
ÁREA TEMÁTICA: [Finanças]

TÍTULO DO TRABALHO (DO EMPRÉSTIMO AO TOKEN: INOVAÇÕES DE
COMPARTILHAMENTO DE RISCO EM DEFI)



Palavras-chave: Tokenização de Crédito, DeFi, Risco Compartilhado.

1. Introdução

O avanço tecnológico ocorre de forma contínua, impulsionado pela internet e por diversas inovações. Nos últimos anos, a indústria financeira tem acompanhado esse progresso, com o surgimento de fintechs, bancos digitais e tecnologias de registro distribuído, conhecidas como DLTs (Distributed Ledger Technology) (Abdulhakeem & Hu, 2021). As DLTs consistem em bancos de dados distribuídos entre múltiplos dispositivos interconectados, denominados nós (computadores), permitindo o armazenamento seguro e transparente de informações.

As DLTs possuem características de descentralização e distribuição geográfica dos seus registros, com todas as transações sendo registradas em um livro-razão distribuído. O tipo mais conhecido de DLT são as blockchains, principalmente após o artigo de Nakamoto (2008) sobre a criptomoeda Bitcoin. As blockchains permitem a programação de contratos inteligentes e a utilização de métodos de consenso para resolver o problema de confiança. Uma vez inserida uma informação em uma blockchain, essa informação não pode ser apagada ou substituída (De Vilaca Burgos, 2017; Swan, 2015).

Essas características das blockchains permitem inúmeras aplicações, destacando-se as finanças descentralizadas (*Decentralized Finance* - DeFi), que são protocolos escritos em contratos inteligentes com o objetivo de eliminar intermediários das transações financeiras (Chen, 2019). Contratos inteligentes, ou *smart contracts*, são programas de computadores que executam automaticamente os termos de um contrato quando certas condições pré-definidas são atendidas. Eles funcionam sobre blockchains, garantindo que a execução seja transparente, imutável e sem a necessidade de intermediários.

No ecossistema DeFi, os usuários mantêm total controle sobre seus ativos e realizam transações diretamente entre si, em um modelo peer-to-peer (P2P). Um dos principais casos de uso do DeFi são as pools de liquidez (*Liquidity Pools*), que funcionam como “caixas eletrônicos” descentralizados, permitindo que investidores participem depositando pares de ativos para *swaps* ou trocas, contribuindo principalmente para o aumento da liquidez desses sistemas (Neuder, 2021). Ao depositar seus ativos, os usuários tornam-se provedores de liquidez, passando a integrar a *pool* e a gerar liquidez para ela. Em contrapartida, recebem taxas proporcionais ao volume de *swaps* realizados, de acordo com a proporção de seus ativos na *pool*.

Além disso, o ecossistema DeFi oferece diversos recursos adicionais, incluindo mercados de empréstimos com taxas reduzidas, a possibilidade de acessar ativos do mercado tradicional por meio de tokens sintéticos e um potencial significativo para a criação de novos mercados, como o de crédito com risco compartilhado.

O objetivo desse trabalho é explorar o mercado de crédito com risco compartilhado, por meio de modelo de simulação de pools de empréstimos tokenizados, simulamos o comportamento das tranches Sênior e Junior sob diferentes cenários. Os resultados demonstram que a estrutura de tranches (é uma divisão de um ativo financeiro) permite distribuir riscos de forma eficiente, oferecendo mecanismos promissores para o desenvolvimento de mercados de crédito no ecossistema DeFi.

2. Fundamentação Teórica

O estudo e a evolução das blockchains ganharam destaque após o artigo de Nakamoto (2008), que detalhou o funcionamento de um sistema de pagamento descentralizado e distribuído, chamado Bitcoin. A partir desse momento, surgiram outras blockchains, como a Ethereum, na qual é possível escrever contratos inteligentes em linguagem de programação (Buterin, 2014). Esses contratos são códigos abertos e possuem inúmeras aplicações, desde ativos digitais e aplicações descentralizadas (Dapps) até instrumentos financeiros, como as exchanges descentralizadas (DEX), que são um pilar do DeFi e são plataformas de negociação de criptomoedas de pessoa para pessoa, ou seja, sem a presença de intermediários.

