

Um Estudo Comparativo de Usabilidade Entre o PIX e o Lightning Network para Pagamentos Instantâneos Presenciais no Varejo

Subeixo temático: tecnologia da informação

Eiran Simis¹

Eronides Felisberto da Silva Neto²

Fábio Passos³

Nathália Vasconcelos Couto⁴

Ana Catarina Lopes Costa⁵

Miguel Cabral de Carvalho⁶

Valeria Louise Rudniek Ueta⁷

Ioram Schechtman Sette⁸

Resumo

Um meio de pagamento eletrônico instantâneo pode ser compreendido como um dos principais facilitadores do processo de digitalização do dinheiro. Em 2020, o Banco Central do Brasil (BCB) lançou o Pix, um meio de pagamento em que os recursos são transferidos entre contas em poucos segundos, a qualquer hora ou dia da semana. No cenário global, na última década, a adoção da criptomoeda Bitcoin aumentou consideravelmente ao apresentar uma alternativa descentralizada de moeda e de transferência de valores digitais, por meio de uma *blockchain* pública. No entanto, para a adoção dessa tecnologia, foi necessário endereçar problemas de escalabilidade para viabilização de pagamentos de baixo valor. Dessa forma, a Lightning Network (LN) foi proposta como uma implementação de uma segunda camada nessa *blockchain* de forma a permitir pagamentos instantâneos utilizando bitcoins. Este artigo compara os meios de pagamentos instantâneos Pix e LN segundo os aspectos de usabilidade e de tempo de transação. Os resultados apontam para a maturidade da tecnologia Pix reforçando a sua aceitação por parte dos usuários, enquanto sugerem melhorias necessárias para adoção da tecnologia LN.

Palavras-chave: *estudo de usabilidade; pix; lightning network; bitcoin; meio de pagamento.*

1 es@@cesar.school. Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (Cesar) / Cesar School – Rua Bione, 220, Bairro do Recife, Recife, PE, CEP: 50030-390

2 eronides.neto@cesar.org.br. Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (Cesar) / Cesar School – Rua Bione, 220, Bairro do Recife, Recife, PE, CEP: 50030-390

3 fabio.passos@cesar.org.br. Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (Cesar) / Cesar School – Rua Bione, 220, Bairro do Recife, Recife, PE, CEP: 50030-390

4 nvc@cesar.school

5 aclc2@cesar.school

6 mcc2@cesar.school

7 vlru@cesar.school

8 iss@cesar.school

1 Introduction

O dinheiro é considerado uma tecnologia milenar que, entre outras funções, tem como objetivo facilitar a troca indireta de bens e serviços. Ele já teve muitas facetas ao longo da história e em diferentes regiões. Desde pedras de Rai, sal, conchas, ossos, metais preciosos, metais básicos, papel-moeda, dinheiro eletrônico fiduciário e Bitcoin.

Segundo a teoria de Carl Menger, sintetizada no artigo *The Dimension of Money* de Eric Yakes (Menger, 1982; Yakes, 2021), em uma sociedade livre, o dinheiro que melhor endereçar as três principais dimensões, tais como: reserva de valor, meio de troca e unidade de conta, por meio das suas seis propriedades: escassez, durabilidade, aceitabilidade, portabilidade, divisibilidade e fungibilidade seria naturalmente substituído pela população, em troca da forma de dinheiro anteriormente utilizada, por ter uma tecnologia superior.

O processo de digitalização do papel-moeda no setor bancário torna-se acelerado por empoderar e habilitar diferentes agentes a usarem os serviços e meios de pagamento sem a necessidade de preencher os dados bancários das partes envolvidas. Por sua facilidade, custo zero para as pessoas físicas e rápida adoção, o sistema instantâneo Pix (BCB, 2020) tornou-se um caso de sucesso mundial (Instituto Propague, 2022), destacando assim o projeto do Banco Central Brasileiro (BCB).

Este trabalho realiza um estudo comparativo de usabilidade entre o dinheiro fiduciário, adotado no Brasil por meio do Real em seu meio eletrônico, usando o pagamento instantâneo Pix criado pelo BCB em 2020, e o Bitcoin, proposto originalmente em 2008 (Nakamoto, 2008) e seu protocolo de transferência instantânea denominado de Lightning Network (Poon; Dryja, 2015) para transações presenciais no varejo.

