

Proposta de Arquitetura de Software para Suprir os Requisitos de Desempenho e Carga das Instituições de Financeira Participantes do Arranjo PIX

Magno Carvalho Dos Santos¹, Adilson Luiz Bonifácio¹

¹Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Caixa Postal 10.011 – CEP 86057-970 – Londrina – PR – Brasil

magno.carvalho@uel.br, bonifacio@uel.br

Abstract. *This article presents a proposal for a software architecture focused on the arrangement of PIX, the Brazilian instant payment system. The main objective is to meet the performance and load requirements of the system participants, ensuring an efficient and scalable operation. For this, an architecture is proposed that considers aspects such as load distribution, horizontal scalability, fault tolerance and resource optimization. The work also discusses the challenges faced in the implementation of a large-scale instant payment system and presents an analysis of the expected benefits and impacts with the adoption of this architecture.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma proposta de arquitetura de software voltada para o arranjo de PIX, o sistema de pagamentos instantâneos brasileiro. O objetivo principal é suprir os requisitos de desempenho e carga dos participantes do sistema, garantindo uma operação eficiente e escalável. Para isso, é proposta uma arquitetura que considera aspectos como distribuição de carga, escalabilidade horizontal, tolerância a falhas e otimização de recursos. O trabalho também discute os desafios enfrentados na implementação de um sistema de pagamento instantâneo de larga escala e apresenta uma análise dos benefícios e impactos esperados com a adoção dessa arquitetura.*

1. Introdução

Os métodos de pagamento utilizados pela população brasileira, como cheques, transferência eletrônica (TED), boletos, cartões de crédito e débito, fazem parte do Sistema de Pagamentos Brasileiro (SPB). Esse arranjo de pagamento foi criado pelo Banco Central do Brasil (BACEN) e passou por sua última grande atualização em 2001. Desde então, o SPB tem permitido a transferência de recursos financeiros de forma eletrônica, como uma alternativa ao uso de moeda física. É amplamente adotado por todas as instituições financeiras do país.

Uma evolução desse arranjo ocorreu em 2018, com a implementação do Sistema de Pagamentos Instantâneos (SPI). Em novembro de 2020, o SPI foi lançado para o público com o produto de pagamento instantâneo chamado "PIX". O Banco Central escolheu o nome "PIX", que difere dos nomes de produtos anteriores, os quais em sua maioria eram siglas e acrônimos. A palavra "PIX" foi selecionada para remeter a conceitos como tecnologia, transação e pixel. Esse nome se tornou uma marca registrada e foi escolhido com a intenção de ser simples, efetivo e fácil de ser lembrado. [Soares da Silva Simões and Silva Pedrosa 2022].

Nos últimos anos, o Brasil tem testemunhado uma rápida evolução nos meios de pagamento, impulsionada pela transformação digital e pela busca por soluções mais eficientes e convenientes. Nesse contexto, o arranjo de Pagamentos Instantâneos (PIX) surge como uma inovação significativa, permitindo transferências monetárias de forma rápida, segura e disponível 24 horas por dia, todos os dias da semana. Desde o seu lançamento em novembro de 2020, o PIX tem alcançado um crescimento expressivo, revolucionando a forma como os brasileiros realizam transações financeiras [Holanda 2021].

De acordo com dados públicos divulgados pelo Banco Central do Brasil, o PIX tem conquistado uma adoção surpreendente em todo o país. Em apenas seis meses após o seu lançamento, o sistema ultrapassou a marca de 200 milhões de chaves cadastradas, demonstrando uma rápida adesão dos usuários. O PIX também tem sido amplamente utilizado em diversos contextos, desde pagamentos em estabelecimentos comerciais até transferências entre pessoas físicas e jurídicas [Rimonato and Santos 2021].

Essa crescente popularidade do PIX traz consigo uma série de desafios, especialmente em relação aos requisitos de desempenho e carga dos participantes do arranjo. Com milhões de transações ocorrendo diariamente e a expectativa de crescimento contínuo, é fundamental que o sistema seja capaz de lidar com altas demandas de processamento, garantindo tempos de resposta baixos e alta disponibilidade. Além disso, é essencial que os participantes do PIX possam escalar suas capacidades de forma eficiente, acompanhando o aumento da demanda sem comprometer a qualidade do serviço [Neves et al. 2021].

