

idp

idn

MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA

**IMPACTO DOS GASTOS COM TECNOLOGIA NA
EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS BANCOS BRASILEIROS NO
PERÍODO DE 2012 A 2022: UMA AVALIAÇÃO USANDO
FRONTEIRA ESTOCÁSTICA**

FILIPE DE OLIVEIRA GOMES

Brasília-DF, 2023

FILIFE DE OLIVEIRA GOMES

**IMPACTO DOS GASTOS COM TECNOLOGIA NA
EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS BANCOS BRASILEIROS
NO PERÍODO DE 2012 A 2022: UMA AVALIAÇÃO
USANDO FRONTEIRA ESTOCÁSTICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia do Mestrado Profissional em Economia, Desenvolvimento e Políticas Públicas do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP.

Orientador

Professor Doutor Carlos Eduardo Gasparini

Brasília-DF 2023

FILIPPE DE OLIVEIRA GOMES

IMPACTO DOS GASTOS COM TECNOLOGIA NA EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS BANCOS BRASILEIROS NO PERÍODO DE 2012 A 2022: UMA AVALIAÇÃO USANDO FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia do Mestrado Profissional em Economia, Desenvolvimento e Políticas Públicas do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP.

Aprovado em 03 / 08 / 2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Carlos Eduardo Gasparini - Orientador

Prof. Dr. Luiz Augusto Ferreira Magalhães

Prof. Dr. Ricardo Coelho de Faria

G633i Gomes, Filipe de Oliveira

Impacto dos gastos com tecnologia na eficiência dos principais bancos brasileiros no período de 2012 a 2022: uma avaliação usando fronteira estocástica. Filipe de Oliveira Gomes. – Brasília: IDP, 2023.

55 p.

Inclui bibliografia.

Dissertação – Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP, Mestrado em Economia, Brasília, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Gasparini.

1. Instituições Financeiras. 2. Fronteira estocástica. 3. Investimentos em Tecnologia da Informação. I. Título.

CDD: 330

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Ministro Moreira Alves
Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa

RESUMO

O estudo avalia a relação entre gastos com tecnologia da informação (TI) e eficiência dos principais bancos brasileiros. A evolução tecnológica tem impactado fortemente o setor financeiro, levando à disponibilização de plataformas digitais e canais virtuais de atendimento aos clientes. Essa nova era digital tem mudado os hábitos e comportamentos do consumidor bancário, impulsionando a adoção de tecnologias como o PIX e o Open Banking, bem como a digitalização acelerada dos negócios. O maior nível de tecnologia adotada pelos bancos pode contribuir para reduzir custos operacionais e elevar o nível de eficiência, podendo resultar na melhoria dos serviços prestados aos clientes e facilitação do acesso ao crédito à população. A análise da relação entre os gastos com tecnologia e a eficiência foi realizada por meio da estimação de eficiência de Fronteira Estocástica (SFA). Optou-se pela estruturação da base de dados a partir das demonstrações financeiras dos maiores bancos brasileiros no período de 2012 a 2022, priorizando a qualidade dos dados em relação à ampliação da quantidade de bancos, sem, contudo, comprometer a abrangência do estudo, pois os bancos analisados compreendem 76% dos ativos totais. Os resultados evidenciaram relação positiva entre o *fluxo* de gastos com TI e o nível de eficiência dos bancos, o que significa maior nível de lucratividade. Paralelamente, o fato do saldo de investimentos de TI (*estoque*) não apresentar relevância estatística pode ser lido como um indicativo de mudança no perfil de gastos em tecnologia dos bancos, com a migração do modelo proprietário de negócios de TI para um modelo mais focado em serviços. Além disso, observou-se que uma maior quantidade de pontos de atendimento especializados (agências bancárias) e menores gastos administrativos favorecem a eficiência dos bancos, demonstrando a necessidade de reduzir despesas e alocar recursos da forma mais eficiente possível.

Palavras-chaves: Instituições Financeiras, Eficiência, Investimentos em Tecnologia da Informação, Fronteira estocástica.

ABSTRACT

The study evaluates the relationship between information technology (IT) expenditures and the efficiency of the main Brazilian banks. Technological evolution has strongly impacted the financial sector, leading to the availability of digital platforms and virtual customer service channels. This new digital age has changed bank consumer habits and behaviors, driving the adoption of technologies such as PIX and Open Banking, as well as the accelerated digitalization of business. The higher level of technology adopted by banks can contribute to reducing operating costs and raising the level of efficiency, which may result in improved services provided to customers and easier access to credit for the population. The analysis of the relationship between spending on technology and efficiency was performed using the Stochastic Frontier Approach (SFA). It was decided to structure the database from the financial statements of the largest Brazilian banks in the period from 2012 to 2022, prioritizing the quality of the data in relation to the expansion of the number of banks, without, however, compromising the scope of the study, as the analyzed banks comprise 76% of the total assets. The results showed a positive relationship between the flow of IT expenses and the level of efficiency of the banks, which means a higher level of profitability. At the same time, the fact that the balance of IT investments (inventory) is not statistically relevant can be read as an indication of a change in the profile of technology spending by banks, with the migration from the IT proprietary business model to a model more focused on services. In addition, it was observed that a greater number of specialized service points (bank branches) and lower administrative expenses favor the efficiency of banks, demonstrating the need to reduce expenses and allocate resources in the most efficient way possible.

Keywords: Financial Institutions, Efficiency, Investments in Information Technology, Stochastic frontier.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Agência Bancária
AT	Ativo Total
BB	Banco do Brasil
BCB	Banco Central do Brasil
Caixa	Caixa Econômica Federal
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (Investimentos em Bens de Capitais)
DA	Despesas Administrativas
DEA	Análise Envolvória de Dados (<i>Data Envelopment Analysis</i>)
DF	Grau de Liberdade (<i>Degree of freedom</i>)
DP	Despesas de Pessoal
DT	Despesas Totais, sendo a soma das Despesas Administrativas (DA) e Despesas de Pessoal (DP)
Febraban	Federação Brasileira de Bancos
GTI	Gastos com Tecnologia da Informação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF.data	Base de dados selecionados de instituições financeiras brasileiras
IIF	Despesas de Intermediação Financeira sobre as Receitas de Intermediação Financeira
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE)
LL	Lucro Líquido
OPEX	<i>Operational Expenditure</i> (Despesas e dispêndios operacionais)
PA	Pontos de Atendimento
PTF	Teoria da produtividade total dos fatores
RI	Relações com Investidores
ROA	<i>Return on Asset</i> (Retorno sobre os Ativos)



RSPL	Retorno Sobre o Patrimônio Líquido (ROE – <i>Return on Equity</i>)
SFA	Análise de Fronteira Estocástica (<i>Stochastic Frontier Approach</i>)
SITI	Saldo dos Investimentos em Tecnologia da Informação
TI	Tecnologia da Informação
XaaS	<i>Everything as a Service</i> (Tudo como Serviço)



LISTA DE FIGURAS

Figura 1

Lucro Líquido Anual dos Principais Bancos Brasileiros

.....16

Figura 2

Gastos com TI nos cinco maiores bancos brasileiros

.....17

Figura 3

Variação da taxa SELIC

.....18

Figura 4

Comparação da Taxa SELIC e a Taxa Real de Juros

.....18

Figura 5

Comparativo dos Gastos com TI entre os Bancos

.....35

Figura 6

Comparativo do Saldo de Investimentos em TI entre os Bancos

.....35

Figura 7

Eficiência Média dos Bancos

.....40

Figura 8

Evolução dos Índices de Eficiência dos Bancos

.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Referência dos gastos com tecnologia da informação

.....32

Tabela 2

Referência do saldo dos investimentos em tecnologia da informação

.....33

Tabela 3

Análise descritiva das variáveis

.....34

Tabela 4

Teste LR de Especificação para Fronteira Estocástica

.....38

Tabela 5

Resultado da estimação

.....41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Estimação da eficiência	26
3.2 Base de Dados.....	28
4 RESULTADOS.....	38
4.1 Testes de Especificação	38
4.2 Resultado da Estimação	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
Referências.....	51



1

INTRODUÇÃO

As Instituições Financeiras são fundamentais para a dinâmica da economia e desenvolvimento socioeconômico do País, tendo em vista que os Bancos disponibilizam serviços financeiros, acesso ao crédito e soluções de pagamentos, dentre outros serviços presentes nas relações econômicas entre indivíduos e empresas.

A teoria da firma bancária de KLEIN (1971) caracteriza os bancos como firmas que buscam maximizar seus lucros por meio de empréstimos e investimentos, buscando equilibrar as taxas de juros que cobram pelos empréstimos e as taxas pagas pelos depósitos.

Os bancos se dedicam a gerenciar os riscos de suas operações de forma a minimizar seus efeitos negativos sobre os lucros, avaliando a qualidade dos tomadores de empréstimos, a diversificação de suas carteiras de empréstimos e o direcionamento de recursos de acordo com o grau de risco e suas expectativas sobre um futuro incerto.

Os bancos aparecem como um dos segmentos que mais têm investido em Tecnologia da Informação (TI) no Brasil e mundo (Febraban, 2023), tendo grande parte de seus produtos e serviços dependentes dessa tecnologia, o que tem resultado na elevação do

uso e compartilhamento de informações seguras e rápidas, redução do custo de transações e geração de maior comodidade e satisfação aos usuários.

É razoável que os gastos em TI sejam indutores da transformação digital e que contribuam para a melhoria de produtos e serviços, bem como para a automação e otimização de processos operacionais. Sistemas de gerenciamento de riscos e *compliance*, por exemplo, podem reduzir o tempo necessário para cumprir regulamentações e aumentar a precisão das avaliações de risco. Além disso, sistemas de processamento de dados em tempo real permitem que as instituições financeiras tomem decisões mais fundamentadas e ágeis, contribuindo para a melhoria da eficiência.

O conceito de eficiência se refere à capacidade de utilizar os recursos disponíveis da maneira mais produtiva possível para maximizar a produção de bens e serviços (FARREL, 1957). A eficiência é um aspecto fundamental na teoria econômica e na gestão da produção, pois busca alcançar o equilíbrio entre o uso adequado dos recursos e a obtenção dos melhores resultados.

A teoria da produtividade total dos fatores (PTF) mede a eficiência com que os fatores de produção, incluindo o capital, o trabalho e a tecnologia, são combinados para gerar a produção (SOLOW, 1957; KENDRICK, 1961). Em linha com esse raciocínio, a PTF poderia ser utilizada para relacionar gastos com tecnologia da informação e a melhoria da eficiência de uma instituição financeira.

Assim, se uma instituição financeira aumenta seus gastos com tecnologia, isso pode contribuir para melhorar sua PTF e, conseqüentemente, sua eficiência. Isso ocorre porque a tecnologia pode ajudar a reduzir custos operacionais, melhorar o processamento de dados, automatizar processos e melhorar a tomada de decisões.

Contudo, o fator determinante para a elevação do nível de eficiência da empresa, medido pela sua lucratividade, não é o volume dos gastos com tecnologia, mas o retorno desses mesmos investimentos e seus impactos na geração de receitas, na redução de custos e na mitigação de riscos.

A partir desse entendimento, este estudo empírico pretende analisar se os gastos com tecnologia da informação nos principais

bancos brasileiros possuem relação com seus índices de eficiência. E se sim, pontuar se de forma positiva ou negativa.