As duas tecnologias de pagamento escolhidas são diferentes entre si em vários aspectos técnicos. No entanto, como meios de pagamento do ponto de vista de usabilidade em transações presenciais no uso em varejo possuem algumas similaridades, tais como: utilização de *QR Code* para facilitar os pagamentos por meio de *smartphones*, propõe-se a ser instantâneas e, por fim, têm o objetivo de possuírem um custo de transação inferior aos meios incumbentes.

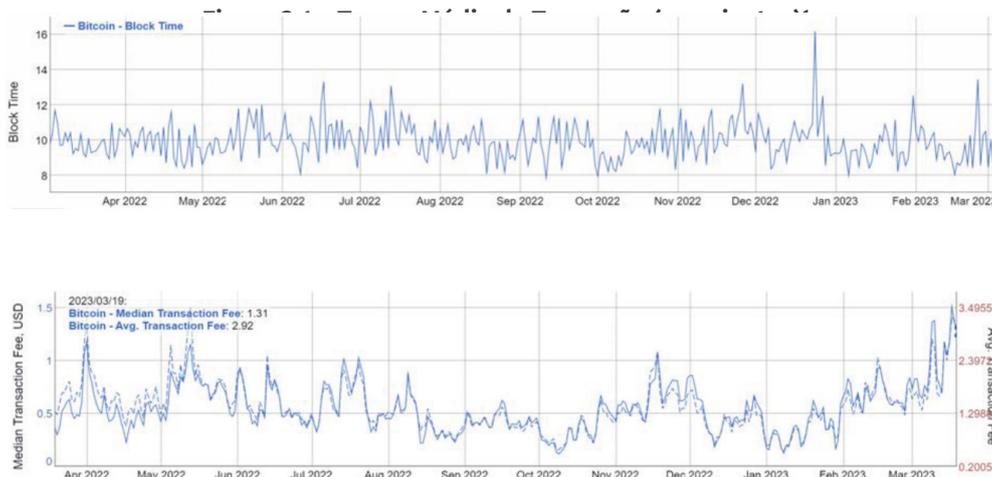
A comparação é realizada a partir de experimentos utilizando diferentes carteiras da rede LN e o sistema de pagamento Pix, analisando os aspectos de comportamento da LN como forma de pagamento cotidiana na experiência do usuário e usabilidade em transações presenciais, comparando-a com o meio de pagamento brasileiro Pix.

2 Fundamentação teórica

2.1 Lightning Network

O protocolo original do Bitcoin, por conta das suas características que priorizam a descentralização e segurança (Nakamoto, 2008), tem atualmente ao menos duas características limitadoras para o seu uso no varejo. Uma delas é o tempo necessário para a primeira confirmação, em que um computador integrante da rede valida a transação incorporando-a a um bloco, após vencer uma competição matemática que dura cerca de 10 minutos. Outra é o custo da transação, cuja mediana pode variar até 1,5 dólares. A Figura

1 ilustra o tempo médio para realizar uma transação, resumida pelo *block time*, e na Figura 2 ilustra a média e mediana da taxa de transação. Essas características são limitadoras principalmente para transações de baixos valores. Exemplificando, a compra de um simples café, estimado em R\$ 4 (Exame, 2022), teria um custo aproximado superior para realizar seu pagamento. Além disso, o tempo para confirmação do pagamento demoraria cerca de 10 minutos, superior ao tempo de consumo do mesmo em um estabelecimento. Essas limitações já vêm sendo debatidas dentro desse ecossistema de usuários, empresas, mineradores, acadêmicos e desenvolvedores.



Para mitigar tais limitações, foi proposta uma alternativa sem a necessidade de alterações no protocolo atual do Bitcoin: a rede *Lightning Network*(LN), apresentada em Poon e Dryja (2015). O protocolo proposto foi implementado e mantido pela comunidade, incluindo várias empresas que competem e cooperam para evoluí-lo. Essa rede propõe ser uma camada para transações de transferência de valores para o varejo a partir da *blockchain* do Bitcoin. Comumente chamada de segunda camada, essa rede visa proporcionar um alto número de transações de pequenos valores (micropagamentos) de bitcoins de forma instantânea e de baixo custo de transação. Na *blockchain* do Bitcoin o processo de transferência de bitcoins dá-se a partir da transferência entre dois nós da rede (Nakamoto, 2008), isto é, elementos computacionais que armazenam a moeda e validam as transações. Cada nó minerador é recompensado pelo número de transações realizadas e registradas em um novo bloco. A atual tarifa presente na rede Bitcoin dá-se pela necessidade de incentivar economicamente o uso dos recursos computacionais dos nós envolvidos em validar e registrar a transação na *blockchain*. Com o objetivo de escalabilidade, a solução empregada na LN é o uso de canais de pagamentos para, assim, não depender de transações na camada principal para cada pagamento.