Diante desses desafios, este artigo propõe uma arquitetura de software voltada para suprir os requisitos de desempenho e carga dos participantes do arranjo de PIX. A arquitetura proposta busca fornecer uma base sólida para garantir a eficiência operacional do sistema, considerando aspectos como distribuição de carga, escalabilidade horizontal, tolerância a falhas e otimização de recursos.

1.1. Contexto do Arranjo de PIX

O arranjo de Pagamentos Instantâneos (PIX) foi lançado pelo Banco Central do Brasil com o objetivo de modernizar o sistema de pagamentos no país. Ele representa uma mudança significativa na forma como as transações financeiras são realizadas, permitindo transferências instantâneas entre contas bancárias de diferentes instituições, a qualquer hora do dia e todos os dias da semana. O PIX utiliza tecnologias avançadas, como a utilização de chaves de identificação, QR codes e integração com outros serviços financeiros, proporcionando uma experiência de pagamento rápida, segura e conveniente [de Oliveira Batista 2023].

Desde o seu lançamento em novembro de 2020, o PIX tem ganhado uma adoção impressionante em todo o Brasil. Os usuários foram rápidos em aderir a esse novo meio de pagamento, reconhecendo os benefícios oferecidos em comparação aos métodos tradicionais, como boletos bancários e transferências TED/DOC. A possibilidade de realizar transações instantâneas, sem limitações de horário ou dias úteis, e com baixos custos tem impulsionado a utilização do PIX por empresas, estabelecimentos comerciais e pessoas físicas [Ferreira 2022].

1.2. Motivação e relevância do estudo

A crescente popularidade e utilização do PIX traz consigo desafios significativos em relação ao desempenho e carga dos participantes do arranjo. Com o aumento contínuo do número de transações e a expansão do uso do PIX em diferentes cenários, é essencial garantir que o sistema possa lidar de maneira eficiente com altas demandas de processamento. Além disso, a capacidade de escalabilidade dos participantes do PIX é fundamental para acompanhar o crescimento da demanda sem comprometer a qualidade do serviço.

A motivação deste estudo reside na necessidade de propor uma arquitetura de software que atenda aos requisitos de desempenho e carga do arranjo de PIX, assegurando uma operação eficiente, escalável e confiável. A adoção de uma arquitetura adequada pode auxiliar os participantes do PIX a enfrentar os desafios impostos pelo aumento exponencial de transações, garantindo que o sistema continue a fornecer um serviço de alta qualidade aos usuários.

Além disso, a relevância deste estudo está na contribuição para o avanço do conhecimento em arquitetura de software voltada para sistemas de pagamentos instantâneos. Ao propor uma arquitetura que aborda os requisitos específicos do PIX, este trabalho pode fornecer diretrizes e insights para instituições financeiras, desenvolvedores e pesquisadores interessados em melhorar a eficiência operacional de sistemas semelhantes.

2. Requisitos de desempenho e carga do Arranjo de PIX

O sucesso do arranjo de PIX está diretamente relacionado ao seu desempenho e capacidade de lidar com altas cargas de transações. Como um sistema de pagamentos instantâneos, é crucial que o PIX atenda a requisitos de desempenho para garantir uma experiência rápida e eficiente aos usuários.

O desempenho exigido para um sistema de pagamentos instantâneos como o PIX está diretamente relacionado ao tempo de processamento das transações. Os pagamentos devem ser processados em questão de segundos, permitindo que os usuários finalizem suas transações com agilidade. Esse requisito é fundamental para proporcionar uma experiência instantânea e satisfatória aos usuários, tornando o PIX uma opção atrativa em comparação com os métodos tradicionais de pagamento.

Além disso, a disponibilidade do sistema é essencial para garantir que os usuários possam realizar transações a qualquer momento. O PIX opera 24 horas por dia, 7 dias por semana, e é esperado que esteja disponível constantemente, sem interrupções. Dessa forma, os usuários têm a liberdade de realizar pagamentos e transferências a qualquer momento que lhes seja conveniente, sem restrições de horário ou dias úteis.

Outro requisito fundamental é a capacidade de processamento do sistema. Com a crescente popularidade do PIX, é necessário que ele seja capaz de lidar com um grande volume de transações simultâneas. Em momentos de pico de demanda, como em datas comemorativas ou promoções especiais, o sistema precisa ser capaz de processar um número significativo de transações sem degradação no desempenho. Isso requer uma infraestrutura robusta e escalável, capaz de acomodar o aumento da carga de trabalho sem comprometer a qualidade do serviço.

