9808; cartão de débito: 2,0406), reforçando a ideia de que os resíduos se comportam de forma aleatória e não apresentam dependência serial significativa.

O teste de Breusch-Pagan (1979) avalia a heterocedasticidade dos resíduos, ou seja, se a variância dos erros permanece constante ao longo do tempo. No caso da variável TED, o p -valor de 0,331 indica que não há evidências de heterocedasticidade, o que significa que a dispersão dos resíduos não varia sistematicamente. Isso é positivo, pois sugere que a incerteza dos erros é homogênea.

No entanto, para as variáveis boleto e cartão de débito, os p -valores são extremamente baixos (0,00118 e 0,00090, respectivamente), indicando a presença de heterocedasticidade. Isso significa que a variância dos erros pode estar mudando ao longo do tempo, o que pode comprometer a eficiência dos estimadores e exigir correções, como a utilização de testes robustos para heterocedasticidade.

A relação entre Pix e as variáveis explicativas foi analisada utilizando o teste de causalidade de Granger (1969) e o coeficiente de correlação de Pearson (Bussab, 2010), cujos resultados estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Teste de Causalidade de Granger e Correlação de Pearson		
Variável Explicativa	Granger (p -valor)	Correlação de Pearson
TED	0,8413	0,0518
Boleto	0,1783	-0,3635
Cartão de Débito	0,0062	-0,4431

* Teste de Causalidade de Granger: Avalia se uma variável ajuda a prever outra ao longo do tempo. P -valores baixos indicam que a variável explicativa tem poder preditivo sobre a variável dependente.

† Correlação de Pearson: Mede a força e a direção da relação linear entre duas variáveis. Valores positivos indicam relação direta, enquanto valores negativos indicam relação inversa. Fonte: Dados da pesquisa.

Os teste de Causalidade de Granger (1969) e da Correlação de Pearson (2010) entre as variáveis explicativas (TED, boleto e cartão de débito) e o Pix são essenciais para avaliar a relação dinâmica e estática entre as séries temporais, permitindo entender se há uma conexão estatística significativa entre os meios de pagamento analisados e o volume de transações via Pix.

O teste de Causalidade de Granger (1969) investiga se uma variável possui poder preditivo sobre outra ao longo do tempo. Um p -valor baixo indica que a variável explicativa ajuda a prever a variável dependente, enquanto valores elevados sugerem ausência de relação causal no sentido de Granger. No caso da TED, o p -valor de 0,8413 é bastante alto, indicando que não há evidências de que a TED cause o Pix no sentido de Granger. Isso sugere que a TED e o Pix evoluem independentemente no tempo, sem uma relação preditiva clara.

Para a variável boleto, o p -valor de 0,1783, embora menor que o da TED, ainda é relativamente alto. Esse resultado implica que, embora possa haver alguma relação entre o uso de boletos e o volume de transações via Pix, a evidência não é estatisticamente significativa o suficiente para afirmar que o boleto influencia diretamente o Pix no sentido de Granger. Dessa forma, o boleto pode estar associado ao Pix de outras maneiras, mas não necessariamente de forma preditiva.

Por outro lado, o cartão de débito apresenta um p -valor de 0,0062, indicando uma relação estatisticamente significativa entre essa variável e o Pix. Isso sugere que o comportamento das transações com cartão de débito pode fornecer informações úteis para prever a dinâmica do Pix. Esse resultado pode ser interpretado como um indício de substituição ou complementaridade entre os meios de pagamento, em que o uso do cartão de débito pode estar sendo impactado pelo aumento das transações via Pix.

A análise da Correlação de Pearson complementa os achados do teste de Granger ao medir a força e a direção da relação linear entre as variáveis. No caso da TED, a correlação de 0,0518 é muito próxima de zero, sugerindo uma relação praticamente inexistente entre TED e Pix. Esse resultado reforça a evidência do teste de Granger, indicando que a TED e o Pix não estão fortemente associados em termos de comportamento.

A correlação entre boleto e Pix é de -0,3635, o que sugere uma relação negativa fraca entre essas variáveis. Esse resultado indica que um aumento no uso do Pix pode estar associado a uma redução no uso de boletos. Embora essa relação não seja extremamente significativa, ela pode sugerir uma possível substituição parcial entre os dois meios de pagamento, em que os usuários que antes utilizavam boletos podem migrar para o Pix.