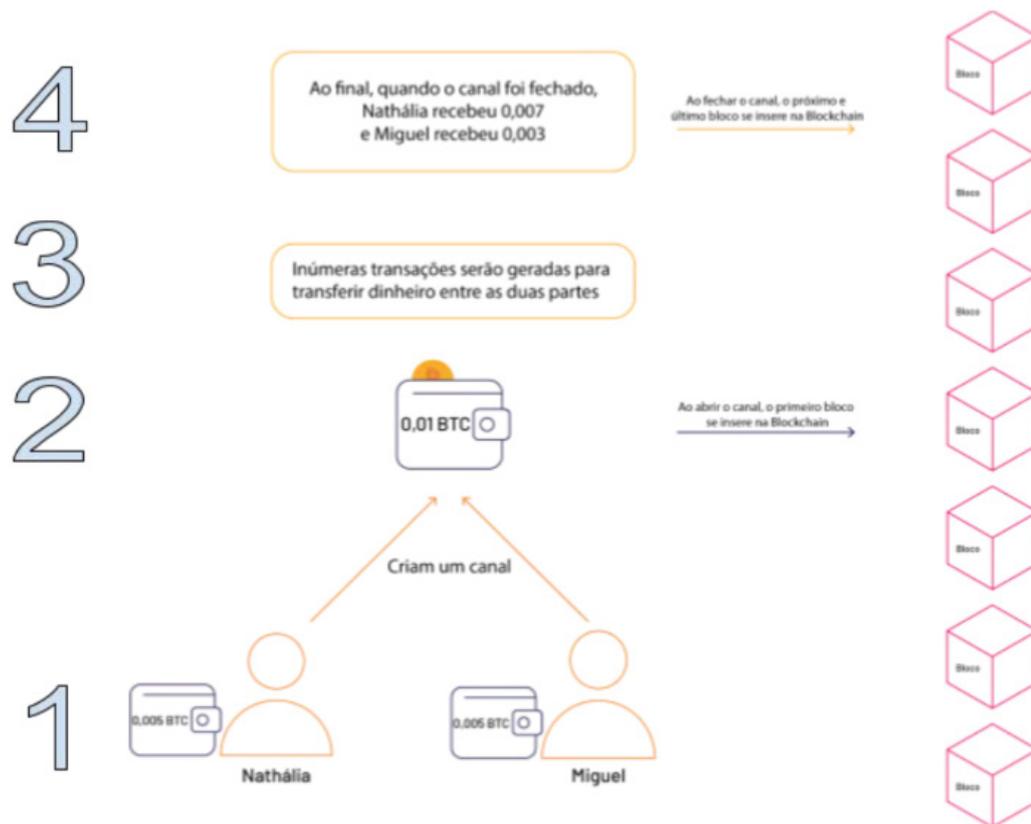
A operação da LN baseia-se na criação de canais de pagamento, que, por sua vez, registram na camada principal a posse da moeda por usuário (carteira). Com o objetivo de enviar várias vezes pequenas quantidades de bitcoin, ou a menor divisão da moeda, conhecida como satoshi, a segunda camada irá coordenar as transações por esses canais.

1 Disponível em: <https://bitinfocharts.com/comparison/bitcoin-confirmationtime.html#1y>
 2 Disponível em: https://bitinfocharts.com/comparison/median_transaction_fee-transactionfees-btc.html#1y

A transação inicial de qualquer usuário nesta segunda camada é chamada de financiamento inicial (*commitment transaction*), que realiza a adição do saldo em bitcoins, para transferências entre dois usuários.