Segundo Campbell et al. (2021), as finanças descentralizadas propõem solucionar problemas do sistema financeiro atual, como altos custos e burocratização. Além disso, os autores afirmam haver muitos benefícios sociais. Werbach (2021) apresenta algumas oportunidades nas finanças descentralizadas, principalmente na estrutura dos meios de pagamento. Outro texto importante é o de Grigo et al. (2020), que mostra que o DeFi não é uma coisa específica, mas uma coleção de ideias e projetos definidos para remodelar os serviços financeiros através da blockchain.

No âmbito das aplicações em DeFi, um dos primeiros trabalhos sobre pools de liquidez é o de Angeris and Chitra (2021), que analisaram o projeto da Uniswap V2 e mostraram que o lucro dos provedores de liquidez está negativamente relacionado às mudanças nos preços de mercado. Evans (2021) estendeu essa análise, apresentando que tais resultados também se verificam em outros protocolos. Posteriormente, Angeris and Chitra (2022) desenvolveram funções de lucro de provedores de liquidez em pools de liquidez com formadores de mercado de função constante (CFMMs).

Pesquisas mais recentes têm buscado estratégias de gestão de risco e hedge aplicadas a pools de liquidez. Clark (2021) descreve o perfil de risco de um provedor de liquidez e calcula a função de *impermanent loss* para protocolo DeFi Uniswap em um cenário estático. Em um experimento semelhante, Labadie (2022) e Lehar and Parlour (2023) descrevem a perda impermanente como uma função de ganhos de taxas e reequilíbrio do *pool* pelo *Automated Market Maker* (AMM).

3. Metodologia

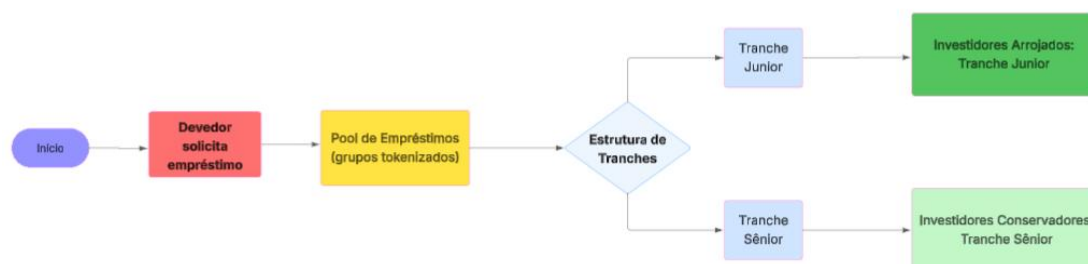


Figura 1 – Esquema do modelo de crédito compartilhado

O esquema apresentado na Figura 1 ilustra as etapas do processo de modelagem da tokenização de crédito com risco compartilhado. O processo se inicia com o tomador de empréstimo dentro de um pool de empréstimos. Em seguida, é realizada a estruturação em tranches, considerando o perfil do investidor: a tranche sênior, destinada a investidores conservadores, e a tranche júnior, voltada para investidores arrojados.

3.1 Construção dos Dados

Os dados desta pesquisa foram gerados por meio de simulações. Cada pool contém 50 empréstimos, com probabilidades de inadimplência aleatórias variando entre 1% e 10%, de forma a refletir a heterogeneidade de risco de crédito observada no mercado. As taxas de juros médias foram definidas em 5% ao ano, em linha com valores praticados em protocolos DeFi, com desvio padrão de 2% para capturar a dispersão natural dos retornos.

Os empréstimos tokenizados foram organizados em tranches Sênior e Junior. A tranche Sênior, de perfil mais conservador, corresponde ao 25º percentil dos retornos, caracterizando-se por menor risco e menor retorno. Já a tranche Junior, definida pelo 75º percentil, representa maior exposição ao risco, mas também maior potencial de retorno.

O preço dos tokens de cada tranche foi simplificado como soma de uma unidade somado ao retorno realizado, o que permite observar

diretamente o impacto da inadimplência sobre o valor de mercado dos tokens.