A carga esperada nos participantes do PIX pode variar dependendo do porte e da demanda de cada um. Métricas como o número de transações por segundo (TPS) e o tamanho médio das transações podem ser utilizadas para avaliar a carga de trabalho dos participantes. É importante levar em consideração o crescimento esperado do PIX, pois o aumento contínuo no número de transações requer uma infraestrutura preparada para lidar com a expansão do sistema.

Os desafios de baixo desempenho e alta carga podem ter impactos significativos no arranjo de PIX. Atrasos nas transações podem afetar a experiência do usuário e causar insatisfação. A indisponibilidade do serviço pode resultar em perda de negócios e confiança dos usuários. Além disso, o risco de falhas de processamento aumenta com a alta carga, o que pode levar a erros, pagamentos duplicados ou não processados. Todos esses impactos podem afetar negativamente a reputação do arranjo de PIX e prejudicar sua adoção e uso contínuo.

Considerando esses requisitos e desafios, é essencial que os participantes do arranjo de PIX adotem uma arquitetura de software adequada que suporte os requisitos de desempenho e carga. A próxima seção explorará os fundamentos e tecnologias relevantes para construir uma arquitetura de software eficiente e escalável, capaz de suprir essas demandas e garantir a qualidade do serviço do PIX.

2.1. Desempenho exigido para um sistema de pagamentos instantâneos

Um sistema de pagamentos instantâneos, como o arranjo de PIX, requer um desempenho excepcional para atender às expectativas dos usuários. A natureza instantânea das transações implica em tempos de resposta rápidos, garantindo que os pagamentos sejam processados de forma ágil e eficiente. Os requisitos de desempenho em um sistema de pagamentos instantâneos incluem:

- **Tempo de processamento:** Os pagamentos devem ser processados em questão de segundos, oferecendo uma experiência imediata para os usuários envolvidos na transação.
- **Disponibilidade:** O sistema deve estar disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana, para que os usuários possam realizar transações a qualquer momento, independentemente do horário.
- **Capacidade de processamento:** O sistema precisa lidar com uma grande quantidade de transações simultâneas, suportando picos de demanda sem degradação no desempenho. Isso é especialmente importante em momentos de alto volume de transações, como datas comemorativas e promoções especiais.

2.2. Carga esperada nos participantes do PIX

Com a rápida adoção do PIX e sua crescente popularidade, os participantes do arranjo enfrentam um aumento significativo na carga de trabalho. Isso inclui instituições financeiras, bancos, fintechs, estabelecimentos comerciais e outros atores envolvidos no processamento e autorização das transações. A carga esperada nos participantes do PIX pode ser avaliada através de métricas como:

- **Número de transações por segundo (TPS):** Refere-se à quantidade de transações que um participante do PIX precisa processar a cada segundo. Essa métrica varia de acordo com o porte e a demanda de cada participante.

- Tamanho médio das transações: O valor monetário médio das transações realizadas pelo PIX também influencia a carga de processamento. Transações de maior valor podem exigir um processamento mais complexo e demorado.
- Crescimento esperado: Considerando a rápida adoção do PIX, é fundamental levar em conta o crescimento contínuo do número de transações e o aumento no uso do sistema ao longo do tempo.

2.3. Desafios e impactos de baixo desempenho e alta carga

O baixo desempenho e a incapacidade de lidar com alta carga podem ter impactos negativos significativos no arranjo de PIX. Alguns desafios e impactos que podem surgir incluem:

- Atrasos nas transações: Baixo desempenho pode resultar em atrasos nas transações, o que pode prejudicar a experiência do usuário e causar insatisfação.
- Indisponibilidade do serviço: Uma alta carga pode sobrecarregar os sistemas, levando a quedas de disponibilidade e interrupções no funcionamento do PIX. Isso pode resultar em perda de negócios e confiança dos usuários.
- Risco de falhas de processamento: Com o aumento da carga, há um maior risco de falhas no processamento das transações, levando a erros, pagamentos duplicados ou não processados.
- Impacto na reputação: Um baixo desempenho e a incapacidade de lidar com alta carga podem impactar negativamente a reputação dos participantes do PIX, afetando sua credibilidade e relacionamento com os usuários.

É evidente que a garantia de um desempenho adequado e a capacidade de lidar com altas cargas são fundamentais para a operação eficiente e confiável do arranjo de PIX. A próxima seção discutirá os fundamentos e tecnologias relevantes para a construção de uma arquitetura de software que atenda a esses requisitos.