O objetivo desse canal inicial é a transferência exclusiva entre dois usuários, A e B, com capacidade máxima do saldo total de A mais o saldo total de B. O processo de financiar o canal, isto é, adicionar os fundos em bitcoins, deve ser registrado na camada principal da *blockchain*. A Figura 3 ilustra o processo de criação de canais. Uma vez o canal criado, as transferências entre os usuários podem acontecer de maneira ilimitada, desde que ambos possuam saldo suficiente para a transação e a taxa desta. Caso ocorra o fechamento do canal, uma transação de encerramento é realizada na camada principal.

Figura 3 – Descrição do processo de criação de canais de pagamento



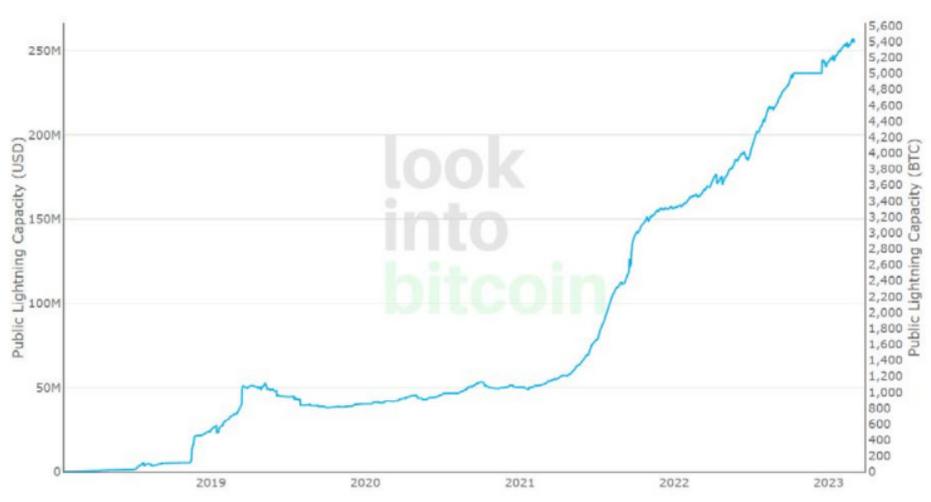
A partir do momento do estabelecimento de canais de pagamento, tem-se uma forma rápida e eficiente para usar o Bitcoin como moeda para pagamento de baixos valores a partir de canais abertos entre usuários conectados, ou seja, um meio de pagamento bidirecional.

Similar a redes de computadores ponto-a-ponto, quando dois membros destas desejam se comunicar mas não possuem o estabelecimento de uma comunicação direta, um terceiro participante facilita o processo agindo como um intermediador. De maneira análoga, na LN este terceiro usuário irá realizar o roteamento da mensagem de pagamento, achando

assim, um canal aberto até o usuário desejado. A rede utiliza mecanismos de roteamento inteligente para otimização das transações (Antonopoulos; Osuntokun; Pickhardt, 2021).

Atualmente, existem diferentes implementações para um nó da LN: C-Lightning, Eclair, LND, Electrum e LNP. De acordo com Mizrahi e Zohar (2021), em 2020, quase 91,3% dos nós públicos da rede eram baseados em implementações do nó LND. Estatísticas gerais da rede podem ser vistas em tempo real em Bitcoin Lightning Capacity. A Figura 4 apresenta a evolução anual da quantidade de bitcoins disponibilizada para realização de transações na Lightning Network (*commitment transaction*).

Figura 4 – Capacidade da LN (em Bitcoin)³



3 Adaptação de LOOK INTO ITCOIN. **Bitcoin Lightning Capacity**. Disponível em: <https://www.lookintobitcoin.com/charts/lightning-network-capacity/>. Acesso em: 14 mar. 2023.



2.2 Pix

Pix é o meio de pagamento instantâneo brasileiro, instituído pela Resolução BCB nº 1, de 12 de agosto de 2020, criado pelo Banco Central do Brasil. Consolidado como o meio de pagamento mais utilizado pelos brasileiros, conforme levantamento realizado pela Febraban, em novembro de 2022, é uma maneira de transferir fundos entre entidades interessadas no formato eletrônico, de forma rápida, eficiente e acessível para pessoas e empresas no Brasil. O Pix é um meio de pagamento, que possui recursos de segurança avançados, incluindo autenticação de dois fatores e criptografia, visando prevenir fraudes (BCB, 2022). Dentre as vantagens de efetuar um Pix, além da velocidade em que pagamentos e transferências são realizados, podemos elencar: baixo custo, segurança, experiência do usuário, incentivo de utilização da moeda digital e inclusão financeira.