3.2 Simulação Monte Carlo

A simulação Monte Carlo (SMC) é uma técnica computacional que utiliza amostragem repetida de números aleatórios para estimar a probabilidades de resultados em processos incertos. A ideia central é modela um sistema onde várias variáveis possuem comportamento aleatório.

A probabilidade de inadimplência para cada empréstimo j é associada a uma probabilidade de inadimplência sorteada uniformemente no intervalo $[0.01, 0.10]$:

$$P_j \sim U(0.01, 0.10)$$

Em cada cenário i , a inadimplência do empréstimo j é modelada por uma variável de Bernoulli:

$$D_j^i \sim \text{Bernoulli}(P_j)$$

Em que $D_j^i = 1$ indica inadimplência.

O retorno de cada empréstimo segue uma distribuição normal com média 0.05 e desvio padrão de 0.02. Já o retorno realizado me o retorno efetivo do empréstimo j no cenário i , é representado por:

$$R_j^i = R_j^i(1 - D_j^i)$$

Se $D_j^i = 1$, o retorno é nulo.

Definimos a alocação de risco da tranche a partir dos retornos normalizados:

$$\text{senior}^i = \text{Percentil}_{25}(R_1 \dots R_n)$$

$$junior^i = Percentil_{75}(R_1 \dots R_n)$$

Os preços dos tokens são definidos com acréscimo de uma unidade do retorno da tranche:

$$P_{Senior}^i = 1 + Senior^i$$

$$P_{junior}^i = 1 + Junior^i$$

As estatísticas finais, média e desvio padrão de cada tranche após as N simulações, podem ser escritas como uma distribuição dos retornos:

$$\mu_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R^i$$

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_k^i - \mu_k)^2}$$

Para $k \in \{Senior, Junior\}$

36° ENANGRAD

4. Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados preliminares são apresentados em um painel integrado com a análise de Boxplot, Scatter risco-retorno e Histograma de retornos.

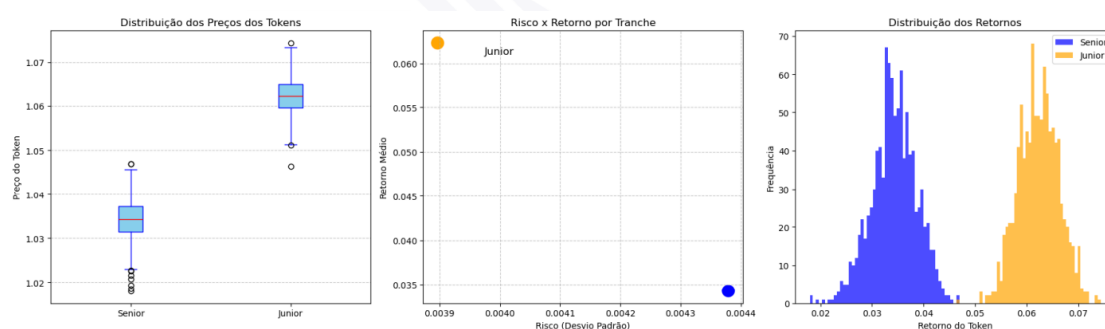


Figura 2: Análise integrada de boxplot, scatter e histograma

A Figura 2 oferece uma visão abrangente da simulação. Na distribuição dos preços dos tokens (Boxplot), observa-se que o preço do tranche Sênior é mais concentrado, variando entre 1,02 e 1,05. Além disso, há poucos outliers, indicando que o tranche Sênior é mais estável e apresenta menor risco de grandes perdas. Em contraste, os preços do tranche Júnior apresentam maior variação, entre 1,05 e 1,07, evidenciando maior dispersão e risco, mas também potencialmente maior retorno.

A análise por Scatter revela o trade-off entre risco e retorno, mostrando um resultado interessante: o tranche Júnior apresenta retorno mais elevado e risco ligeiramente inferior ao do tranche Sênior. Esse fenômeno pode ser explicado pela estrutura dos percentis utilizada na simulação.

Por fim, ao examinarmos a distribuição dos retornos, nota-se que a concentração do tranche Sênior está em torno de 0,03 a 0,04, com distribuição estreita, refletindo menor volatilidade. Já para o tranche Júnior, a concentração situa-se entre 0,06 e 0,07, com distribuição mais ampla, indicando maior variabilidade nos retornos.

