



08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

FINTECH NA BOLSA: UM ESTUDO DE CASO USANDO O MÉTODO EULER-MARUYAMA

Nayara Thaiza Pereira Soares¹ - nayarathaiza@gmail.com

Marianna Leandra Mendes da Silva¹ - mariannaleandra@gmail.com

Tatiane dos Reis Amaral² - tatianeramaral@gmail.com

¹Ciência da Computação - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Montes Claros, MG, Brazil

²Docente - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Montes Claros, MG, Brazil

Resumo. *Este artigo descreve o uso do método numérico Euler-Maruyama para análise das Financial Software as a Service (FSaaS), que se baseiam na Arquitetura Orientada a Serviços (SOA). O texto apresenta um estudo de caso de uma empresa (Fintech) que utiliza FSaaS e recentemente entrou na bolsa de valores, a PagSeguro. São apresentados os resultados e um diagnóstico final dos preços das ações gerados pelo método proposto em comparação ao preço real. Neste contexto, será mostrado graficamente que o método Euler-Maruyama possui uma boa aproximação quando em análise de amostras pequenas.*

Keywords: *Service oriented architecture (SOA), Fintech, Financial software as a service (FSaaS), Euler-maruyama*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade por serviços de computação que exigem alta velocidade e alta precisão do sistema, como as complexas nuvens financeiras de larga escala, cresce exponencialmente. Para fazer o gerenciamento de softwares de larga escala na nuvem, são utilizados componentes de software cujo objetivo é gerar uma entidade que possa se adaptar ao ambiente exigido de forma rápida e fácil (Chang & Ramachandran, 2014).

Pensando nisso, *Financial Software as a Service (FSaaS)*, que são nuvens financeiras baseadas na Arquitetura Orientada a Serviços (do inglês *Service Oriented Architecture - SOA*), são criadas. As FSaaS utilizam métodos como Euler-Maruyama para fazer análise de bolsas de valores e tentar prever quedas ou altas. Assim, este trabalho utiliza o método que as FSaaS usam para fazer determinados cálculos financeiros.

A arquitetura orientada a serviços é uma forma de arquitetura de software que está intrinsecamente ligada ao conceito de serviço. Serviço dentro deste contexto pode ser caracterizado como uma aplicação de um sistema que é disponibilizado para outro sistema. Estes ainda devem ser independentes e possuir uma interface bem definida (Erl, 2005).

A SOA é uma forma de arquitetura de tecnologia que adere aos princípios da Computação Orientada a Serviço (do inglês *Service-Oriented Computing* - SOC) para garantir uma maior eficiência nos serviços oferecidos. Quando realizada através da plataforma de tecnologia *Web Services*, a SOA estabelece o potencial para suporte e promove esses princípios ao longo do processo de negócios e automação dos domínios de uma empresa (Erl, 2005).

Os serviços web, considerado uma tipificação da Arquitetura Orientada a Serviço, tem como objetivo a comunicação de aplicações por meio da internet, garantindo a interoperabilidade entre diferentes sistemas.

Segundo Murakami (2006), a diferença entre SOA e Serviços Web é que a SOA representa algo arquitetural abstrato, uma abordagem de construção de sistemas de software baseados em componentes com baixo acoplamento, já os *Web Services* representam uma abordagem para realizar SOA.

O FSaaS — que em tradução literal é visto como Software Financeiro como Serviço — é uma especificação do *Software as a Service (SaaS* - Software como serviço), modelo de computação em nuvem que permite aos usuários usarem aplicativos/sistemas em execução em uma infraestrutura na nuvem acessíveis por uma interface de programa ou interface *thin client*, como um navegador web, por exemplo (Mell et al., 2011).

Os FSaaS têm ganhado destaque no mundo com o desenvolvimento de *fintechs* (tecnologia financeira) que é bastante semelhante ao conceito de startups, diferenciando-se apenas por ser voltada ao setor financeiro. Um exemplo bastante comum de *Fintech* seria o Nubank, startup que proporciona cartão de crédito sem anuidade e que permite aos usuários total controle do cartão via aplicativo para celular.