Para fazer um Pix é necessário ter uma conta-corrente, conta poupança ou conta de pagamento pré-paga em uma instituição aprovada pelo Banco Central do Brasil e ter acesso ao e-banking e uma Chave Pix cadastrada. É possível fazer uma transação Pix de várias maneiras, incluindo a leitura de *QR Code*, o uso de identificador de usuário (chave Pix) ou compartilhamento de informações de dados bancários.

3 Descrição dos experimentos

Nesta seção são apresentados os métodos com os quais os testes e as comparações foram conduzidos, incluindo aspectos de usabilidade e parâmetros técnicos.

3.1 Testes de usabilidade com usuários

Com o objetivo de fazer uma análise entre os meios de pagamento instantâneo baseada em aspectos de usabilidade, foram considerados quatro critérios para uma boa usabilidade dos produtos (Nielsen, [s./d]):

- **Aprendizagem:** Quão fácil, para os usuários, é realizar tarefas básicas na primeira vez que encontram?
- **Eficiência:** Uma vez que os usuários tenham aprendido, com que rapidez eles podem executar tarefas?
- **Erros:** quantos erros os usuários cometem, quão graves são esses erros e com que facilidade eles podem se recuperar dos erros?
- **Satisfação:** Quão agradável é usar?

Os dados foram coletados com o objetivo de avaliar a usabilidade de cada forma de pagamento. Portanto, para os testes com usuários, foi utilizado o recurso de gravar um vídeo da realização da tarefa fundamental, sendo ela a leitura do código QR e, em seguida, realizar a transação.

O primeiro tipo de transação analisado foi a transferência entre carteiras digitais da rede LN, por meio de testes presenciais com a carteira *Blue Wallet*, escolhida por possuir conversão do Real para Bitcoin. O segundo tipo é a transação entre um ponto de venda (*point-of-sale* – POS) e uma carteira digital LN, no *smartphone* do usuário. Por último, a

transação seria realizada por meio do Pix, do *smartphone* do usuário para o ponto de venda (*point-of-sale* – POS). Seguindo o método proposto em Nielsen ([s./d.]) e Nielsen e Landauer (1993), foram recrutados 15 usuários que assinaram um termo de consentimento para participar dos testes presenciais em estabelecimentos comerciais.

Os usuários do teste foram distribuídos para testar cada forma de transação:

- 5 usuários para os testes da Lightning Network utilizando aplicativos de *smartphones* como forma de transação entre comerciante e cliente;
- 5 usuários para os testes da Lightning Network, em que o comerciante utilizou um POS LN como forma de recebimento das transações;
- 5 usuários para os testes do Pix, em que o comerciante utilizou um POS Pix como forma de recebimento das transações.

O POS usado para o recebimento de pagamentos pela LN foi adquirido pelo projeto de pesquisa. Ele possui uma placa de desenvolvimento de hardware Espressif ESP32 com implementação disponível em ARCBTC (2022). Os POSs utilizados para o recebimento das transações via Pix pertencem aos fornecedores Pagbank e Rede.

As seguintes seguintes métricas de usabilidade foram utilizadas para a avaliação:

- **Taxa de Tempo de Tarefa (TTR):** média de quanto tempo leva para o usuário concluir uma determinada tarefa;
- **Taxa de Sucesso da Tarefa (TSR):** porcentagem de tarefas concluídas corretamente pelo usuário;
- **Questionário Pós-Cenário (ASQ):** é realizado ao finalizar os testes para avaliar a satisfação do usuário, composto por 3 perguntas fundamentais.

A Figura 5 ilustra o questionário que os participantes respondem, após realização do teste.

Figura 5 – Questionário respondido pelo participante

Questionário Pós Cenário (ASQ)

1. Estou satisfeito quanto a facilidade para completar a tarefa



2. Estou satisfeito quanto ao tempo que levou para completar a tarefa



3. Estou satisfeito com o nível de suporte e informação enquanto completava



3.2 Testes comparativos de tempo de transação utilizando carteiras da Lightning Network

Segundo dados do Banco Central do Brasil (BCB), o Pix realiza uma transação, na maioria das vezes, em poucos segundos: 50% das transações em 6 segundos e 99% em 10 segundos. Porém, não foram encontrados dados similares referentes ao uso de carteiras LE, fazendo-se necessários experimentos com este objetivo. Os testes técnicos foram realizados com o objetivo de analisar o tempo da transação da LN e calcular a taxa média das transferências.