Já a correlação entre cartão de débito e Pix é de -0,4431, indicando uma relação negativa ainda fraca, mas superior à observada para o boleto. Esse resultado sugere que um aumento no volume de transações com Pix está associado a uma redução no uso do cartão de débito. Esse achado, combinado com a significância do teste de Granger, reforça a hipótese de que é possível que o Pix esteja substituindo o cartão de débito como meio de pagamento preferido por parte dos usuários.

O fato de o cartão de débito exibir uma relação negativa mais forte e significativa sugere que o Pix possivelmente desempenha um papel crescente na substituição de pagamentos anteriormente realizados por esses meios.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos a partir da modelagem ARMAX e das análises estatísticas realizadas mostram dados significativos sobre a relação entre o Pix e os demais meios de pagamento analisados (TED, boleto e cartão de débito).

A variável TED demonstrou o maior poder explicativo individual, com um R^2 Ajustado de 66,78%, o que transparece uma correlação classificada como forte. Brooks (2019) destaca que, em análises econométricas aplicadas às finanças, correlações que ultrapassam o patamar de 0,60 já são consideradas fortes, pois indicam relações consistentes e economicamente relevantes entre os fenômenos estudados, uma vez que séries financeiras apresentam elevada volatilidade e comportamento estocástico. Assim, o valor encontrado neste trabalho demonstra uma associação significativa entre as variáveis PIX e TED, sugerindo que elas se movem de forma suficientemente sincronizada para justificar interpretações econômicas mais robustas, além de resíduos sem autocorrelação ou heterocedasticidade significativa, indicando um modelo aceitável.

Por outro lado, boleto e cartão de débito apresentaram R^2 Ajustados próximos de 49%, demonstrando um poder explicativo moderado, mas com evidências de heterocedasticidade nos resíduos, o que pode afetar a eficiência das estimativas. A análise de causalidade de Granger mostrou que o cartão de débito possui um efeito preditivo significativo sobre o Pix (p -valor = 0,0062), enquanto que o boleto não apontou causalidade. Ambas as variáveis exibiram correlações negativas, embora fracas, com o Pix (-0,3635 para boleto e -0,4431 para cartão de débito), sugerindo uma possível substituição do Pix por esses meios de pagamento. Esses achados

sinalizam que o Pix, possivelmente, ocupa um espaço antes dominado por transações com cartão de débito e, em menor medida, por boletos, reforçando a hipótese de que a inovação trazida pelo Pix está alterando os padrões de pagamento no Brasil.

Indubitavelmente, tais aspectos contribuem para a compreensão das mudanças nos hábitos de pagamento no Brasil e dos efeitos do avanço do Pix sobre outras modalidades.

REFERÊNCIAS

- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Relatório de Gestão do PIX**. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/content/estabilidadefinanceira/pix/relatorio_de_gestao_pix/relatorio_gestao_pix_2023.pdf, 2020-2022. Acesso em: 25 mar. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Diretório de Identificadores de Contas Transacionais**. Brasília, [2025c]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/dict>, Acesso em: 24 jun. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Pix**. Brasília, [2025f]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/openfinance>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI)**, Brasília, [2025g]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/sistemapagamentosinstantaneos?ano=2025>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB)**, Brasília, [2025g]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/spb>. Acesso em: 19 mar. 2025.
- BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation, **Econometrica**: Journal of the econometric society, pp. 1287–1294, 1979.
- BROOKS, Chris. **Introductory Econometrics for Finance**. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- BUSSAB, W. de O.; PEDRO, A. M. **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366, p. 427–431, 1979.
- DURBIN, J; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least squares regression. III. **Biometrika**, v. 58, n. 1, p. 1–19, 1971.
- FIGUEIREDO, R. P. **A evolução do sistema de pagamentos brasileiro e o desaparecimento do cheque**: realidade ou exagero? Dissertação (Mestrado em Economia). Faculdade Ibmec, São Paulo, 2006.

FORTUNA, E. **O sistema de pagamento brasileiro** - SPB. In: FORTUNA, Eduardo. *Mercado financeiro: produtos e serviços*. 21. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2017.

GRANGER, C. W. Investigating causal relations by econometric models and crossspectral methods, **Econometrica**: journal of the Econometric Society, p. 424–438, 1969.

HAMILTON, J. D. Time series analysis. Princeton: **University Press**, 2020.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v. 65, n. 2, p.297–303, 1978.

SAMPIERI, R.H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M.P.B. **Metodologia de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: MacGraw-Hill, 2006.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics**: a modern approach. 3. ed.,1996.