Para atingimento deste objetivo geral, serão avaliados outros aspectos relacionados ao tema, como (i) estimar a eficiência dos principais bancos brasileiros, (ii) estabelecer um *ranking* dos bancos quanto à eficiência, (iii) analisar como os investimentos em tecnologia impactam nos índices de eficiência, e (iv) analisar se a eficiência dos bancos brasileiros é impactada pelos ciclos econômicos, representados pela taxa real de juros da economia.

Na análise da relação entre os gastos com tecnologia da informação e os índices de eficiência dos bancos brasileiros será utilizado o método paramétrico de estimação de eficiência de Fronteira Estocástica (SFA- *Stochastic Frontier Approach*), ampliando a literatura sobre o tema por considerar dados em painel no período de 2012 a 2022 e por analisar não somente a relação com o saldo (estoque) dos investimentos em TI, mas também quanto aos fluxos correntes de despesas com tecnologia.

Conhecer os gastos em TI dos principais bancos brasileiros e o seu impacto na eficiência dessas empresas é uma questão essencial para o setor bancário, que atua em um ambiente extremamente competitivo e cada vez com menos barreiras a entrantes, sendo informação relevante para direcionar a atuação dos gestores, o alinhamento dos negócios e o esforço organizacional.

A elevação da eficiência dos Bancos se mostra relevante na medida em que pode auxiliar na melhoria dos serviços prestados e facilitar o acesso ao crédito à população. Além disso, a atuação eficiente dos grandes conglomerados financeiros é fator relevante para a estabilidade da economia, elevação do grau de confiança do investidor e promoção do desenvolvimento econômico do país.

O Setor Financeiro tem sido fortemente impactado pela evolução tecnológica, agregando novas formas de relacionamento, com a disponibilização de plataformas digitais e canais virtuais de atendimento, a exemplo do *Internet Banking* e aplicativos para dispositivos móveis (APPs).

A era digital tem mudado os hábitos e comportamentos do consumidor, com tecnologias sendo adotadas e disseminadas cada vez mais rápido. Exemplo disso é a recente implantação do PIX, que

durante o ano de 2022, segundo ano após seu lançamento, já representou 29% de todas as transações de pagamentos efetuadas no país, superando o volume de transações dos cartões de crédito (20%) e de débito (19%) e se tornando o principal instrumento do mercado brasileiro, conforme dados divulgados pela Febraban no Relatório de Economia Bancária de 2022.

Outro exemplo é o recente lançamento do *Open Banking*, ou sistema financeiro aberto, que permite aos clientes o compartilhamento de suas informações entre diferentes instituições financeiras e possibilita a movimentação de suas contas bancárias por diferentes acessos digitais, não apenas pelo aplicativo ou site de seu banco, de forma segura, ágil e conveniente, elevando a competição no setor e demandando dos bancos investimentos em tecnologia.

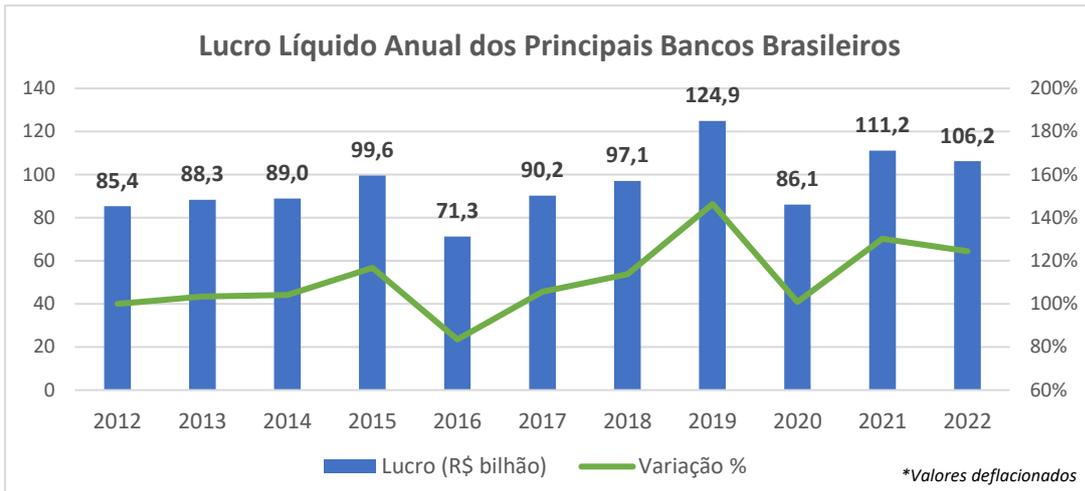
Cabe destacar, ainda, o forte impacto no ambiente tecnológico decorrente da pandemia da COVID-19, que acelerou o uso de tecnologias, a digitalização de negócios e a elevação do uso de canais digitais, impactando a demanda por recursos de processamento e comunicação de dados.

O mercado bancário brasileiro vem passando por um movimento de concentração de competidores nos últimos anos, o que acarretou efeito positivo para a elevação da eficiência de custos dessas instituições (BRAGA, 2020).

Os cinco maiores bancos brasileiros, representados pelo Banco do Brasil (BB), Bradesco, Caixa Econômica Federal (Caixa), Itaú e Santander, representam 76% dos ativos totais das instituições da categoria B1, definida pelo Banco Central do Brasil (BCB), atualmente composta por 99 empresas do tipo Banco Comercial, Banco Múltiplo com Carteira Comercial ou Caixas Econômicas.

A figura 1 nos mostra a evolução anual do lucro líquido dos cinco maiores bancos brasileiros nos últimos 11 anos (2012 a 2022), onde observamos uma elevação significativa em valores absolutos, que passou do patamar de R\$ 85,4 bilhões em 2012 para R\$ 106,2 bilhões em 2022, em valores deflacionados, correspondendo a um aumento de lucratividade de 24%.

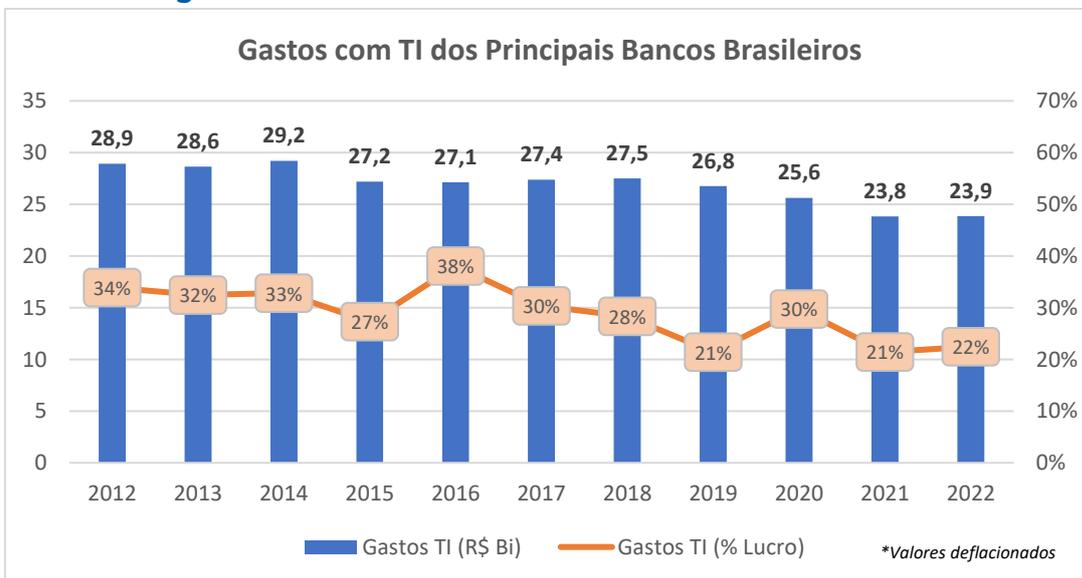
Figura 1: Lucro Líquido Anual dos Principais Bancos Brasileiros



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados do BCB (IF.data), em valores reais (deflacionados, trazidos à data base 12/2022).

No mesmo período (2012 a 2022), observamos elevados gastos com tecnologia da informação (TI) por partes dos cinco maiores bancos brasileiros, conforme constante na figura 2, cujo montante anual chegou a atingir em 2016 o equivalente a 38% sobre o lucro líquido anual das instituições, o que corresponde ao valor gasto de R\$ 27,1 bilhões no referido ano.

Figura 2: Gastos com TI nos cinco maiores bancos brasileiros



Fonte: Elaborado pelo autor, com base nas demonstrações financeiras dos bancos (valores deflacionados, trazidos à data base 12/2022).

Cabe ressaltar que uma das principais fontes de receita dos bancos é a margem financeira proveniente da taxa de juros cobrada

de seus clientes pelos empréstimos tomados, estando esse patamar de juros relacionado à taxa de juros da economia.

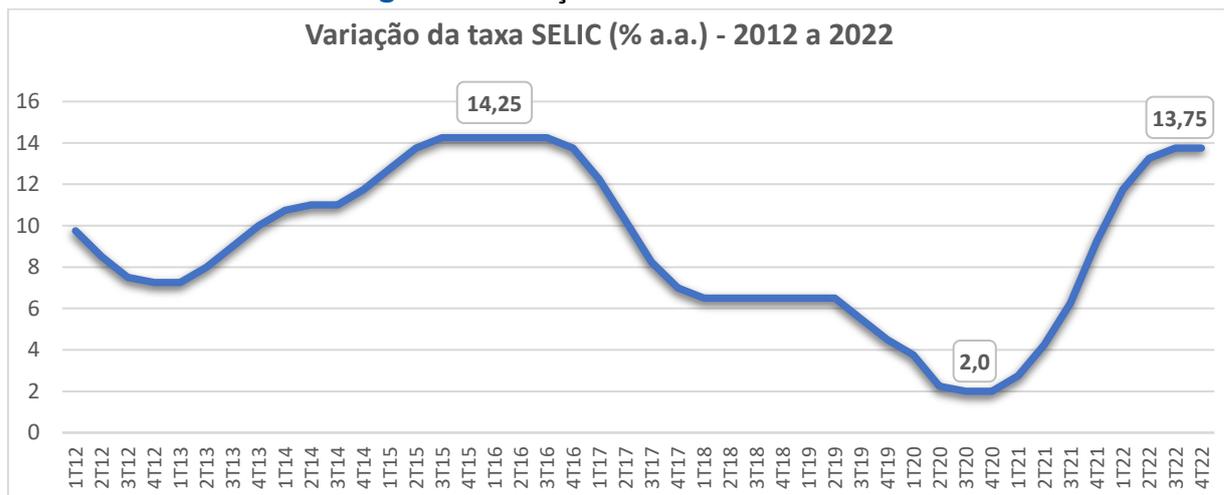
Os juros são uma forma de remunerar o risco que os bancos assumem ao conceder empréstimos aos seus clientes, e quanto maior o risco, maior deve ser a taxa de juros cobrada.

Quando a taxa de juros da economia está alta, os bancos tendem a aumentar as suas taxas de empréstimo e, conseqüentemente, aumentar a sua margem de lucro. Por outro lado, quando a taxa de juros da economia está baixa, os bancos podem ter uma redução na sua margem de lucro, já que as taxas de empréstimo também tendem a cair.

No entanto, a baixa taxa de juros pode estimular a demanda por crédito e aumentar o volume de empréstimos, o que pode compensar a redução na margem de lucro. Além disso, uma taxa de juros mais baixa também pode incentivar o consumo e investimento na economia, o que pode gerar novas oportunidades de negócios e lucro para os bancos.