Foram escolhidas três carteiras da LN para a comparação: *Wallet of Satoshi* (C1), *Blue Wallet* (C2) e *Breez* (C3). Na primeira (C1), a custódia é integralmente feita pelo fornecedor. Na segunda (C2), o fornecedor disponibiliza duas maneiras de realizar a custódia, pelo usuário ou pelo fornecedor. Na terceira, a custódia (C3) é realizada integralmente pelo usuário. Os testes foram realizados entre as carteiras e o POS desenvolvido pela equipe.

Para avaliação dos resultados, foram feitas 100 repetições para cada teste entre as mesmas carteiras (C1 x C1, C2 x C2, C3 x C3), 20 repetições para cada teste entre diferentes carteiras (C1 x C2, C1 x C3, C2 x C1, C2 x C3, C3 x C1, C3 x C2) e, por último, 30 repetições para cada teste entre as carteiras e um POS (C1 x POS, C2 x POS, C3 x POS), totalizando 510 repetições. Os testes foram filmados e registrados durante três dias. Os vídeos foram analisados e os respectivos tempos de transação em segundos desde o momento em que o usuário confirma a transação até o momento que o aplicativo confirma o recebimento (T2) e o pagamento (T1) da transferência foram registrados. Também foram medidas as taxas de cada transação, sendo a taxa média de R\$ 0,02 por transação, já convertidas da unidade satoshi para reais em dezembro de 2022.

O equipamento usado para a filmagem foi uma webcam Logitech C920, com os frames dos vídeos sendo utilizados para análise de temporização por meio do software OBS Studio. Dois *smartphones* foram utilizados nos testes das carteiras, sendo um um iPhone X com o iOS 15 e outro um Samsung Galaxy A30s com Android 11.

4 Resultado

Esta seção apresenta os resultados dos testes de usabilidade e dos testes técnicos de comparação das transações utilizando a LN entre carteiras e POS.



4.1 Testes de usabilidade

Após a conclusão dos testes, os dados coletados foram sumarizados e dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Testes de Usabilidade

Método de transação utilizado pelo comerciante	Tempo de Tarefa (média, em segundos)	TTR (média, em segundos)	TSR	ASQ (média)
POS LN	26	24,8	80%	4,58
POS LN	24			
POS LN	28			
POS LN	23			
POS LN	23			
Carteira LN	10	13,4	62,5%	4,55
Carteira LN	5			
Carteira LN	5			
Carteira LN	6			
Carteira LN	7			
Carteira LN	7			
Carteira LN	18			
Carteira LN	9			
POS Pix	14	18,6	100%	5
POS Pix	24			
POS Pix	17			
POS Pix	21			
POS Pix	17			

A partir de uma análise realizada dos dados coletados, pode ser observado que a taxa de tempo da tarefa (TTR) do Pix, de 18,6 segundos é aproximadamente **33.33%** mais **rápida** que o POS utilizando Lightning Network (LN) de 24,8 segundos e aproximadamente **28%** mais **lenta** que utilizando a Carteira LN como dispositivo de pagamento com 13,4 segundos. Isso indica que, quando utilizados POSs para transações, o POS Pix é mais rápido que o POS LN. Já quando utilizada uma Carteira LN em smartphones para a transação, a LN é mais rápida que o POS Pix.

O argumento observado por meio dos dados qualitativos dos testes para que o POS LN fosse mais lento que o Pix, são por dois fatores primordiais, sendo eles:

- **A insuficiência da prática e conhecimento** na utilização do meio de pagamento LN em relação ao Pix;

- **O tamanho da tela** reduzido do POS LN em relação ao POS Pix utilizado nos testes compromete diretamente a velocidade da leitura do *QR Code*, uma vez que, para a câmera ler o código, foi necessário um tempo maior para focar a imagem.