A computação em nuvem geralmente utiliza serviços Web para possibilitar interfaces Web (APIs) para acesso aos seus serviços. Serviços Web são classificados como uma instancia da Arquitetura Orientada a Serviços, que de acordo com Ma (2005) é basicamente uma arquitetura cliente-servidor em um novo contexto.

O objetivo do presente artigo é apresentar os resultados obtidos após testes usando o método Euler-Maruyama para análises da previsão do crescimento e quedas na bolsa de valores da PagSeguro, *fintech* escolhida para compor o estudo de caso apresentado.

2. O MÉTODO DE EULER-MARUYAMA

Leonhard Paul Euler foi um matemático e físico suíço do século XVIII que é considerado, assim como Newton, Arquimedes e Gauss, um dos grandes matemáticos de todos os tempos. Ele contribuiu significativamente em áreas como cálculo, teoria dos grafos, análise matemática e mecânica, realizando várias descobertas que são consideradas de grande relevância (Dunham, 1999). Já o matemático japonês do século XX Gisiro Maruyama ficou conhecido por sua grande contribuição no estudo de processos estocásticos (Tanaka, 1988).

O método de Euler-Maruyama, cujo nome homenageia os dois matemáticos citados, Euler e Maruyama, é uma generalização do método de Euler utilizado para encontrar aproximações da solução numérica de equações diferenciais ordinárias (EDOs), é usado para encontrar a solução numérica aproximada de uma equação diferencial estocástica (EDE).

As equações diferenciais estocásticas são equações onde um ou mais termos são processos estocásticos. Esses, por sua vez, são objetos matemáticos cuja definição é dada como uma coleção de variáveis aleatórias (Doob, 1990). Os processos estocásticos são um conjunto de variáveis aleatórias que são utilizadas para representar a evolução de sistemas que variam com

o tempo. Isso motivou extensivamente o uso desse tipo de processo nos mercados financeiros, dado a incerteza que estes possuem (Steele, 2012; Shreve, 2004).

Existem versões em que o cálculo estocástico pode ser feito, dentre elas está o cálculo denominado de Itô, que amplia os métodos para realizar o cálculo dos processos estocásticos explicados anteriormente. Entre suas aplicações importantes está as finanças matemáticas (Bichteler, 2002).

A difusão Itô é um processo contínuo $X : [0, +\infty) \times \Omega \rightarrow R^n$ que satisfaz a seguinte equação diferencial estocástica:

$$dX_t = \mu(X_t)dt + \sigma(X_t)dB_t \quad (1)$$

onde μ e σ são constantes, sendo μ é estritamente positiva e $\sigma \geq 0$, $B := \{B_t : 0 \leq t \leq T\}$ é o movimento browniano (processo Wiener) – processo estocástico de tempo contínuo que estuda a aleatoriedade de partículas, sendo no presente artigo o comportamento do preço das ações – em um intervalo finito $[0, T]$ (Peter Morders, 2008). Com condição inicial $X_0 = x_0$ e o tempo variando em $[0, T]$, o processo estocástico será aplicado na modelagem do preço de ações levando em consideração a volatilidade do mercado financeiro. O método de Euler-Maruyama é utilizado devido ao fato de que a aproximação mais simples e discreta para um processo Itô é feita com ele.

3. O MÉTODO DE EULER-MARUYAMA APLICADO NA ANÁLISE DE FSaaS's

As FSaaS vêm ganhando espaço no mundo, apesar de ainda serem desconhecidas por muitos. As *fintechs* estão em busca de crescimento, e com isso avaliam a possibilidade de entrarem na bolsa, inclusive, *fintechs* brasileiras como o Banco Agibank — antigamente conhecido como antigo Agiplan e agora 100% digital — já deram indícios de uma possível *Initial Public Offering* (IPO - Oferta Pública Inicial) ainda no presente ano. O Banco Inter, também 100% digital, recentemente estreou na bolsa de valores, sendo considerada como a primeira *Fintech* a abrir capital na bolsa de valores oficial do Brasil, a B3, que é oriunda da junção da BM&FBovespa e da Cetip em março de 2017 (Philippon, 2016; Gomes, 2018; B3, 2018).