A figura 3 apresenta a variação da taxa básica de juros da economia brasileira (taxa SELIC) nos últimos 11 anos (2012 a 2022), onde observamos uma grande variação em pontos percentuais, com o mínimo de 2,0% e o máximo de 14,25%, com o fechamento de 2022 no patamar de 13,75%.

Figura 3: Variação da taxa SELIC

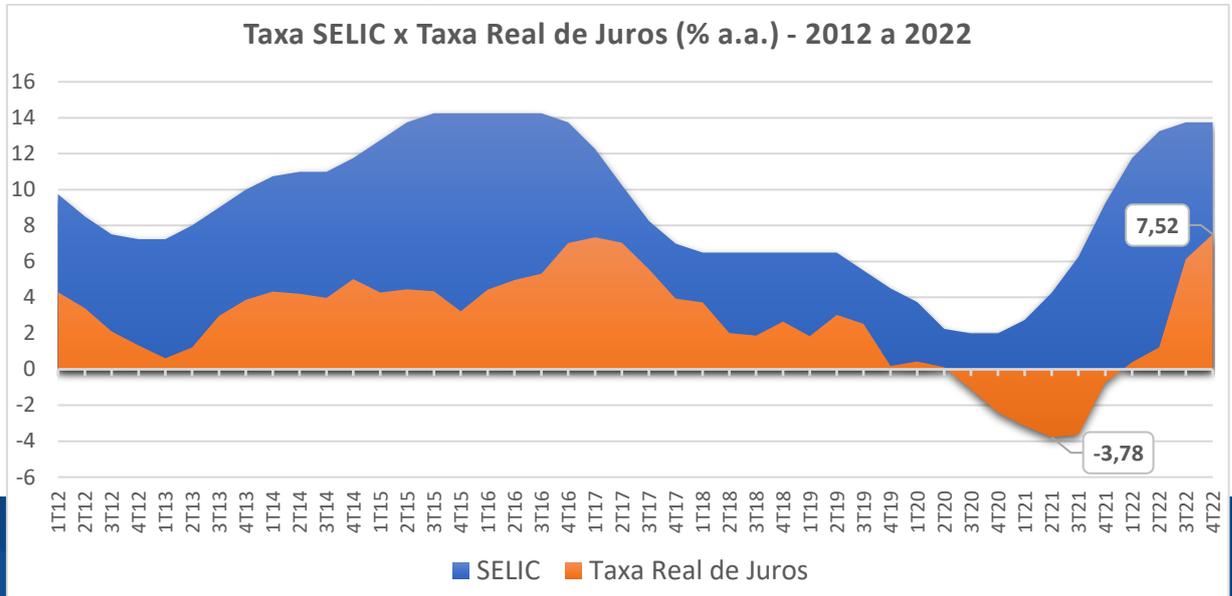


Fonte: Elaborado pelo autor. Dados do BCB.

Para considerar os efeitos da inflação, calculamos a taxa real de juros da economia, ajustando a taxa SELIC ao índice de inflação, tendo sido considerado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor

Ampla (IPCA/IBGE), onde observamos no mesmo período uma variação na taxa real de juros entre o percentual negativo de -3,78% a.a. e o patamar máximo de juros positivos de 7,52% a.a. no fechamento de 2022, conforme figura 4.

Figura 4: Comparação da Taxa SELIC e a Taxa Real de Juros



Fonte: Elaborado pelo autor. Dados do BCB e IBGE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Produtividade Total dos Fatores (PTF) é uma importante forma de análise econômica que busca explicar a relação entre os insumos utilizados na produção e a produção final. Essa teoria foi desenvolvida ao longo do tempo por diversos autores, como SOLOW (1956), JORGENSON e GRILICHES (1967) e MANKIW, ROMER e WEIL (1992).

A PTF defende que a produção final de uma economia depende não somente dos insumos utilizados na produção, mas também da maneira como esses insumos são combinados e utilizados. Assim, é possível que uma economia que utiliza uma quantidade menor de insumos possa produzir mais do que outra que utiliza uma quantidade maior de insumos, simplesmente porque os insumos são utilizados de forma mais eficiente.

Além disso, a elevação do nível de tecnologia tem importância fundamental na produtividade dos fatores, pois permite a utilização mais eficiente dos insumos, reduzindo o desperdício de recursos e aumentando a produção. A introdução de novas tecnologias pode aumentar a produtividade dos trabalhadores, reduzir o tempo de produção e aumentar a qualidade do produto final.

A importância da tecnologia na produtividade foi destacada por diversos autores, a exemplo de SOLOW (1957), que mostrou que a maior parte do crescimento econômico nos Estados Unidos desde a Segunda Guerra Mundial não podia ser explicada pelo aumento da quantidade de capital e trabalho, mas sim pela elevação do nível de tecnologia. Já ROMER (1986) e LUCAS (1988) destacaram a importância do conhecimento na produção e desenvolvimento econômico.

A PTF consiste, portanto, em uma importante forma de entender a relação entre os insumos utilizados na produção e a produção final, sendo a elevação do nível de tecnologia um fator essencial para aumentar a eficiência na utilização dos insumos e, conseqüentemente, a produtividade dos fatores.

A transformação digital tem sido um dos principais fatores de mudança nos últimos anos no âmbito do setor financeiro, não restando dúvidas de que os bancos estão se adaptando rapidamente a essa nova realidade.

Os bancos estão investindo em tecnologia para melhorar sua eficiência operacional, oferecer serviços personalizados e elevar a satisfação dos clientes. Por exemplo, a implementação de *chatbots* e assistentes virtuais está melhorando a experiência dos clientes ao lidar com questões simples e rotineiras. Além disso, a tecnologia de análise de dados tem permitido aos bancos oferecer serviços mais personalizados aos seus clientes, como ofertas de produtos financeiros específicos a cada perfil.

A transformação digital dos bancos é condição necessária para o setor acompanhar o rápido avanço de novas tecnologias do mundo corporativo, cuja disseminação tem alterado as condições de mercado e facilitado a entrada de novos competidores, sejam eles empresas de tecnologia voltadas ao segmento financeiro, as chamadas *fintechs*, ou mesmo grandes empresas de tecnologia que

começaram a disponibilizar serviços financeiros, as denominadas *big techs*.

Essa transformação digital vai além de apenas disponibilizar produtos ou serviços, que cada vez mais se tornam *commodities* financeiras, mas sim altera a forma de atender e de se relacionar com os consumidores, o que exige uma alteração de posicionamento e de estratégia por parte dos bancos, sendo fundamental oferecer aos seus clientes uma melhor experiência, com atendimento conveniente, ágil e integral, interligados em todos os canais, físicos e digitais.

Os gastos e investimentos em TI se mostram relevantes nesse cenário, contribuindo para a sustentabilidade dos negócios que cada vez mais se tornam fortemente dependentes de tecnologia. Assim, espera-se observar uma relação positiva entre os gastos com tecnologia da informação e o nível de eficiência dos bancos, demonstrando que tais gastos de fato contribuem para a elevação da eficiência.

O estudo de FENG e WU (2018) analisou a relação entre o aumento dos investimentos em TI e a *performance* e valor de mercado de bancos americanos listados em bolsa, no período de 2000 a 2017, utilizando modelo de efeitos fixos com análise de regressão linear. Os resultados indicaram que investimentos em TI melhoram a eficiência dos bancos, principalmente nos grandes bancos.

Por outro lado, o estudo de GUPTA *et al.* (2018), utilizando a análise de fronteira estocástica (SFA), não confirmou a presença de uma relação positiva entre os gastos com TI e a eficiência do lucro no setor bancário indiano, tendo como base os dados coletados dos relatórios anuais de dez bancos nacionalizados e três bancos do setor privado, no período de 2006 a 2013.

ZUO *et al.* (2021), utilizando-se da técnica não-paramétrica de análise envoltória de dados (DEA), analisou o impacto da transformação digital em 20 bancos comerciais chineses, de 2011 a 2019, tendo verificado que os investimentos em tecnologia contribuem para uma melhoria substancial na eficiência produtiva dos bancos, embora tenha constatado heterogeneidade entre os bancos.

Outro estudo de FAROUK e DANDAGO (2015), investigou o impacto do investimento em TI no desempenho financeiro dentre 24 bancos nigerianos, no período de 2006 a 2010, por meio do modelo de regressão de dados em painel, tendo verificado que elevado nível de investimento em TI não aumenta a lucratividade dos bancos.

Os estudos em âmbito internacional indicam que a relação entre investimentos em TI e a eficiência dos bancos depende de vários fatores, tais como o tamanho do banco, composição do seu capital social e o nível de concorrência no mercado.

No âmbito dos estudos já realizados no setor bancário brasileiro, BECKER, LUNARDI e MAÇADA (2003), utilizando DEA para medir a eficiência técnica de 74 bancos brasileiros no ano de 2000, concluíram que os bancos que mais investem em TI apresentam melhores índices de eficiência.

RUIZ *et al.* (2008), analisando a eficiência técnica das instituições financeiras no Brasil entre 1995 e 2005, por meio de fronteira estocástica de custo, nos mostraram que o aumento da taxa de juros da economia, representado pela taxa média do C-Bond, implica no aumento de custos para as instituições financeiras e resulta em uma perda de eficiência.

BOMBONATTI FILHO *et al.* (2016), com base na análise qualitativa de dados dos cinco principais bancos brasileiros do período de 2009 a 2014, verificaram que os bancos que mais investem em tecnologia são os que mais crescem em termos de receitas e lucro líquido, apesar das turbulências econômicas no Brasil e no mundo.

MENDONÇA *et al.* (2018) utilizaram SFA para avaliar a eficiência de 47 Instituições financeiras no Brasil no período de 2008 a 2015, adotando a forma funcional translog para função de custo, tendo identificado a existência de relação positiva entre a eficiência na gestão de custos e a rentabilidade das instituições financeiras.

FREITAS e KIRCH (2019), a partir de um modelo de regressão linear, verificaram que o investimento em tecnologia da informação pelos bancos possui uma relação significativamente positiva com as variáveis de rentabilidade, tendo por base 19 bancos brasileiros listados em bolsa, no período 2011 a 2017.

BARRETO *et al.* (2021), por meio de análise de correlação e regressão de dados em painel, identificaram uma relação positiva entre os investimentos em TI e o Retorno sobre os Ativos (ROA) nos cinco maiores bancos brasileiros, no período de 2009 a 2018.

Este estudo pretende contribuir com a avaliação da relação entre gastos com TI e a lucratividade no setor bancário brasileiro, adicionando uma nova dimensão à literatura existente e fornecendo subsídios para futuras pesquisas nesta área, como se destaca mais especificamente abaixo.

Este trabalho difere do realizado por **BECKER, LUNARDI e MAÇADA (2003)** por adotar a metodologia SFA e considerar dados em painel para capturar a evolução de eficiência ao longo do período, de 2012 a 2022.

Diferente da abordagem de **BOMBONATTI FILHO (2016)**, esta pesquisa irá analisar a relação entre os gastos de TI e o índice de eficiência das instituições financeiras, utilizando a abordagem de fronteira estocástica.

Adicionalmente à análise de **FREITAS e KIRCH (2019)** e de **BARRETO (2021)**, este trabalho irá verificar a relação do fluxo de gastos com tecnologia da informação sobre a lucratividade dos bancos, além de também analisar o impacto do saldo (estoque) dos investimentos em TI.

Em complemento aos achados de **RUIZ (2008)**, este trabalho irá verificar a relação entre a taxa real de juros da economia, representada pela diferença entre a taxa de juros da economia (taxa SELIC) e o índice de inflação do período (INPC), e a eficiência das instituições financeiras.