A taxa de sucesso da tarefa (TSR) para **ler o QR Code e realizar o pagamento** é 100% utilizando o POS Pix, 80% utilizando o POS LN e 62.5% utilizando a Carteira LN. Durante os testes, foi demonstrado que ainda há erros de usabilidade que afetam a experiência do usuário ao utilizar LN enquanto meio de pagamento, como:

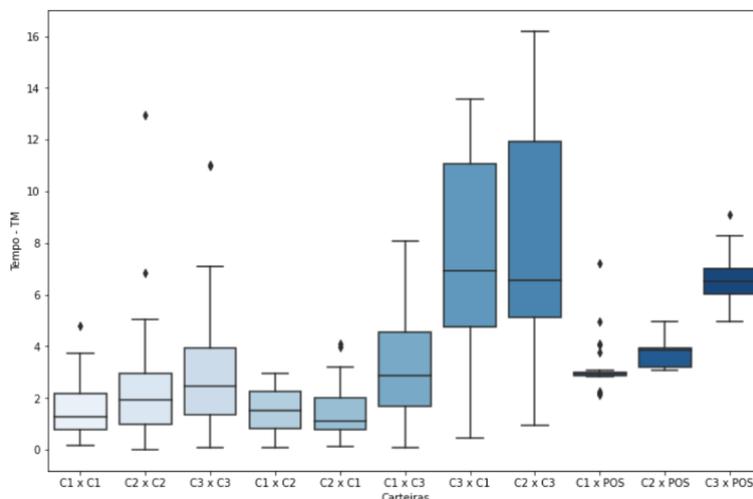
- **Erros de sistema**, por exemplo a indicação de insuficiência de saldo nas carteiras LN mesmo havendo a quantia exata para a transação, pois aquela não permite que o usuário zere sua conta, enquanto no caso Pix, é possível.
- **A falta de interoperabilidade nos sistemas das carteiras e corretoras de Bitcoin** que não aceitam o LNURL, um protocolo de comunicação entre as carteiras LN com outros serviços externos, gerado pelo POS LN.

A satisfação do usuário é **máxima** quando utilizado o **POS Pix** como forma de pagamento, enquanto pelo uso da Lightning Network, a satisfação é reduzida em aproximadamente 8,4% para o POS LN e 9% para Carteira LN. A partir dos dados qualitativos coletados e descritos nos pontos anteriores, é possível compreender que tais fatores foram essenciais para que a taxa de satisfação da LN em geral tenha um valor reduzido em relação ao Pix.

4.2 Teste comparativo de tempo de transação entre as carteiras com suporte a transações pela LN

Em relação aos testes, pudemos notar que a carteira *Wallet of Satoshi* possui o menor tempo de transação (TM), diferença entre o tempo de confirmação de recebimento (T2) e o tempo de pagamento (T1). De maneira comparativa geral, a Figura 6 apresenta o tempo de transação das operações realizadas.

Figura 6 – Comparativo dos tempos de transação entre as carteiras da LN⁴



4 O losango representa testes com resultados discrepantes, os retângulos representam o intervalo de tempo dos testes, enquanto a linha representa mediana.

No geral, os resultados dos testes apresentam uma mediana do tempo de transação menor nas transações entre carteiras do mesmo tipo. As transações entre as carteiras *Breez* (C3) e *Wallet of Satoshi* (C1) e as transações entre as carteiras *Breez* (C3) e *Blue Wallet* (C2) apresentaram maior dispersão dos tempos de transação. Quando comparamos o tempo entre as transações das mesmas carteiras entre si, pode-se afirmar que a carteira *Breez* (C3) possui um intervalo maior de resposta ao usuário, como medido nos testes. Ainda dos resultados notados durante as realizações dos testes, a carteira *Breez* (C3) apresentou instabilidade nos testes, decorrendo num maior tempo médio de transação. O resultado pode ser observado nos boxplots referentes ao seu uso.

5 Conclusão

Este trabalho comparou a proposta da Lightning Network (LN) e o Pix para pagamentos instantâneos usando o Bitcoin, que se propõe a ser uma alternativa à moeda fiduciária, no contexto de redes e meios de pagamento instantâneos. As comparações contemplaram os aspectos de comportamento da LN como forma de pagamento cotidiana na experiência do usuário e usabilidade em transações presenciais, comparando-a com o meio de pagamento brasileiro Pix. Também foram medidos os tempos das transações entre carteiras com suporte a esses meios.

Por LN ser uma nova tecnologia, este trabalho entende que se faz necessária uma divulgação para os usuários a utilizarem. Tal conclusão pode ser baseada em observações dos usuários e erros de sistema e falta de interoperabilidade durante testes com as carteiras da rede. Outro resultado que exemplifica isso é a TSR da realização da transação em si, quando comparada à utilização do Pix. Os tempos médios de transações durante os testes foram equivalentes.