3.1 Estudo de caso

Focando no Brasil, que conta com alguns FSaaS, como o Nubank e o Vindi (startup de pagamentos online), será apresentado um estudo de caso aplicando o método Euler-Maruyama, que é utilizado em algumas nuvens financeiras, na FSaaS brasileira PagSeguro, que recentemente entrou para a bolsa de valores de Nova Iorque.

O PagSeguro, *fintech* do grupo UOL, ganhou espaço no mercado e é conhecido como uma das maiores soluções de compras e vendas online e é líder de mercado no Brasil (PagSeguro, 2018).

No presente ano (2018), o PagSeguro movimentou a bolsa de valores Nova-Iorquina com sua oferta inicial de ações (IPO), arrecadando cerca de 2,3 bilhões de dólares, vendendo as ações no valor de US\$ 21,50 (vinte e um dólares) cada, superando a faixa de preço estimada que estava entre US\$ 17,50 a US\$ 20,50 (Bloomberg, 2018).

Abaixo foi realizada duas análises com diferentes tamanhos de amostras de tempo da *fintech* escolhida e subsequentemente apresentado seus respectivos gráficos. Os dados apresentados (exceto μ e σ que foram calculados) são do site Bloomberg (2018). Aplicando o método Euler-Maruyama, pode-se observar um perfil no preços das ações, entretanto, como se é trabalhado

com variáveis aleatórias, essas estimativas podem variar, com um pequeno percentual de erro. Todos os teste foram executados no software científico para computação numérica Scilab.

Na primeira análise é utilizado o período de 20 dias como amostra e o algoritmo é executado até obter uma solução satisfatória. É possível perceber na Fig. 1 que o gráfico gerado através do método Euler-Maruyama obteve um bom resultado quando comparado com gráfico original, com valores bastante aproximados.

Análise I:

- Período da análise: 24/01/2018 a 21/02/2018 - 20 dias úteis
- Tamanho do passo temporal (dt): 0.1
- Tamanho da amostra: 20
- Número de simulações: 20
- $X_0 = US\$ 29,20$
- Esperança de uma variável aleatória: $\mu = 1.967932632$
- Desvio padrão: $\sigma = 1.402840222$