3

METODOLOGIA



3.1 Estimação da eficiência

As técnicas paramétricas e não paramétricas de medição da eficiência são amplamente utilizadas para avaliar a eficiência de unidades de decisão em diversas áreas, como finanças, saúde e educação.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) e a Análise de Fronteira Estocástica (SFA) são duas técnicas populares de medição da eficiência que utilizam abordagens diferentes para avaliar a eficiência de unidades de decisão.

A DEA foi proposta por CHARNES *et al.* (1978) e é uma técnica não paramétrica que avalia a eficiência relativa de unidades de decisão que possuem múltiplas entradas e saídas.

A DEA não requer a especificação de uma função de produção e não pressupõe uma distribuição probabilística específica para os desvios. Em vez disso, a técnica utiliza um conjunto de unidades de decisão eficientes para construir uma fronteira que envolve as unidades ineficientes. A eficiência relativa é medida pela distância da unidade ineficiente até a envoltória.

A SFA foi proposta por AIGNER *et al.* (1977) e é uma técnica paramétrica que utiliza a especificação de uma função de produção para avaliar a eficiência de unidades de decisão.

A SFA pressupõe que os erros da função de produção seguem uma distribuição probabilística específica com dois componentes: o primeiro associado à ineficiência, captado por uma distribuição unilateral, e o segundo relacionado a variações estocásticas, geralmente uma distribuição normal. A eficiência é medida pela relação entre a produção observada e a produção que seria obtida se a unidade de decisão operasse no ponto de eficiência máxima.

Tanto a DEA quanto a SFA têm vantagens e limitações e a escolha da técnica mais adequada depende das características dos dados e dos objetivos da análise.

SCHMIDT e SICKLES (1984) propuseram a SFA como uma alternativa à DEA para lidar com dados de produção e discutiram as principais diferenças entre as duas técnicas.

COELLI *et al.* (2005) discutiram as principais vantagens e limitações da DEA e SFA e apresentaram estudos comparativos entre elas. A DEA se mostra mais adequada para dados em que não há conhecimento prévio da distribuição e pode lidar com várias entradas e saídas. A SFA, por outro lado, requer a especificação de uma função de produção e pressupõe uma distribuição probabilística específica para os erros, mas pode ser mais eficiente na identificação de unidades ineficientes.

Como forma de avaliar a eficiência dos bancos brasileiros ao longo do tempo, será utilizado neste trabalho o método paramétrico de estimação de eficiência de Fronteira Estocástica (SFA), tendo em vista este decompor a ineficiência em duas partes, uma decorrente de efeitos aleatórios e/ou erros de mensuração e a outra representando a ineficiência resultante de fatores que estão sob influência da gestão.

Modelo de Fronteira Estocástica (SFA):

$$y = f(x) + vit - uit \quad (1)$$

Relação de produção entre insumos ($x = \text{vetor}$) e um produto (y), com:

v_{it} – efeitos aleatórios [$iid \sim N(0; \sigma v^2)$]

u_{it} – ineficiência produtiva [$iid \sim NT(m_{it}; \sigma u^2)$]

O modelo SFA foi preferido em relação ao método DEA por este último considerar como ineficiência toda a distância até a fronteira, subestimando a eficiência das instituições.

Será estimada uma fronteira de produção que permite apenas um *output*, baseado na forma funcional *Translog* e na distribuição de probabilidades normal truncada, sendo considerados os efeitos variáveis no tempo, de forma a capturar a evolução tecnológica do setor bancário no período em análise. Tais definições são fundamentadas pelos testes de especificação realizados para definição do modelo mais adequado aos dados, conforme se verá adiante, na seção de resultados.

Também serão incluídas variáveis explicativas da ineficiência, com objetivo de evidenciar a relação entre as variáveis de interesse e a eficiência das instituições.

3.2 Base de Dados

Na estimação da função de produção, a especificação do *output*, dos *inputs* e das variáveis explicativas será:

Função de produção:

(Output) Lucro Líquido – LL

(Input 1) Ativo Total – AT

(Input 2) Intermediação Financeira – Despesa sobre Receita – IF

(Input 3) 1 / Despesas Totais – DT

Variáveis explicativas da ineficiência:

Gastos com Tecnologia da Informação – GTI

Saldo dos Investimentos em Tecnologia da Informação – SITI

Taxa Real de Juros da Economia – JUROS

Despesas Administrativas – DA

Despesas de Pessoal – DP

Número de Agências – AG

Número de Pontos de Atendimento – PA

Assim, o modelo de estimação na forma funcional translog pode ser expresso por:

$$\begin{aligned}
 \ln LL_{it} = & \beta_0 + \beta_t \cdot t + \beta_{AT} \ln AT_{it} + \beta_{IF} \ln IF_{it} + \beta_{DT} \ln DT_{it} + \frac{1}{2} \beta_{tt} \cdot t^2 \\
 & + \frac{1}{2} \beta_{AT \ AT} (\ln AT_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{IF \ IF} (\ln IF_{it})^2 \\
 & + \frac{1}{2} \beta_{DT \ DT} (\ln DT_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{AT \ IF} (\ln AT_{it})(\ln IF_{it}) \\
 & + \frac{1}{2} \beta_{AT \ DT} (\ln AT_{it})(\ln DT_{it}) + \frac{1}{2} \beta_{IF \ DT} (\ln IF_{it})(\ln DT_{it}) \\
 & + \beta_{AT \ t} [(\ln AT_{it}) \cdot t] + \beta_{IF \ t} [(\ln IF_{it}) \cdot t] + \beta_{DT \ t} [(\ln DT_{it}) \cdot t] \\
 & + vit - uit
 \end{aligned}$$

(2)

Onde:

$$uit = \delta 0 + \delta 1 GTIit + \delta 2 SITIit + \delta 3 JUROSit + \delta 4 DAit + \delta 5 DPit + \delta 6 AGit + \delta 7 PAit \quad (3)$$

O principal indicador de resultado dos bancos considerado pelo mercado é o lucro líquido, sendo este definido como *output* da função de produção. Cabe destacar que os bancos se caracterizam como uma indústria financeira de serviços, não produzindo unidades físicas e sim se baseando em unidades monetárias.

Os bancos fundamentam sua atividade principal pela intermediação financeira, cujo valor agregado está representado pelo Ativo Total, o que abrange, dentre outros, o saldo das operações de crédito, títulos e valores mobiliários e aplicações interfinanceiras. Espera-se verificar uma relação positiva entre o Lucro Líquido (LL) e o montante do Ativo Total – AT (+), pois um maior volume de negócios tende a contribuir para a lucratividade dos bancos.

A eficiência se fundamenta na busca por melhorar a relação entre resultados e custos, buscando maximizar resultados e minimizar custos. Nesse sentido, analisar a relação entre as receitas e despesas com a intermediação financeira é importante para avaliar a capacidade dos bancos em gerar resultado. Espera-se observar uma relação negativa sobre a razão entre as Despesas de Intermediação Financeira e as Receitas de Intermediação Financeira – IF (-), cujo resultado líquido positivo tende a favorecer a lucratividade das empresas.

As despesas totais foram calculadas pela soma das despesas administrativas e as despesas de pessoal, sendo definidas como *inputs* do modelo por estarem fortemente relacionadas aos gastos necessários para suporte às operações dos bancos e ao funcionamento da infraestrutura de atendimento. E, considerando que foi estabelecido no modelo o inverso da variável, espera-se também um resultado positivo em relação às Despesas Totais – DT (+), ou seja, quanto menor o volume das despesas mais eficientes serão as instituições.

Os Gastos com Tecnologia da Informação (GTI) foram considerados como sendo a soma das despesas com Processamento de Dados, despesas com Comunicações (de dados), despesas com a amortização de *softwares* adquiridos e

desenvolvidos internamente (ativo intangível) e despesas com a depreciação de sistemas de processamento de dados (ativo tangível). Importante destacar que essas variáveis representam fluxos correntes de despesas com TI.

Por outro lado, o saldo dos Investimentos em Tecnologia da Informação (SITI) será representado pelo saldo (estoque) do ativo intangível correspondente à aquisição ou desenvolvimento de *softwares* e pelo saldo (estoque) do ativo imobilizado de uso, referente aos sistemas de processamentos de dados.

Cabe destacar que não existe uma nomenclatura padrão na divulgação dos investimentos em TI pelos bancos brasileiros (ALVES *et al.*, 2018), sendo que as definições acima permitem abranger de forma mais assertiva os gastos e investimentos com tecnologia da informação das empresas, sejam eles investimentos diretos (CAPEX), despesas de custeio (OPEX) ou mesmo desenvolvimentos internos ou contratados de *softwares*.

Este critério também contempla a recente mudança do perfil de gastos em tecnologia dos bancos, com a migração das tecnologias que sustentam os negócios para serviços XaaS (*Everything as a Service*), a exemplo de infraestrutura, *software*, plataformas digitais etc.

Grande parte do custo da indústria financeira, que é baseada na prestação de serviços, reside na estrutura física de atendimento aos clientes, representados pelo número de agências bancárias e de postos de atendimento, sendo também selecionadas como variáveis explicativas.

A taxa real de juros será a taxa nominal de juros ajustada pela inflação, calculada pela fórmula taxa real de juros = $[(1 + \text{taxa nominal de juros}) / (1 + \text{taxa de inflação})] - 1$. A taxa nominal de juros considerada será a SELIC, que representa a taxa básica de juros da economia, e o índice de inflação a ser considerado será o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE).

A série histórica da taxa básica de juros da economia (SELIC) também será obtida junto ao sistema do Banco Central do Brasil (BCB), por meio do site da autarquia, na opção: Política Monetária > Comitê de Política Monetária (Copom) > Histórico das Taxas de Juros.

O índice de inflação da economia, representado pela série histórica do IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – será obtido junto ao site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na opção: Estatísticas > Econômicas > Preços e custos > Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo.

Uma alternativa à taxa real de juros seria considerar a taxa de juros neutra, que busca fornecer uma visão mais ampla e estável da política monetária, ajudando a evitar flutuações excessivas e instabilidades na economia. Contudo, tendo em vista o objetivo de se verificar a evolução de eficiência dos bancos ao longo do tempo, optou-se pela taxa real de juros, por essa fornecer uma medida mais precisa das taxas de juros efetivas enfrentadas pelos agentes econômicos, cujas condições econômicas e adversidades se refletem no lucro do período.

Em relação às variáveis explicativas da ineficiência, espera-se um impacto negativo para os Gastos com Tecnologia da Informação – GTI (-) e negativo para o Saldo dos Investimentos em Tecnologia da Informação – SITI (-), ou seja, quanto menores os gastos e investimentos em TI mais ineficientes serão as empresas. Por outro lado, espera-se um impacto positivo em relação à Taxa Real de Juros da Economia – JUROS (+)¹, positiva para as Despesas Administrativas – DA (+), positiva para a Despesas de Pessoal – DP (+), ou seja, quanto maior forem tais valores maior será a ineficiência. Quanto ao Número de Agências (AG) e Número de Pontos de Atendimento (PA), pondera-se analisar tais relações com o resultado da estimação, uma vez que uma maior rede de atendimento proporciona um melhor nível de atendimento aos clientes, mas também pode implicar em maiores custos, o que pode afetar a lucratividade.

Todas as variáveis monetárias são mensuradas em moeda nacional (R\$), obtidas com valores nominais e ajustadas para considerar os efeitos da inflação pelo IPCA, trazendo-as a valor presente na data base de dezembro/2022, último trimestre em avaliação.