3. Fundamentos e tecnologias relevantes

Para atender aos requisitos de desempenho e carga do arranjo de PIX, é necessário basear a arquitetura de software em fundamentos sólidos e utilizar tecnologias relevantes. Nesta seção, discutiremos alguns desses fundamentos e tecnologias que desempenham um papel crucial na construção de um sistema eficiente e escalável.

3.1. Arquiteturas de software para sistemas de alta performance

Para atender aos requisitos de desempenho e carga do arranjo de PIX, é necessário basear a arquitetura de software em fundamentos sólidos e utilizar tecnologias relevantes. Nesta seção, discutiremos alguns desses fundamentos e tecnologias que desempenham um papel crucial na construção de um sistema eficiente e escalável.

3.1.1. Arquitetura de Microserviços

A arquitetura de microserviços é uma abordagem que permite dividir um sistema em componentes independentes, conhecidos como microserviços, cada um responsável por uma funcionalidade específica. Esses microserviços podem ser desenvolvidos, implantados e escalados independentemente uns dos outros. Essa arquitetura é altamente escalável e flexível, permitindo que os participantes do PIX dimensionem cada componente

conforme necessário, evitando gargalos de desempenho e otimizando o uso dos recursos disponíveis.

3.1.2. Computação em Nuvem

A computação em nuvem oferece uma infraestrutura escalável e elástica, fundamental para atender aos requisitos de carga do arranjo de PIX. Através da utilização de serviços de nuvem, os participantes do PIX podem provisionar recursos de forma rápida e eficiente, aumentando ou diminuindo sua capacidade conforme a demanda. Além disso, a computação em nuvem fornece alta disponibilidade e tolerância a falhas, permitindo que o sistema do PIX permaneça operacional mesmo diante de eventos adversos.

3.1.3. Bancos de Dados de Alto Desempenho

O gerenciamento eficiente dos dados é fundamental para garantir o desempenho do arranjo de PIX. Os participantes do PIX precisam de bancos de dados capazes de lidar com um grande volume de transações em tempo real. Nesse sentido, tecnologias de bancos de dados de alto desempenho, como bancos de dados em memória ou bancos de dados distribuídos, são essenciais. Esses bancos de dados oferecem alta velocidade de leitura e gravação, permitindo o processamento ágil e eficiente das transações do PIX.

3.2. Monitoramento e Gerenciamento de Desempenho

Para garantir um desempenho adequado e identificar possíveis gargalos, é crucial implementar soluções de monitoramento e gerenciamento de desempenho. Essas soluções permitem que os participantes do PIX monitorem o desempenho em tempo real, identifiquem possíveis pontos de falha e otimizem a performance do sistema. Métricas como tempo de resposta, taxa de transferência e utilização de recursos podem ser monitoradas para garantir que o arranjo de PIX esteja operando de acordo com os requisitos de desempenho estabelecidos.

O monitoramento e gerenciamento de desempenho são elementos cruciais para garantir que o arranjo de PIX atenda aos requisitos de desempenho estabelecidos. Essas práticas permitem que os participantes acompanhem o desempenho do sistema em tempo real, identifiquem possíveis gargalos e tomem medidas proativas para otimizar a performance.

O monitoramento de desempenho envolve a coleta de métricas e indicadores-chave, como tempo de resposta, taxa de transferência, latência, utilização de recursos e capacidade de processamento. Essas métricas são registradas e analisadas para identificar possíveis áreas de melhoria e detectar qualquer degradação do desempenho. O monitoramento contínuo permite que os participantes do PIX acompanhem a saúde do sistema e tomem ações corretivas antes que os problemas afetem os usuários finais.

O gerenciamento de desempenho envolve a implementação de estratégias e técnicas para otimizar o desempenho do sistema. Isso pode incluir ajustes de configuração, otimização de consultas de banco de dados, balanceamento de carga, dimensionamento adequado dos recursos de hardware e software, entre outros. O objetivo

é garantir que o sistema opere de maneira eficiente e com capacidade suficiente para lidar com a carga esperada.