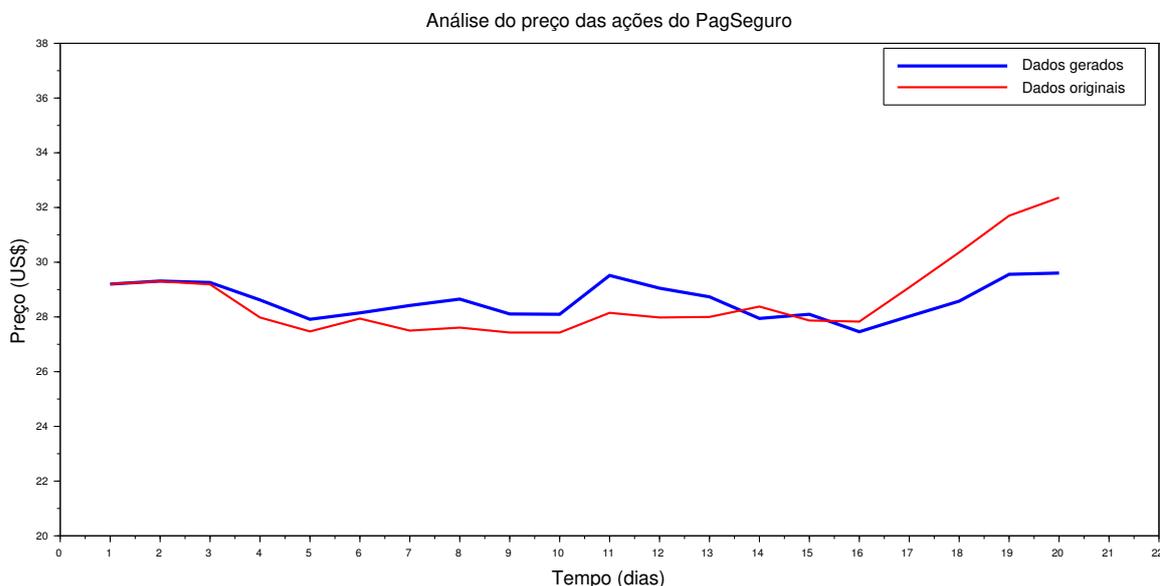


Figura 1- Análise I da bolsa de valores do PagSeguro com o método Euler-Maruyama

Na segunda análise, a amostra utilizada possui um tamanho quase cinco vezes maior quando comparada com a primeira (note que esta amostra contém os dados da primeira amostra acrescido de novos dados), e, seguindo o mesmo procedimento da análise anterior, os gráficos original e gerado pelo algoritmo na Fig. 2 são apresentados. Contudo, os resultados obtidos dessa vez não possuem uma aproximação em tal grau quanto na Análise I. É possível, por exemplo,

visualizar na figura picos no gráfico dos dados gerados enquanto no gráfico original houve quedas. Ainda assim, os gráficos possuem alguns pontos em comum.

Análise II:

- Período da análise: 24/01/2018 a 13/06/2018 - 98 dias úteis
- Tamanho do passo temporal (dt): 0.1
- Tamanho da amostra: 98
- Número de simulações: 20
- $X_0 = US\$ 29,20$
- Esperança de uma variável aleatória: $\mu = 8.79248$
- Desvio padrão: $\sigma = 2.96521$

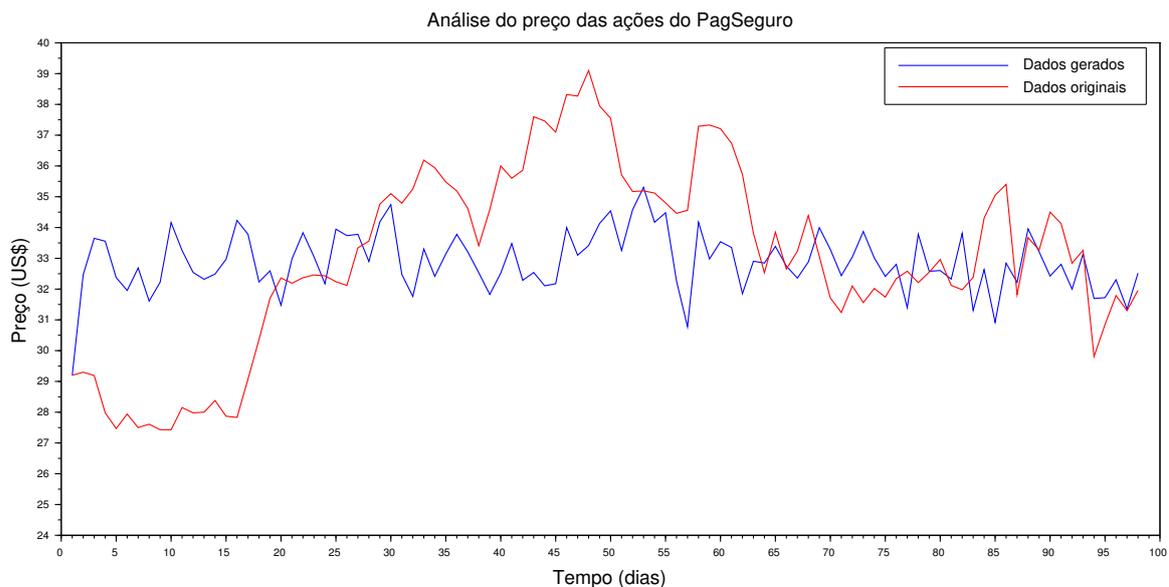


Figura 2- Análise II da bolsa de valores do PagSeguro com o método Euler-Maruyama

Após gráficos apresentados, visualiza-se que em amostras menores o resultado obtido possui uma melhor aproximação. Isso pode ser notado quando ressalta-se que a segunda amostra abrange os dados da primeira amostra e no entanto, nas duas figuras os gráficos gerados possuem anatomia diferentes. O fato supracitado é decorrente da volatilidade do método Euler-Maruyama que trabalha com variáveis aleatórias (Raffo Lecca & Mejía Puente, 2006).