¹ Não existe consenso na literatura a respeito do impacto da taxa de juros sobre a lucratividade dos bancos, uma vez que, como já se discutiu na introdução, ela pode ter consequências ambíguas sobre os lucros do setor. Nesse sentido, o sinal aqui esperado deve ser entendido apenas como uma sinalização, a ser comprovada ou não nas estimações.

O escopo do estudo será limitado à análise dos cinco maiores bancos do Brasil, representados pelo Banco do Brasil (BB), Bradesco, Caixa Econômica Federal (Caixa), Itaú e Santander, que representam 76% dos Ativos Totais das instituições classificadas na categoria B1 do Banco Central do Brasil (BCB), atualmente composta por 99 empresas do tipo Banco Comercial, Banco Múltiplo com Carteira Comercial ou Caixas Econômicas.

A restrição aos cinco principais bancos se justifica na falta de padronização das informações dos gastos e investimentos em TI nos bancos brasileiros, conforme detalhado mais adiante, cuja estruturação de uma base de dados com alto nível de precisão e completude exige a análise detalhada das demonstrações financeiras das instituições e extração das informações contidas em suas Notas Explicativas.

A alternativa à análise das demonstrações financeiras seria acessar de forma padronizada o saldo das contas contábeis dos bancos junto ao Banco Central do Brasil (BCB), no Portal do Cosif – Plano Contábil das Instituições do Sistema Financeiro Nacional. Porém, os saldos dessas contas não correspondem exclusivamente aos investimentos e gastos com TI, mas sim aos valores por categoria do ativo ou do passivo, sendo necessário, portanto, assumir valores por meio do estabelecimento de *proxy*, o que poderia prejudicar as estimações do modelo.

Tendo em vista a alta participação dos cinco maiores bancos no sistema financeiro, optou-se pela alternativa de estruturação da base de dados pela análise pormenorizada das demonstrações financeiras, priorizando a qualidade dos dados em relação à ampliação da quantidade de bancos, sem, contudo, comprometer a abrangência dos ativos financeiros, pois os bancos estudados compreendem 76% dos ativos totais.

Assim, serão utilizados dados trimestrais dos cinco maiores bancos, no período de 44 trimestres ou 11 anos, de março/2012 a dezembro/2022, obtidos por meio do IF.data – Base de dados selecionados de instituições financeiras brasileiras, mantida pelo Banco Central do Brasil (BCB). Os demais dados financeiros relacionados aos gastos e investimentos de TI serão extraídos das demonstrações contábeis trimestrais dos bancos, disponíveis nos respectivos sites de Relações com Investidores (RI), o que implica na análise de 220 demonstrações financeiras.

O período selecionado está alinhado ao tempo máximo de um ciclo econômico definido por Juglar, que possui duração de 7 a 11 anos (KOROTAYEV e TSIREL, 2010), abrangendo os movimentos de expansão e contração da economia, embora os ciclos econômicos possam ser afetados por fatores como mudanças nas políticas econômicas, eventos geopolíticos e inovações tecnológicas, conforme BURNS (1934). Além disso, o período de 11 anos corresponde a duas vezes o tempo de evolução das tecnologias digitais estabelecido por BRYNJOLFSSON e MCAFEE (2011), que ponderam que o prazo de 5 a 6 anos é suficiente para que uma nova tecnologia seja desenvolvida, testada, aprimorada e adotada em larga escala pela sociedade.

A tabela 1 apresenta a relação das informações contidas nas demonstrações financeiras trimestrais dos bancos em análise que foram consideradas como gastos com tecnologia da informação, abrangendo tanto as despesas administrativas diretas quanto aquelas decorrentes de amortização e depreciação de investimentos em TI.

Tabela 1: Referência dos gastos com tecnologia da informação

Gastos com Tecnologia da Informação (GTI) no balanço dos bancos				
	Processamento de Dados	Comunicações de Dados	Amortização de Software Adquirido e/ou Desenvolvido	Depreciação de Sistemas de Processamento de Dados
BB	Outras Despesas Administrativas > Processamento de Dados	Outras Despesas Administrativas > Comunicações	Intangível > Aquisição/Desenvolvimento de Softwares/Softwares > Amortização	Imobilizado de Uso > Sistemas de Processamentos de Dados (até 2019) ou Equipamentos de Processamento de dados (a partir de 2020) > Depreciação
Bradesco	Outras Despesas Administrativas > Processamento de Dados	Outras Despesas Administrativas > Comunicações	Intangível > Amortização de Softwares	Imobilizado de Uso > Sistemas de Processamentos de Dados > Depreciação
Caixa	Outras Despesas Administrativas > Processam	Outras Despesas Administrativas > Comunicações	Intangível > Projetos logiciais - software > Amortização	Imobilizado de Uso > Sistemas de Processamentos de Dados > Depreciação

	ento de Dados			
Itaú	Despesas Administrativas > Despesas Administrativas > Processamento de Dados e Telecomunicações	Despesas Gerais > Despesas Gerais > Despesas Gerais e Amortização do	Ágio e Ativos intangíveis > softwares Adquiridos + Softwares Desenvolvidos Internamente > Despesas de Amortização	Imobiliza do > Outras Imobilizações > Sistemas de Processamentos de Dados > Depreciação
Santander	Série Histórica BR GAAP > Despesas > Despesas Gerais e Amortizaçã o do Ágio > Processam ento de Dados	Série Histórica BR GAAP > Despesas > Despesas Gerais e Amortização do Ágio > Comunicações	Ativo Intangível - Outros Ativos Intangíveis > Desenvolvimento de Tecnologia da Informação > Amortização	Ativo Tangível > Sistemas de Processamento de Dados > Depreciação

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados dos balanços trimestrais dos bancos.

Da mesma forma, a tabela 2 relaciona as informações constantes nas demonstrações financeiras trimestrais dos bancos e que foram consideradas para calcular o saldo dos investimentos em TI, abrangendo tanto o ativo tangível quanto intangível.

Tabela 2: Referência do saldo dos investimentos em tecnologia da informação

Saldo dos Investimentos em TI (SITI)		
	Software Adquirido e/ou Desenvolvido	Sistemas de Processamento de Dados
BB	Intangível > Aquisição/Desenvolvimento de Softwares / Softwares > Saldo	Imobilizado de Uso > Sistemas de Processamentos de Dados (até 2019) ou Equipamentos de Processamento de dados (a partir de 2020) > Saldo
Bradesco	Ativos Intangíveis > Software > Saldo	Imobilizado de Uso > Sistemas de Processamentos de Dados > Saldo
Caixa	Intangível > Projetos logiciais - Software > Saldo	Imobilizado de Uso > Sistemas de Processamentos de Dados > Saldo
Itaú	Ágio e Ativos intangíveis > Softwares Adquiridos + Softwares Desenvolvidos Internamente > Saldo	Imobilizado > Outras Imobilizações > Sistemas de Processamentos de Dados > Saldo
Santander	Ativo Intangível - Outros Ativos Intangíveis > Desenvolvimento de	Ativo Tangível > Sistemas de Processamento de Dados > Saldo (Valor Contábil)

Tecnologia da Informação > Saldo	
-------------------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados dos balanços trimestrais dos bancos.

A tabela 3 a seguir apresenta a análise descritiva das variáveis estabelecidas no modelo de estimação de eficiência de Fronteira Estocástica (SFA), abrangendo o *output* e os *inputs* da função de produção, bem como as variáveis explicativas da ineficiência, cujos valores foram apurados com base trimestral e no período de 2012 a 2022, totalizando 44 trimestres.

Tabela 3: Análise descritiva das variáveis

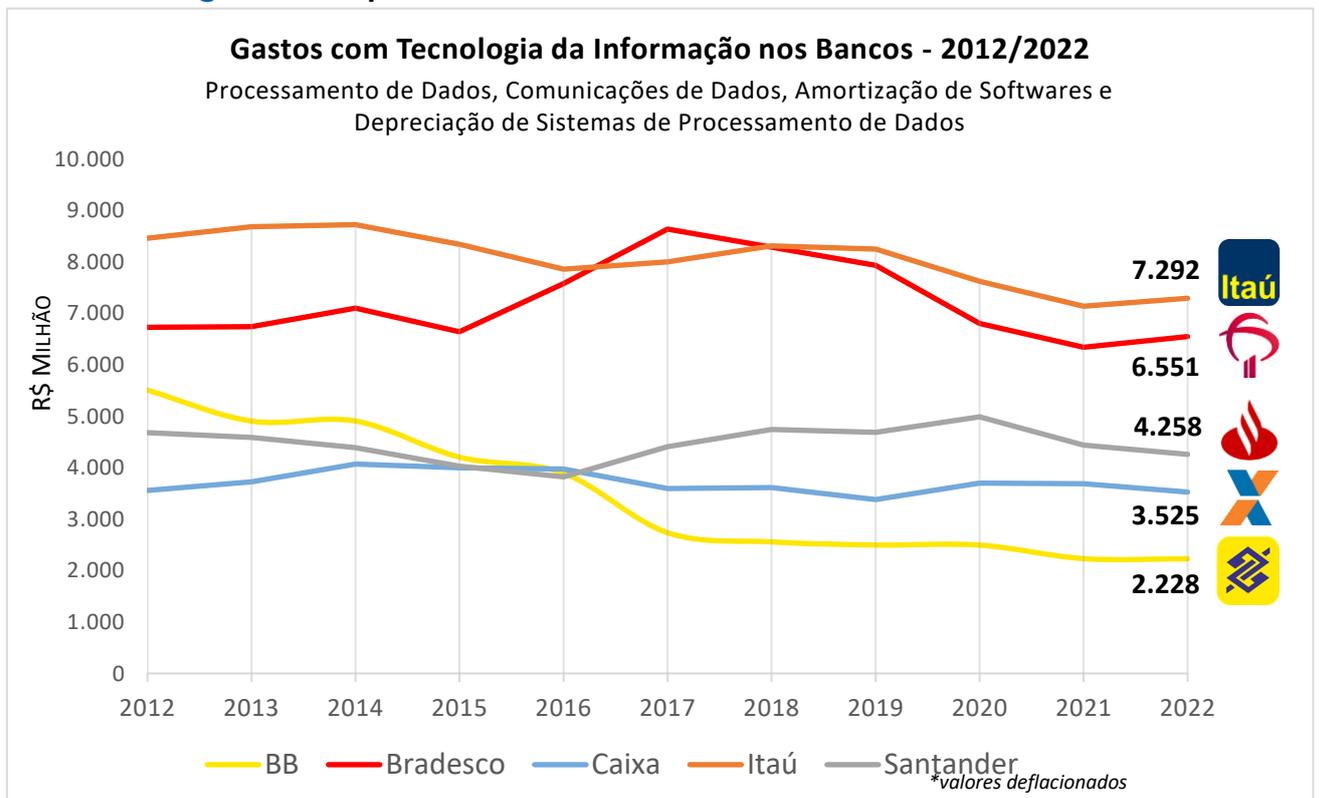
Variáveis	Média	Mediana	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Lucro Líquido – LL (a)	4.769	4.760	2.258	13.069	-1.839
Ativo Total – AT (a)	1.566.337	1.632.403	388.689	2.359.739	796.640
Intermediação Financeira - Despesa sobre Receita – IF (c)	0,791	0,747	0,222	2,173	0,410
Despesas Totais – DT (a)	10.402	10.929	2.512	15.468	4.415
Gastos com TI – GTI (a)	1.346	1.178	510	2.360	370
Saldo dos Investimentos em TI – SITI (a)	5.875	4.727	2.778	12.742	1.495
Taxa Real de Juros – JUROS (d)	2,686	3,131	2,827	7,524	-3,784
Despesas Administrativas – DA (a)	5.080	5.438	1.550	8.333	2.012
Despesas de Pessoal – DP (a)	5.321	5.654	1.766	9.198	1.736
Número de Agências – AG (b)	3.746	3.408	913	5.556	2.372
Número de Pontos de Atendimento – PA (b)	4.891	4.519	1.042	7.048	2.976

Fonte: Elaboração própria. Dados com base em 220 observações.