Para auxiliar no monitoramento e gerenciamento de desempenho do arranjo de PIX, existem várias soluções de software disponíveis. Alguns exemplos notáveis incluem:

- Prometheus: Uma ferramenta de monitoramento de código aberto, projetada para coletar métricas de sistemas e aplicativos. Ele oferece suporte a consultas flexíveis e alertas configuráveis, permitindo a detecção e a resolução proativa de problemas de desempenho.
- Grafana: Uma plataforma de visualização de dados que se integra com várias fontes de dados, incluindo Prometheus. O Grafana permite criar painéis interativos e gráficos personalizados para monitorar e analisar as métricas de desempenho do arranjo de PIX.
- Dynatrace: Uma solução de monitoramento de desempenho e gerenciamento de aplicações baseada em Inteligência Artificial. O Dynatrace oferece recursos avançados de rastreamento e análise de transações, bem como alertas automatizados e diagnóstico de problemas em tempo real.
- New Relic: Uma plataforma abrangente de monitoramento e análise de desempenho que abrange desde a infraestrutura de servidores até o código de aplicativos. O New Relic oferece insights detalhados sobre o desempenho do arranjo de PIX, ajudando os participantes a identificar gargalos e otimizar o sistema.
- ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana): Uma combinação de ferramentas de código aberto para coleta, processamento, armazenamento e visualização de logs e dados. O ELK Stack é amplamente utilizado para monitoramento de desempenho, permitindo a análise de logs em tempo real e a identificação de problemas de desempenho.

Essas são apenas algumas das muitas opções disponíveis no mercado. A escolha da solução

3.3. Escalabilidade horizontal e vertical

A escalabilidade é um fator crítico no arranjo de PIX, pois é necessário lidar com um volume crescente de transações e garantir o desempenho adequado do sistema. Nesse contexto, existem duas abordagens principais para escalabilidade: horizontal e vertical.

A escalabilidade horizontal envolve adicionar mais instâncias ou componentes idênticos do sistema para lidar com o aumento da carga. Esse modelo permite distribuir a carga de trabalho entre várias instâncias, evitando sobrecarregar um único componente e proporcionando um aumento linear na capacidade do sistema. Os participantes do PIX podem adicionar novos servidores ou nós ao seu ambiente para lidar com o aumento da demanda, permitindo que a carga seja distribuída de forma mais equilibrada. Essa abordagem é particularmente adequada para lidar com picos de carga, pois novas instâncias podem ser provisionadas temporariamente para atender às necessidades específicas e, em seguida, desligadas quando a demanda diminuir.

Por outro lado, a escalabilidade vertical envolve aumentar a capacidade de um único componente do sistema, adicionando mais recursos, como CPU, memória ou armazenamento, a esse componente existente. Essa abordagem é adequada quando a demanda crescente é principalmente atribuída a um componente específico do sistema. Os

participantes do PIX podem aprimorar a capacidade de processamento de um servidor ou atualizar seu banco de dados para uma versão mais robusta. A escalabilidade vertical é eficaz para melhorar o desempenho e a capacidade de um componente específico, mas pode ter limitações em termos de escalabilidade absoluta, já que existem limites físicos para o aumento dos recursos de um único componente.

Ao escolher a estratégia de escalabilidade apropriada, os participantes do PIX devem considerar fatores como a carga de trabalho esperada, a capacidade financeira, as restrições de tempo e os objetivos de desempenho. Em muitos casos, a combinação de escalabilidade horizontal e vertical é necessária para atender às demandas do sistema de forma eficiente.

É importante ressaltar que a escalabilidade não se limita apenas aos recursos de hardware, mas também à arquitetura de software. Os participantes do PIX devem projetar suas soluções de software com base em princípios de escalabilidade, utilizando arquiteturas distribuídas e tecnologias que suportem a expansão horizontal e vertical. O uso de tecnologias como contêineres e orquestração de contêineres, como Kubernetes, pode facilitar a implantação e o gerenciamento de instâncias adicionais do sistema.

A escalabilidade horizontal e vertical desempenha um papel crucial no arranjo de PIX, permitindo que o sistema cresça e se adapte às demandas do mercado em constante evolução. Ao adotar abordagens adequadas de escalabilidade, os participantes do PIX podem garantir que o sistema possa lidar com um grande volume de transações, manter um desempenho consistente e oferecer uma experiência de usuário satisfatória. A escalabilidade é um fator essencial para o sucesso do arranjo de PIX, pois permite que ele acompanhe o crescimento do mercado e continue sendo uma opção confiável e eficiente para pagamentos instantâneos.