Outro resultado significativo obtido neste estudo foi referente ao tempo de transação entre as carteiras, ou entre uma carteira LN e um POS. Os resultados dos testes mostram o tempo médio de transação no mesmo intervalo esperado de uma transação realizada com o Pix. A depender do tipo de implementação da custódia de cada carteira, o tempo de transação varia, com as carteiras com custódia realizada pelos usuários, mais lentas.

De maneira geral, o estudo realizado neste trabalho mostra a maturidade e reforça a aceitação do Pix por parte dos usuários. Referente ao uso da LN como meio de pagamento instantâneo, a experiência desta precisa ser melhorada, não pela implementação da tecnologia da rede em si, mas pelos desenvolvedores e responsáveis pelas implementações dos aplicativos das carteiras de pagamento. Esse resultado fica evidente quando referente ao uso do POS utilizando a LN, que possui na atual implementação com limitações de usabilidade (demora na transição das etapas para o pagamento).

References

- ANTONOPOULOS, A. M.; OSUNTOKUN, O.; PICKHARDT, R. **Mastering the Lightning Network**. [S./l.]: O'Reilly Media, Inc., 2021.
- ARCBTC. **LNURLPoS**. 2022. Disponível em: <https://github.com/arcbtc/LNURLPoS>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Resolução nº 1, de 12 de agosto de 2020**. Institui o arranjo de pagamentos Pix e aprova o seu Regulamento. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/exibenormativo?tipo=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20BCB&numero=1>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Manual de Segurança do Pix. 3.5**. Brasília, 16 nov. 2022. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/content/estabilidadefinanceira/cedsfm/Manual_de_Seguranca_Pix.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.
- EXAME. **Quanto custa o cafezinho na refeição do brasileiro em 2022? Veja preços médios por região**. 26 jul. 2022. Disponível em: <https://exame.com/invest/minhas-financas/quanto-custa-cafezinho-refeicao-brasileiro-2022-precos-medios-regiao/>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- FEBRABANTECH. **Em dois anos, Pix se consolida como meio de pagamento mais usado e transações continuam em ascensão no país**. [S./l.], 14 nov. 2022. Disponível em: <https://febrabantech.febraban.org.br/temas/meios-de-pagamento/em-dois-anos-Pix-se-consolida-como-meio-de-pagamento-mais-usado-e-transacoes-continuam-em-ascensao-no-pais>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- INSTITUTO PROPAGUE. **Pix: do sucesso nacional ao interesse internacional**. 2022. Disponível em: <https://institutopropague.org/pagamentos/pix-do-sucesso-nacional-ao-interesse-internacional/>. Acesso em: 17 mar. 2023.
- LN STATS. Lightning Network Search and Analysis Engine. **1ML**, 2022. Disponível em: <https://1ml.com/>. Acesso em: 21 dez. 2022.
- LOOK IN TO BITCOIN. **Bitcoin Lightning Capacity**. Disponível em: <https://www.lookintobitcoin.com/charts/lightning-network-capacity/>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- MENGER, K. On the Origin of Money. **The Economic Journal**, v. 2, n. 6, p. 239-255, jun. 1892.
- MIZRAHI, A.; ZOHAR, A. Congestion Attacks in Payment Channel Networks. **arXiv:2002.06564**, [cs], 31 jan. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2002.06564.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2023
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**. [s.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <https://assets.pubpub.org/d8wct41f/31611263538139.pdf>.
- NIELSEN, J. **Usability 101: Introduction to usability**. [S./d.]. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
- NIELSEN, J. **Why You Only Need to Test with 5 Users**. [S./d.]. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>.
- NIELSEN, J.; LANDAUER, T. K. A mathematical model of the finding of usability problems. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems - CHI '93**. 1993.
- POON, J.; DRYJA, T. **The Bitcoin Lightning Network: Scalable Off-Chain Instant Payments**. [s.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <https://www.bitcoinlightning.com/wp-content/uploads/2018/03/lightning-network-paper.pdf>.
- YAKES, E. **The Dimensions of Money**. 2021. Disponível em: <https://yakes.io/the-dimensions-of-money-2/>. Acesso em: 15 mar. 2023.