- (a) Em R\$ Milhão, em valores deflacionados (trazidos à data base 12/2022).
- (b) Em unidades de pontos.
- (c) Razão entre as Despesas de Intermediação Financeira e as Receitas de Intermediação Financeira.
- (d) Em % a.a.

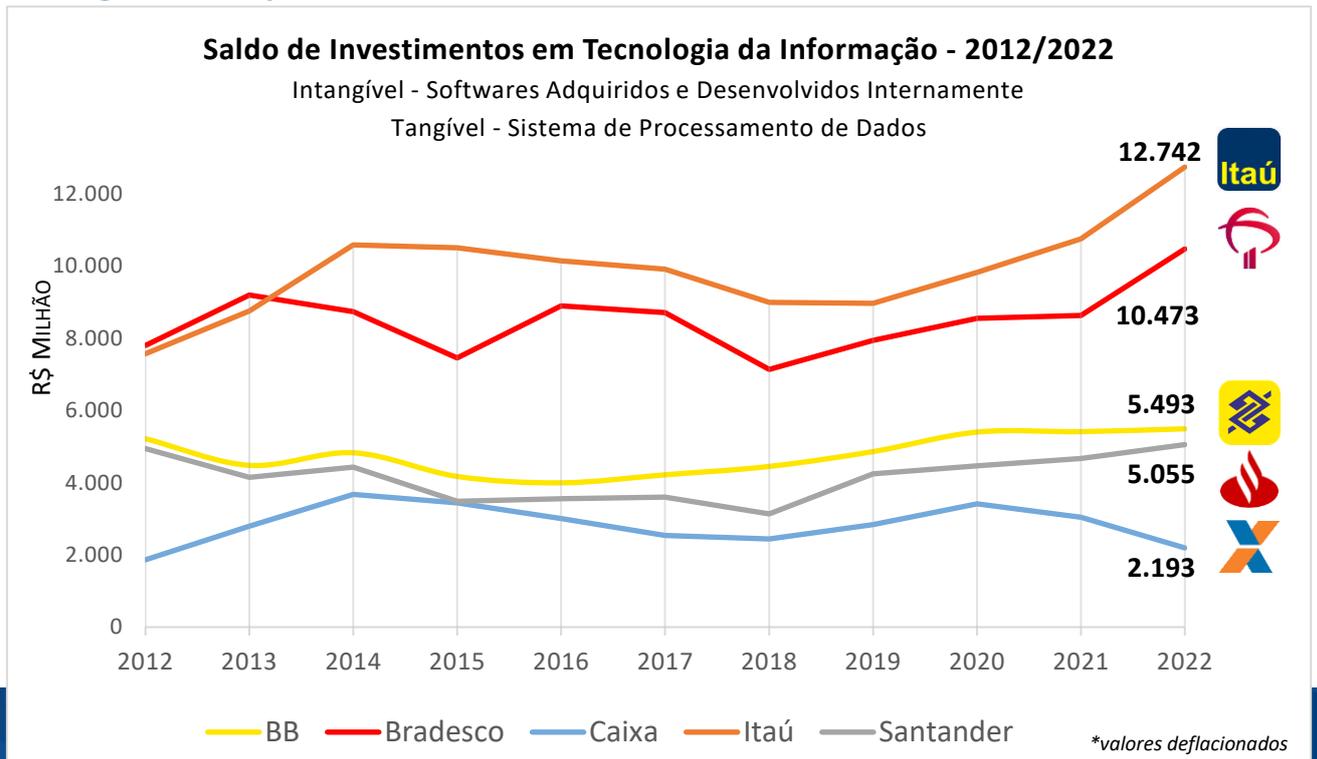
A visão da evolução temporal das variáveis explicativas da ineficiência a serem consideradas, GTI (Gastos com TI) e SITI (Saldo dos Investimentos em TI), permite observar a variação em valores deflacionados do período em análise, trazidos à data base 12/2022, conforme demonstrado nas figuras 5 e 6 a seguir, cuja relação com a eficiência das empresas se pretende verificar nesta pesquisa.

Figura 5: Comparativo dos Gastos com TI entre os Bancos



Fonte: Elaboração própria.

Figura 6: Comparativo do Saldo de Investimentos em TI entre os Bancos



Fonte: Elaboração própria.

4 RESULTADOS

4.1 Testes de Especificação

Com o objetivo de determinar a especificação ideal do modelo a ser analisado, foi realizado teste de razão de verossimilhança unicaudal (Teste LR) para determinar se o modelo ajustado com base na forma funcional Translog supera o modelo Cobb-Douglas.

No teste LR unicaudal, a hipótese nula é de que a versão restrita do modelo (Cobb-Douglas) é verdadeira, enquanto a hipótese alternativa é de que o modelo ampliado (Translog) seria mais adequado e fornece um ajuste melhor aos dados. A estatística do teste é calculada como o logaritmo da razão das verossimilhanças entre os dois modelos. A função de verossimilhança é construída com base nas estimativas dos

parâmetros do modelo e expressa a probabilidade de observar os dados realmente obtidos (FISHER, 1925).

O teste LR rejeitou a hipótese nula referente à versão restrita do modelo (Cobb-Douglas) em apoio à forma funcional Translog. Os valores resultantes dos testes foram maiores do que os valores listados na Tabela de Kodde e Palm² para os respectivos graus de liberdade, indicando que o modelo Translog, onde todos os parâmetros foram considerados, superou o modelo restrito, conforme dados dispostos na tabela 4.

Tabela 4: Teste LR de Especificação para Fronteira Estocástica

Teste	<i>Unrestricted log-likelihood function (ULLF)</i>	<i>Restricted log-likelihood function (RLLF)</i>	$\lambda^{(a)}$ (X^2)	<i>g.l</i> ^(b)	Valores Críticos ^(c)	Resultado
Translog	-57.187	-62.044	9.713	5	8.574	Aceita-se Translog

Fonte: Elaboração própria.

- (a) $\lambda = 2(\text{ULLF} - \text{RLLF})$, diferença entre o modelo completo de Translog e o modelo restrito (H_0).
- (b) Graus de Liberdade (df).
- (c) Valores Críticos constantes da Tabela de Kodde e Palm, para 10% de significância.

Também foi realizado o teste de Hausman (1978), para comparar os efeitos fixos e efeitos aleatórios do modelo de fronteira estocástica e avaliar qual modelo é mais apropriado para os dados. A estatística de teste de Hausman é calculada como a diferença

² Os valores críticos para o Teste de Razão de Verossimilhança encontram-se na Tabela 1 de David A. Kodde e Franz C. Palm (1986), sendo justificado o uso da tabela uma vez que a estatística apresenta uma distribuição qui-quadrada mista.

entre as estimativas dos parâmetros dos modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios, ponderada pela matriz de variância-covariância das diferenças. Essa estatística segue uma distribuição qui-quadrado com graus de liberdade igual ao número de coeficientes estimados.

Na hipótese nula (H_0) os efeitos aleatórios são excludentes e a especificação do modelo de efeitos fixos é apropriada. Já na hipótese alternativa (H_a) os efeitos aleatórios não são excludentes e a especificação do modelo de efeitos aleatórios é mais apropriada.

A interpretação do teste de Hausman baseia-se no valor-p associado ao teste (BALTAGI, 2013). Se o valor-p associado ao teste de Hausman for maior que um nível de significância pré-determinado (geralmente 0.05), falhamos em rejeitar a hipótese nula (H_0), indicando que os efeitos aleatórios são excludentes e o modelo de efeitos fixos é apropriado para os seus dados. Por outro lado, se o valor-p for menor que o nível de significância, rejeitamos a hipótese nula (H_0), sugerindo que os efeitos aleatórios não são excludentes e o modelo de efeitos aleatórios é mais apropriado para os dados.

O teste de Hausman apresentou valor-p de 0.0463, inferior ao nível de significância de 5%, rejeitando a hipótese nula onde o modelo de efeitos fixos é mais apropriado e sugerindo que os efeitos aleatórios são consistentes e que não há correlação entre as variáveis explicativas e os efeitos não observados.

Quanto à definição do modelo de distribuição de probabilidades, foram realizadas as estimações considerando os modelos Semi Normal e Normal Truncada. A distribuição Semi Normal assume que os erros da fronteira estocástica são simétricos e permite que tenha uma maior variabilidade em relação à média. Por outro lado, a distribuição Normal Truncada assume que os erros são normalmente distribuídos, mas com truncamento em uma determinada região. Essa distribuição é mais restritiva, pois impõe a suposição de normalidade nos erros, o que pode ser apropriado em algumas situações em que a variabilidade dos erros é relativamente pequena e não há evidências de assimetria ou *outliers*.

As estimações realizadas nos modelos de distribuição não apresentaram variações nos valores de *log-likelihoods* e resultaram nos mesmos valores no Critério de Informação de Akaike (AIC) e no

Critério Bayesiano de Schwarz (BIC), indicando que ambos os modelos têm um ajuste similar em relação à complexidade.

Assim, optou-se pela definição da distribuição Normal Truncada por não haver evidências de assimetria ou de *outliers* na análise dos resíduos, assumido que os erros na estimação da fronteira estocástica seguem uma distribuição normal e não apresentam variabilidade excessiva.

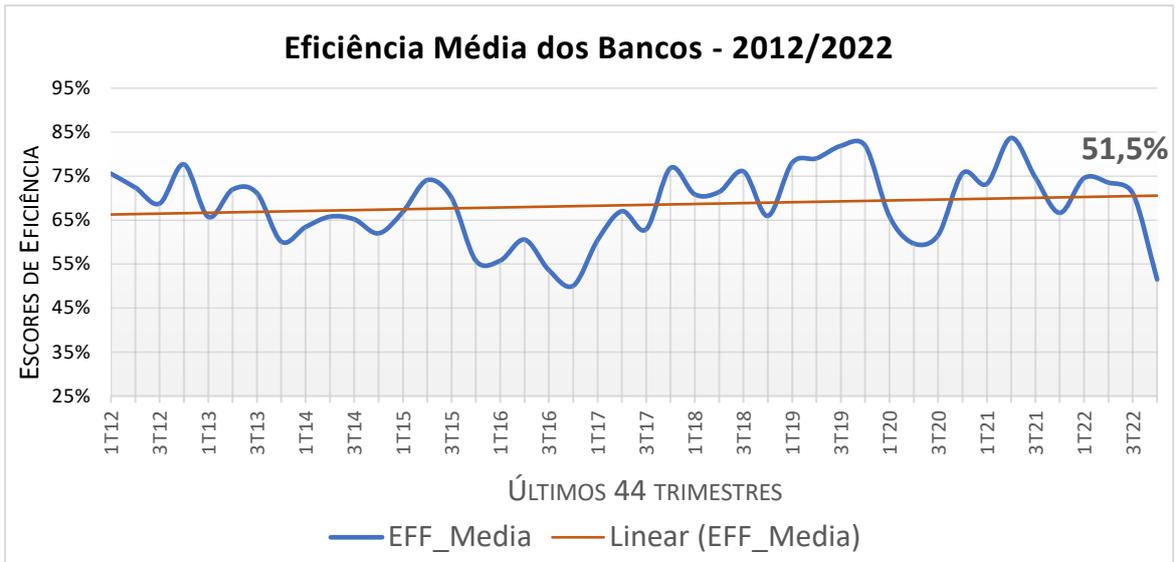
O modelo proposto possui 3 *inputs* na função de produção e 7 variáveis explicativas, para uma base com 220 observações, número amplo em relação ao número de preditores, o que contribui para a sua robustez. O valor-p associado ao teste F resultou no valor $4.2e^{-13}$, bem abaixo do nível de significância pré-determinado de 0.05, sugerindo que modelo de regressão como um todo é estatisticamente significativo e tem poder preditivo e explicativo sobre a variável dependente (WOOLDRIDGE, 2010).