3.4. Tolerância a falhas e resiliência

No contexto do arranjo de PIX, a tolerância a falhas e a resiliência desempenham um papel fundamental na garantia da continuidade do serviço, mesmo diante de eventos adversos. A natureza crítica e sensível ao tempo das transações financeiras exige que os participantes do PIX estejam preparados para lidar com possíveis falhas e interrupções sem comprometer a integridade e a segurança das transações.

A tolerância a falhas refere-se à capacidade de um sistema de continuar operando mesmo quando ocorrem falhas em componentes individuais. Os participantes do PIX devem implementar estratégias e mecanismos que permitam a detecção e recuperação de falhas de forma rápida e eficiente. Isso pode incluir a replicação de componentes críticos, onde um componente de backup assume o papel do componente primário em caso de falha. Além disso, a implementação de técnicas de monitoramento proativo e alarmes permite identificar falhas em estágios iniciais, antes que elas impactem negativamente o sistema como um todo.

Juntamente com a tolerância a falhas, a resiliência é essencial para garantir a continuidade das operações do PIX. A resiliência é a capacidade de um sistema se adaptar e se recuperar de falhas ou interrupções, minimizando o impacto nos usuários e no funcionamento do sistema. Os participantes do PIX devem considerar a implementação de estratégias de recuperação de desastres e planos de continuidade de negócios. Isso envolve a criação de backups adequados, a definição de procedimentos de recuperação, a

realização de testes de continuidade e a garantia de que os sistemas de contingência estejam prontos para entrar em ação em caso de falhas.

Além disso, a adoção de arquiteturas distribuídas e a utilização de tecnologias de balanceamento de carga podem contribuir para a resiliência do arranjo de PIX. Ao distribuir a carga entre vários servidores ou data centers, os participantes podem reduzir o impacto de falhas em um único ponto de falha. O uso de técnicas como roteamento de tráfego inteligente, cache de dados e particionamento de dados também pode melhorar a resiliência do sistema, permitindo que ele se adapte e continue operando mesmo em condições adversas.

É importante destacar que a tolerância a falhas e a resiliência não se limitam apenas aos aspectos técnicos do sistema, mas também envolvem processos e procedimentos adequados. Os participantes do PIX devem estabelecer políticas de segurança e privacidade, além de treinamentos regulares para os colaboradores, visando a garantir a integridade e a disponibilidade das transações.

Ao incorporar a tolerância a falhas e a resiliência em sua arquitetura de software, os participantes do arranjo de PIX podem mitigar os riscos de interrupções e garantir a continuidade das operações, mesmo em situações adversas. Isso contribui para a confiança e a segurança dos usuários, fortalecendo a reputação do arranjo de PIX como um meio de pagamento confiável e robusto.

3.5. Otimização de recursos

4. Proposta de Arquitetura de Software para o Arranjo de PIX

4.1. Visão geral da arquitetura proposta

4.2. Componentes principais e suas interações

4.3. Distribuição de carga e balanceamento de recursos

4.4. Estratégias de escalabilidade e resiliência

4.5. Implementação e integração com os participantes do PIX

5. Avaliação e análise dos resultados esperados

5.1. Metodologia de avaliação

5.2. Benefícios e impactos esperados

5.3. Comparação com arquiteturas existentes

6. Considerações finais

6.1. Sumário das contribuições do trabalho

6.2. Limitações e direções futuras de pesquisa

References

de Oliveira Batista, F. G. B. (2023). O estado empreendedor: Protagonismo estatal e o sistema de pagamentos instantâneos (pix). *Perspectivas e controvérsias da inovação regulatória no sistema financeiro de pagamentos*.

- Ferreira, A. R. (2022). Arranjo pix: regulação e concorrência em pagamentos digitais. 16(1):100–113.
- Holanda, T. L. R. S. d. (2021). *A entrada do PIX no sistema de pagamentos do Brasil e o cenário para a Caixa Econômica Federal*. PhD thesis.
- Neves, R. C., Costa, D. R., de Almeida Lambertucci, F., and de Castro Lima Filho, J. M. (2021). Pontuais alterações na estrutura do spb para implantar o spi/pix e seus benefícios para a população. *Revista da Procuradoria-Geral do Banco Central*, 15(1):31–45.
- Rimonato, I. P. d. O. S. and Santos, J. P. d. (2021). Pix solução tecnológica de inclusão financeira. *Research, Society and Development*, 10(13):e106101321139.
- Soares da Silva Simões, L. and Silva Pedrosa, L. (2022). Os benefícios da digitalização dos serviços bancários. *Revista Interface Tecnológica*, 19(2):18–34.