4. CONCLUSÃO

Neste artigo foi possível realizar o estudo de caso da PagSeguro, um FSaaS baseado na Arquitetura Orientada a Serviços. Após a definição formal do problema, o método utilizado para

fazer uma aproximação da equação diferencial estocástica apresentada foi o método de Euler-Maruyama (esse mesmo método também é utilizado na implementação das próprias soluções FSaaS para cálculos na nuvem financeira).

Em análise aos gráficos e ao tamanho das amostras de dados é presumível que resultados mais precisos são obtidos através de amostras de períodos menores, devido a fatores supracitados e uma menor variação do valor das ações.

Destaca-se também sobre a SOA, herdada da Computação Orientada a Serviço e o FSaaS, uma nova tática que atua na nuvem com foco no universo financeiro, oriundo do modelo de distribuição e comercialização de software como serviço (SaaS). No presente artigo foi feita uma síntese do FSaaS atrelada aos Serviços Web e a um método de cálculo usado no mercado financeiro. Devido a vasta profundidade do assunto, alguns elementos como segurança e funcionamento interno foram abstraídos, visto que estes são derivados de outros elementos/arquiteturas que delongariam a execução do foco do artigo.

REFERÊNCIAS

- B3 (2018). B3: O resultado da combinação entre a bmfbovespa e a cetip. http://www.b3.com.br/pt_br/. Acesso : 2018 – 06 – 13.
- Bichteler, K. (2002). *Stochastic integration with jumps*, volume 89. Cambridge University Press.
- Bloomberg (2018). Pageseguro digital ltd - pags:us. <https://www.bloomberg.com/quote/PAGS:US>. Acesso: 2018-02-21.
- Chang, V. and Ramachandran, M. (2014). A proposed case for the cloud software engineering in security. In *Proceedings of the International Workshop on Emerging Software as a Service and Analytics, ESaaS 2014-In Conjunction with CLOSER 2014*, pages 71–79.
- Doob, J. (1990). *L. stochastic processes*, copyright, 1953 by john wiley & sons, inc.
- Dunham, W. (1999). Euler (dolciani mathematical expositions). p. 17.
- Erl, T. (2005). Service-oriented architecture (soa): concepts, technology, and design.
- Gomes, D. (2018). Ipo do agibank: Guia de ipos brasileiros na bovespa. <https://saasholic.com/ipo-agibank-b3-fintech-7ec661d5e9e>. Acesso: 2018-06-13.
- Ma, K. J. (2005). Web services: what's real and what's not? *IT professional*, 7(2):14–21.
- Mell, P., Grance, T., et al. (2011). The nist definition of cloud computing.
- Murakami, E. (2006). *Uma infra-estrutura de desenvolvimento de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão*. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
- PagSeguro (2018). Sobre o pagseguro. <https://pagseguro.uol.com.br/sobre/>. Acesso: 2018-02-21.
- Peter Morters, Y. P. (2008). Brownian motion. <https://www.stat.berkeley.edu/peres/bmbook.pdf>.
- Philippon, T. (2016). The fintech opportunity. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Raffo Lecca, E. and Mejía Puente, M. (2006). Aplicaciones computacionales de las ecuaciones diferenciales estocásticas. *Industrial Data*, 9(1).
- Shreve, S. E. (2004). *Stochastic calculus for finance II: Continuous-time models*, volume 11. Springer Science & Business Media.
- Steele, J. M. (2012). *Stochastic calculus and financial applications*, volume 45. Springer Science & Business Media.
- Tanaka, H. (1988). Professor gisiro maruyama, in memoriam. *Lecture Notes in Mathematics*. Springer Berlin / Heidelberg.

FINTECH IN STOCK EXCHANGE: A CASE STUDY USING THE EULER-MARUYAMA METHOD

Abstract. *This paper describes the use of the Euler-Maruyama numerical method for the analysis of FSaaS - Financial Software as a Service, which is based on Service Oriented Architecture (SOA). The text presents a case study of a company (Fintech) that uses FSaaS and recently entered the stock exchange, PagSeguro. The results and a final diagnosis of the stock prices generated by the proposed method are presented in comparison with the actual price. In this context, we show graphically that the Euler-Maruyama method has a good approximation when analyzing small samples.*

Keywords: Service Oriented Architecture (SOA), Fintech, Financial Software as a Service (FSaaS), Euler-Maruyama