4.2 Resultado da Estimação

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos a partir da estimação da função de produção e dos cálculos dos respectivos índices de eficiência técnica, tendo sido verificada uma relação positiva entre os gastos com TI dos bancos e seus respectivos níveis de eficiência.

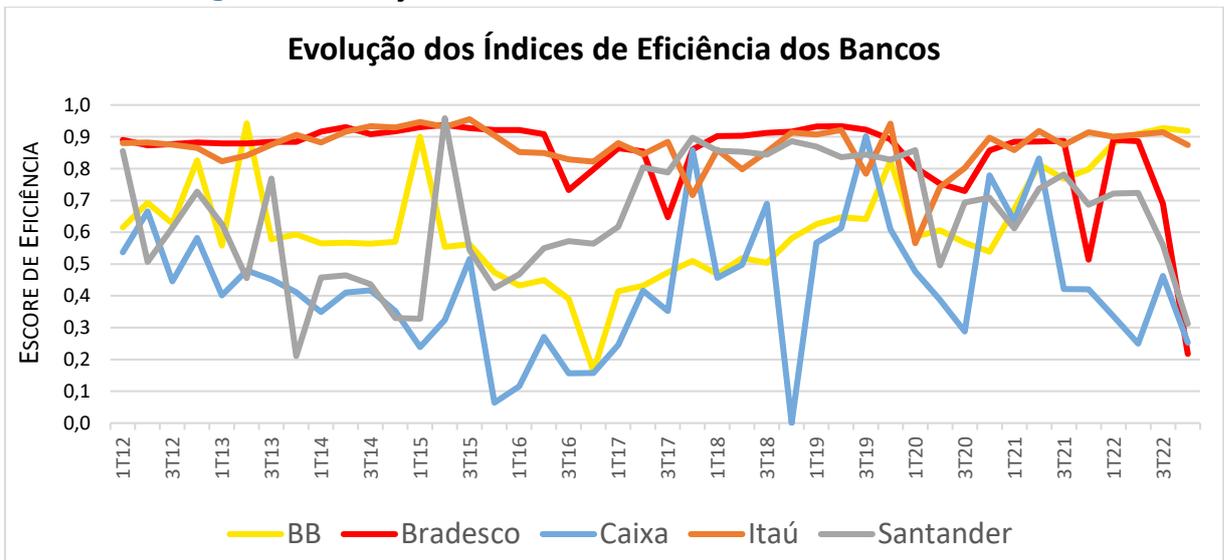
A estimação dos escores de eficiência dos principais bancos brasileiros resultou em valores de eficiência média, calculada pela média aritmética das eficiências, dispostas na figura 7. A evolução da eficiência de cada banco está representada na figura 8. Importante destacar que os índices devem assumir valores entre 0 e 1 e quanto mais próximo de 1 mais eficiente será o banco em sua capacidade de gerar lucro.

Figura 7: Eficiência Média dos Bancos



Fonte: Elaboração própria

Figura 8: Evolução dos Índices de Eficiência dos Bancos



Fonte: Elaboração própria

A tabela 5 apresenta o resultado da estimação, com os coeficientes das variáveis de entrada do modelo (*inputs*) e das variáveis explicativas da ineficiência dispostas na primeira coluna. As demais colunas estão relacionadas à análise de significância estatística dos coeficientes estimados. A coluna “*Estimativa*” fornece as estimativas dos coeficientes de regressão para cada coeficiente da variável de entrada e a coluna “*Desvio Padrão*” apresenta o desvio padrão da estimativa de cada coeficiente de regressão, sendo que quanto menor o desvio padrão maior a precisão da estimativa. A coluna “*valor z*” indica quantas vezes a estimativa do coeficiente de regressão está acima do seu erro

padrão, denotando que maiores valores de z apontam para estimativas mais significativas. Já a coluna “Pr(>|z|)” fornece o valor p associado a cada coeficiente de regressão, sendo p uma medida de significância estatística que indica a probabilidade de obter uma estimativa tão ou mais extrema do que a observada, sendo que menores valores de p indicam que a estimativa é mais significativa.

Tabela 5: Resultado da estimação

	Coeficiente	Estimativa	Desvio	valor	Pr(> z)	
(Intercepto)	β_0	-3,2 e ⁺⁰⁵	8,4 e ⁺⁰⁴	-3,8	0,0002	***
log(Ativo Total)	β_{AT}	5,8 e ⁺⁰⁴	1,2 e ⁺⁰⁴	5,0	0,0000	***
log(Intermediação Financeira)	β_{IF}	9,0 e ⁺⁰³	5,6 e ⁺⁰³	1,6	0,1068	
log(1/Despesa Total)	β_{DT}	2,0 e ⁺⁰⁴	6,0 e ⁺⁰³	3,3	0,0008	***
log(Ativo Total) ²	$\beta_{AT AT}$	-4,8 e ⁺⁰³	9,9 e ⁺⁰²	-4,9	0,0000	***
log(Ativo Total) x log(Intermediação Financeira)	$\beta_{AT IF}$	-1,0 e ⁺⁰³	5,3 e ⁺⁰²	-2,0	0,0492	*
log(Ativo Total) x log(1/Despesa Total)	$\beta_{AT DT}$	-1,2 e ⁺⁰³	7,4 e ⁺⁰²	-1,7	0,0975	.
log(Intermediação Financeira) ²	$\beta_{IF IF}$	-5,5 e ⁺⁰²	3,7 e ⁺⁰²	-1,5	0,1349	
log(Intermediação Financeira) x log(1/Despesa Total)	$\beta_{IF DT}$	-6,0 e ⁺⁰²	3,8 e ⁺⁰²	-1,6	0,1102	
log(1/Despesa Total) ²	$\beta_{DT DT}$	2,9 e ⁺⁰²	9,7 e ⁺⁰²	0,3	0,7643	
Z_Gastos com TI – GTI	δ_1	-1,3 e ⁺⁰⁰	4,5 e ⁻⁰¹	-2,8	0,0046	**
Z_Saldo dos Investimentos em TI – SITI	δ_2	-9,2 e ⁻⁰²	5,7 e ⁻⁰²	-1,6	0,1077	
Z_Taxa Real de Juros – JUROS	δ_3	9,6 e ⁺⁰¹	2,9 e ⁺⁰¹	3,3	0,0010	***
Z_Despesas Administrativas – DA	δ_4	1,2 e ⁻⁰¹	1,3 e ⁻⁰¹	0,9	0,3613	
Z_Despesas de Pessoal – DP	δ_5	4,5 e ⁻⁰¹	8,4 e ⁻⁰²	5,3	0,0000	***
Z_Número de Agências – AG	δ_6	-2,6 e ⁺⁰⁰	5,9 e ⁻⁰¹	-4,4	0,0000	***

Z_Número de Pontos de Atendimento – PA	δ_7	1,7 e ⁺⁰⁰	4,1 e ⁻⁰¹	4,2	0,0000	***
sigmaSq	σ^2	2,9 e ⁺⁰²	6,2 e ⁺⁰¹	4,7	0,0000	***
gamma	γ	9,1 e ⁺⁰²	3,3 e ⁺⁰¹	27,8	< 2e-	***

Fonte: Elaboração própria.

- () não significativo
- (.) significativo a 10%
- (*) significativo a 5%
- (**) significativo a 1%
- (***) significativo a 0,1%

Os resultados evidenciam que a eficiência média dos bancos apresentou leve tendência de elevação ao longo do período avaliado, demonstrada pela inclinação positiva da linha de tendência disposta na figura 7, em que pese a ocorrência de oscilações em períodos específicos, como o observado no último trimestre/2022, que se explica pelo aumento na provisão para créditos de difícil liquidação e/ou efetivação da contabilização de perdas, como o ocorrido no caso das Lojas Americanas.

Observamos que no resultado da função de produção se destacou a contribuição do Ativo Total sobre o índice de eficiência, resultando no valor positivo para o coeficiente β_{AT} e com alta significância estatística (0,1%), o que demonstra que a capacidade de geração de resultados nos bancos está positivamente relacionada ao volume de ativos dessas instituições, cujo montante desses cinco maiores bancos brasileiros totalizou em dezembro/2022 o valor de R\$ 8,48 trilhões.

Verificamos que controlar as despesas totais eleva o lucro dos bancos de forma estatisticamente significativa, corroborando os achados de MENDONÇA *et al.* (2018), que pondera que quanto mais eficiente é a gestão de custos da empresa maior será sua rentabilidade.

A estimativa com relação à razão do volume das despesas sobre as receitas com intermediação financeira não apresentou significância estatística, sugerindo que os bancos ponderam a realização de suas operações às condições de vantajosidade do negócio e de exposição ao risco, refletindo as condições econômicas do momento, cuja estratégia de atuação pode implicar na variação do índice de relação entre as despesas e receitas com intermediação financeira, decorrente, por exemplo, de ações de reforço de provisões para crédito de difícil liquidação, restrição à concessão de

crédito ponderada pelo risco ou da manutenção do patamar de captação de recursos.

Em consonância ao trabalho de BECKER, LUNARDI e MAÇADA (2003), verificamos que os gastos com Tecnologia da Informação contribuem de forma relevante para a eficiência dos bancos brasileiros, demonstrando a necessidade de alocação de recursos em TI para a elevação do nível de tecnologia e aumento de seu patamar de eficiência.

Cabe ressaltar que os gastos com Tecnologia da Informação definidos no modelo compreendem tanto as despesas administrativas dispendidas com TI quanto também as despesas com a depreciação e amortização dos investimentos realizados com TI, abrangendo dessa forma todas as iniciativas relacionadas aos gastos com tecnologia da informação.

Nesse sentido, observa-se que o saldo de investimentos de TI não apresentou relevância estatística em relação ao nível de eficiência dos bancos. Isso pode ser explicado em razão de que o saldo dos investimentos em TI representa um “estoque” dos valores dispendidos em Tecnologia da Informação, relacionados especificamente à aquisição de softwares, desenvolvimento interno de softwares ou compra de sistemas de processamento de dados, cujo período prazo de vida útil pode ter duração de até 120 meses, dependendo da natureza do investimento. Dada a rápida evolução tecnológica experimentada atualmente, é possível que este estoque (possivelmente defasado) não mais represente adequadamente os impactos da tecnologia mais atual nos lucros correntes, o que não acontece com a variável GTI (fluxo). Tal observação reforça a tendência de mudança do perfil de gastos em tecnologia dos bancos, onde verificamos uma migração do modelo proprietário de negócios de TI para o modelo de serviços XaaS (*Everything as a Service*), onde as empresas deixam de adquirir os produtos e passam assinar os serviços.