5. Conclusão e Contribuições

Neste estudo, simulamos uma nova modalidade de crédito no ecossistema DeFi. Os resultados indicam que a tokenização permite segmentar investidores com diferentes perfis de risco, de modo que os tranches Júnior capturam retornos mais elevados e extremos, enquanto os tranches Sênior oferecem proteção contra perdas.

Visualmente, os três painéis combinados apresentam de forma integrada preço, risco e retorno, permitindo comparar claramente como o risco é distribuído entre os diferentes tranches.

Futuros estudos podem explorar diferentes dimensões desta pesquisa. Primeiramente, seria interessante analisar a tokenização de crédito com tranches em ambientes DeFi reais, utilizando dados de pools e protocolos existentes, para validar os resultados da simulação. Além disso, pode-se investigar estratégias de hedge dinâmico e alocação de liquidez para otimizar o trade-off entre risco e retorno de tranches Sênior e Júnior.

Outra linha de pesquisa relevante envolve a aplicação de modelos de machine learning para prever padrões de inadimplência ou identificar tranches com maior potencial de retorno, considerando variáveis de mercado e comportamento de investidores. Por fim, é possível estudar o impacto de choques exógenos, como crises de liquidez ou mudanças regulatórias, sobre a estabilidade e rentabilidade dos tranches, oferecendo insights para o desenho de produtos financeiros mais resilientes no ecossistema DeFi.

36º ENANGRAD

Referências Bibliográficas

Abdulhakeem, S.A., Hu., Q., 2021. Powered by blockchain technology, defi (decentralized finance) strives to increase financial inclusion of the unbanked by reshaping the world financial system.

Adams, H., Z.N., Robinson, D., 2018.Uniswap.
<https://uniswap.org/whitepaper.pdf>.

Aigner, A., D.G., 2021.Impermanent loss and risk profile of a liquidity provider. <https://arxiv.org/abs/2106.14404> .

Angeris, G., Chitra, T.E., 2021. An analysis of uniswap markets. ryptoeconomic Systems .

Angeris ,G., Chitra, T.E., 2022. When does the tail wag the dog? curvature and market making.

Buterin, V., 2014.A next generation smart contract decentralized application platform. <https://whitepaper.io/document/5/ethereum-whitepaper> .

Campbell, R.H., Ramachandran, A., Santoro, J., 2021. Defi and the future of finance. National Bureau of Economic Research .

Chen, Yan; BELLAVITIS, C., 2019. Blockchain disruption and decentralized finance: The rise of decentralized business models. Journal of Business Venturing Insights .

Clark, J., 2021. The replicating portfolio of a constant product market with bounded liquidity. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3898384> .

De Vilaca Burgos, A., 2017. Distributed ledger technical research in central bank of brazil. Report, Central Bank of Brazil .

Evans, A., 2021.Liquidity provider returns in geometric mean makets.
<https://doi.org/10.21428/58320208.56ddae1b> .

Grigo, J., Hansen, P., Patz, A., 2020. Decentralized finance (defi) - a new fintech revolution? www.bitkom.org .

Heimbach, L., Sshertenleib, E., Wattenhofer, R., 2022. Risks and returns of uniswap v3 liquidity providers. 4th ACM Conference on Advances in Financial Technologies. .

Labadie, M., 2022. Impermanent loss and slippage in automated market makers (amms) with constant-product formula. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4053924> .

Lehar, A., Parlour, C.A., 2023. Decentralized exchange: The uniswap automated market maker. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3905316> .

Nakamoto, S., 2008. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Neuder, M.e.a., 2021. Strategic liquidity provision in uniswap v3.arXiv preprint ar- Xiv:2106.12033, 2021.

Re'millard, B., Rubenthale, S., 1996. Option pricing and hedging for regime-switching geometric brownian motion models. <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2309.07121> .

Swan, M., 2015. Blockchain: Blueprint for a new economy. O'Reilly Media .

Werbach, K., 2021. Defi beyond the hype:the emerging world of decentralizedfinance. The Whar- ton School .

36° ENANGRAD