Observamos que a elevação na Taxa Real de Juros da economia contribui para a ineficiência dos Bancos analisados, em consonância aos achados de RUIZ *et al.* (2008), que considerou como indicador macroprudencial a taxa média do C-Bond. Cabe destacar a ambiguidade da literatura sobre este indicador, sendo ponderado que a elevação da taxa de juros da economia pode tanto contribuir para o aumento das margens do lucro dos bancos como

também implicar no aumento de custo para as instituições e consequente perda de eficiência.

Verificamos, ainda, que reduzir despesas de pessoal contribuem para a elevação da eficiência dos bancos, sugerindo que a evolução dos serviços bancários está vinculada à evolução tecnológica do setor, que possui como característica ser menos dependente e até mesmo poupadora de mão de obra, implicando que funcionários antes alocados em atividades que passaram a ser abrangidas por novas tecnologias são realocados para lidar com outras atividades complexas de negócios e de atendimento das necessidades dos clientes³.

Também constatamos que ter uma maior quantidade de Pontos de Atendimento implica na perda de lucratividade para as instituições, o que pode ser explicado pelos custos associados ao funcionamento da infraestrutura física de atendimento desses locais, sendo considerado no total desses pontos a soma da quantidade de Agências bancárias e dos Postos de Atendimento, estes últimos de menor tamanho e de atendimento restrito, seja em público ou em serviços especializados. Por outro lado, observamos que uma maior quantidade de agências bancárias, caracterizadas como pontos de atendimento especializados, favorece o lucro das instituições, demonstrando a necessidade de se manter uma adequada e ampla rede de atendimento para o atendimento qualificado e segmentado aos clientes.

³ Observamos não haver significância estatística na variação das despesas administrativas (excetuadas as despesas de pessoal), o que pode ser explicado pela necessidade da empresa em custear não apenas os gastos com TI, mas todas as despesas não operacionais necessárias para dar suporte aos negócios dos bancos e ao funcionamento da infraestrutura de atendimento.



5

5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi analisar o impacto dos gastos com tecnologia da informação nos índices de eficiência do setor bancário brasileiro, por meio da estimação de eficiência usando a metodologia de fronteira estocástica (SFA). O estudo focou nos cinco maiores bancos brasileiros, a saber: Banco do Brasil (BB), Bradesco, Caixa Econômica Federal (Caixa), Itaú e Santander. A despeito da disponibilidade, para maior número de bancos, de informações padronizadas, mas nem sempre adequadas ao propósito deste trabalho, optou-se pela estruturação da base de dados a partir das demonstrações financeiras das instituições, priorizando a qualidade dos dados em relação à ampliação da quantidade de unidades analisadas. Esse recorte, contudo, não comprometeu a abrangência do estudo, pois os bancos analisados compreendem 76% dos ativos totais.

Os resultados permitiram observar correlação positiva entre os *fluxos* dos gastos com tecnologia da informação e a melhoria dos índices de eficiência dos cinco principais bancos brasileiros, no período de 2012 a 2022, tendo por base os dados das demonstrações financeiras trimestrais dos últimos 44 períodos. Por outro lado, o saldo de investimentos de TI (estoque) não apresentou relevância estatística em relação ao nível de eficiência dos bancos. Isso pode ser interpretado como um indicativo de mudança do perfil de gastos em tecnologia dos bancos, onde há migração do modelo proprietário de negócios de TI para o modelo de serviços, onde as empresas deixam de adquirir os produtos e passam a assinar os serviços. Nesse caso, a rápida evolução tecnológica experimentada faz com que o “estoque” acumulado (possivelmente defasado) não mais represente adequadamente os impactos da tecnologia mais atual nos lucros correntes de lucratividade.

Não obstante os gastos com TI comporem as despesas administrativas das Instituições Financeiras, verificou-se que quanto mais controlados são os gastos com pessoal, maior será o índice de eficiência média dos bancos, demonstrando a necessidade permanente da administração em reduzir despesas ou alocar

recursos da forma mais eficiente possível, em especial quanto às despesas com pessoal.

Apesar da transformação digital dos Bancos nos últimos anos e a migração do atendimento para canais digitais, a exemplo do *Internet Banking* e aplicativos em dispositivos móveis (APPs), observamos que ter uma maior quantidade de pontos de atendimento especializados (agências bancárias) para atendimento aos clientes e comercialização de produtos e serviços financeiros favorece o lucro dos bancos, em que pese uma maior quantidade total de pontos de atendimento (agências bancárias somadas aos postos de atendimento) ser um fator que contribui para a ineficiência das instituições.

Constatamos, ainda, que a elevação na taxa real de juros da economia contribui para a ineficiência dos bancos estudados, possivelmente decorrente do aumento de custos para as instituições, refletindo questões relacionadas à concorrência, às restrições e às alterações das condições impostas tanto na ponta da captação quanto na da aplicação de recursos financeiros.

Ainda que este trabalho tenha sido baseado nos cinco maiores bancos brasileiros, que representam 76% dos Ativos Totais das instituições classificadas na categoria B1 do Banco Central do Brasil, a análise da relação entre a eficiência dos bancos e os seus gastos com TI poderia ser ampliada, em possíveis desenvolvimentos futuros, para todas as 99 empresas da referida categoria, de forma a avaliar o impacto nos diversos tipos de segmentos, foco de atuação e tamanho das instituições financeiras. Também poderiam ser analisadas possíveis alterações no custo da tecnologia ao longo desse período e sua relação comparativa quanto ao volume de investimentos em TI realizados. A relação entre o *spread* bancário e a elevação da eficiência dos bancos, fundamentada pelos investimentos em TI, é outro ponto possível de ser explorado.

Espera-se, por fim, que este trabalho traga subsídios para a atuação dos gestores de bancos na tomada de decisão sobre gastos e investimentos em TI, promovendo a melhoria de produtos e serviços bancários, o aumento da eficiência das instituições financeiras e favorecendo o desenvolvimento econômico do país.



REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

AIGNER, D., LOVELL, C. A. K., & SCHMIDT, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.

ALVES, A. T. A. R. B. A.; GALEGALE, N. V.; SANTOS, F. A. Inversões em TI: ¿los bancos brasileiros revelan estas inversiones? *Revista La Junta*, v. 1, n. 1, 2018.

BALTAGI, B. H. (2013). *Econometric Analysis of Panel Data*, 5th edition. John Wiley and Sons Ltd.

BARRETO, L. S.; PEREIRA, V. S., PENEDO, A. S. T. Impacto dos investimentos em tecnologia sobre a rentabilidade do setor bancário brasileiro. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, v. 13, n. 1, p. 94–111, 2021.

BECKER, J.; LUNARDI, G., MAÇADA, A. Análise de eficiência dos bancos brasileiros: um enfoque nos investimentos realizados em Tecnologia de Informação (TI). *Revista Produção* 13 (2), p. 70–81, 2003.

BOMBONATTI FILHO, O.; GASPAR, M.A.; CARDOSO, M.V.; COSTA, I. Investimentos em TI e o acesso da população brasileira aos serviços e facilidades bancárias. *Revista Espacios*, v. 37, n. 26, p. 23, 2016.

BRAGA, Y. L. N. *Eficiência de custos e estrutura do mercado bancário no Brasil: uma abordagem com Fronteira Estocástica*. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2020.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, 2011.

BURNS, Arthur F. Production trends in the United States since 1870. *National Bureau of Economic Research*, 1934.

CHARNES, A., COOPER, W. W., & RHODES, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

COELLI, T. J., RAO, D. S. P., O'DONNELL, C. J., & BATTESE, G. E. An introduction to efficiency and productivity analysis. [Springer science & business media](#), 2005.

FAROUK, B. K. U.; DANDAGO, K. I. Impact of investment in information technology on financial performance of Nigerian banks: Is there a productivity paradox. [Journal of Internet Banking and Commerce](#), v. 20, n. 1, p. 1-22, 2015

FARREL, M. J. A measurement of productive efficiency. [Journal of The Royal Statistical Society](#), v.120, p.254-290, 1957. (Série A).

Febraban, Federação Brasileira de Bancos. [Pesquisa FEBRABAN de Tecnologia Bancária 2023](#), 2023.

Febraban, Federação Brasileira de Bancos. [Relatório de Economia Bancária 2022](#). Boxe 7 – Evolução de meios digitais para realização de transações de pagamento no Brasil, 2023.

FENG, Z.; WU, Z. [Technology investment, firm performance and market value: evidence from Banks](#), 2018.

FISHER, R. A. [Statistical Methods for Research Workers](#). 1925.

FREITAS, O. D.; KIRCH, G. Performance dos bancos brasileiros no contexto de digitalização. [Revista Brasileira de Finanças](#), v. 17, n. 2, p. 38-55, 2019.

GUPTA, Sangita Dutta; RAYCHAUDHURI, Ajitava; HALDAR, Sushil Kumar. Information technology and profitability: evidence from Indian banking sector. [International Journal of Emerging Markets](#), 2018.

HAUSMAN, J. A. (1978). [Specification tests in econometrics](#). [Econometrica](#), 46(6), 1251-1271.

JORGENSON, D. W., & GRILICHES, Z. (1967). The explanation of productivity change. [The Review of Economic Studies](#), 34(3), 249-283.

KENDRICK, J. W. (1961) *Productivity Trends in the United States*. Nova York: National Bureau of Economic Research. Princeton University Press.

KLEIN, M. A theory of banking firm. *Journal of Money, Credit and Banking*, 3, 1971.

KODDE, D; PALM, F. **Table 1: Upper and lower bounds for the critical value for jointly testing equality and inequality restrictions**. 1986.

KOROTAYEV, Andrey V.; TSIREL, Sergey V. A spectral analysis of world GDP dynamics: Kondratieff waves, Kuznets swings, Juglar and Kitchin cycles in global economic development, and the 2008–2009 economic crisis. *Structure and Dynamics*, v. 4, n. 1, 2010.

LUCAS Jr, R. E. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42, 1988.

MANKIW, N. G., ROMER, D., & WEIL, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437.

MENDONÇA, D. J., SOUZA, J. A. E., CARVALHO, F. D. M., & DE BENEDICTO, G. C. Relação entre a eficiência na gestão de custos mensurada pelo método de Análise da Fronteira Estocástica (SFA) e a rentabilidade das instituições financeiras no Brasil. *Revista Capital Científico*, v. 16, n. 3, 2018.

ROMER, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.

RUIZ, C.; TABAK, B. M.; CAJUEIRO, D. O. Mensuração da eficiência bancária no Brasil - a inclusão de indicadores macroprudenciais. *Revista Brasileira de Finanças*, v. 6, n. 3, art. 136, p. 411-436, 2008.

SCHMIDT, P.; SICKLES, R. C. Production frontiers and panel data. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 2, n. 4, p. 367-374, 1984.

SOLOW, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.

SOLOW, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. [The Review of Economics and Statistics](#), 39(3), 312-320.

WOOLDRIDGE, J.M. (2010). [Econometric Analysis of Cross-Section and Panel Data](#), 2nd edition. MIT Press.

ZUO, L.; STRAUSS, J.; ZUO, L. The digitalization transformation of commercial banks and its impact on sustainable efficiency improvements through investment in science and technology. [Sustainability](#), v. 13, n. 19, p. 11028, 2021.



idp

A ESCOLHA QUE
TRANSFORMA
O SEU CONHECIMENTO