



EVENTO

AI FRONTIERS



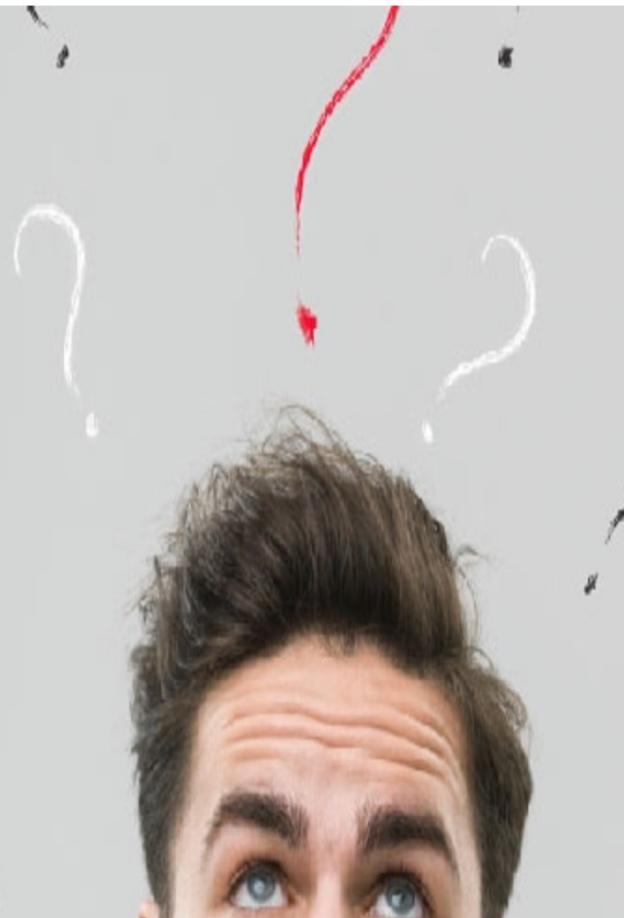
COMPUTAÇÃO QUÂNTICA E FINANÇAS QUANTITATIVAS

QUEBRANDO BARREIRAS DE
PROBLEMAS DE ALTA
COMPLEXIDADE

Luiz Fernando Ohara Kamogawa
Head Financial @ Semantix



- A presente apresentação tem o objetivo primário, apresentar para um público já introduzido ao tema de finanças quantitativas como a computação quântica pode alavancar a resolução de **desafios complexos de finanças**.
- Objetivo secundário é apresentar **ao público não especializado** os principais conceitos de computação quântica e suas propriedades em relação a computação clássica.
- Os comentários e materiais apresentados são de responsabilidade exclusiva do seu autor e não representa diretamente a opinião da Semantix ou da A2AI.



COMPLEXIDADE COMPUTACIONAL

Um problema é **computável** quando é possível de resolução através de um **conjunto finito** de instruções matemáticas denominados **algoritmos**.

Um mesmo problema pode ser resolvido por diferentes algoritmos, alguns de forma mais eficiente que o outro conforme o problema.

Porém... independente do algoritmo utilizado existe problemas altamente **complexos**. Problemas que demandam **tempo e/ou volume** de armazenamento para sua resolução.

A **restrição** de tempo, **alto** volume de armazenamento tornam alguns **problemas não solucionáveis** de acordo com os paradigmas atuais computacionais.

A COMPUTAÇÃO CLÁSSICA

Computação clássica está construída em sequências binárias (**bits de “0” e “1”**).

A **unidade (espaço) de armazenamento** dessas sequências é denominada **memória**. Podendo ela ser **volátil** (RAM) ou **permanente** (HD).

Baseado nessa conceito de sequencias binárias e processos de memória foram construídas camadas e camadas de algoritmos para resolução de problemas do nosso dia a dia.

A evolução do hardware e novos algoritmos permitem a resolução de problemas cada vez mais complexos e com menor custo.

Mas... sempre **limitado a restrição do modelo binário** (2^n)!



HARDWARE BINÁRIO MODERNO

Os sistemas computacionais modernos são uma combinação de hardwares (máquinas), sistemas operacionais, aplicações em programas e interfaces de usuários.

Suas bases remontam do início dos anos 1900, porém, seu principal avanço ocorre nos **anos 1950**.

O hardware binário é uma orquestração entre processadores, dispositivos de memória, armazenamento e dispositivos periféricos.

Nesses hardware, a solução dos problemas ocorre através da transmissão de corrente elétrica utilizando os **transistores que replicam os estados 0 ou 1**.

Os transistores, por sua vez, compõe os chamados **circuitos integrados que vêm ser a base do desenvolvimento dos microchips**.

Esses microchips fazem o processamento das sequencias binárias.



O QUANTUM

Teoria Quântica, formalizada por Max Planck in **1900!**, provou através de experimentos, que a energia pode ser quantificada através de pequenas **estruturas granulares** ou **quanta**.

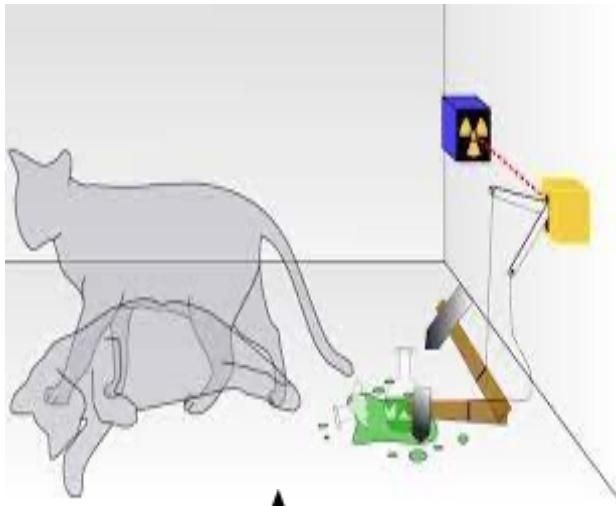
QUANTUM é a divisão de qualquer grandeza. Pequena porção de qualquer grandeza.

A partir dos experimentos de Planck, constrói-se todo um arcabouço matemático para a resolução de problemas da física.

Computação Quântica é o ramo da computação dedicado a **resolução de problemas computacionais utilizando os princípios quânticos**.

Dois princípios são essenciais: **sobreposição e entrelaçamento**.

SOBREPOSIÇÃO

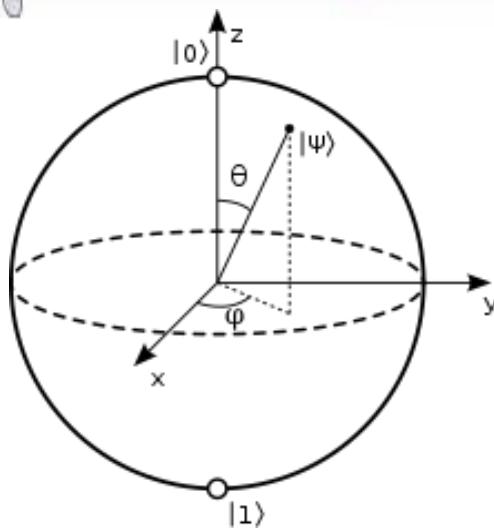


É a propriedade de **coexistência** dos estados.

Estes estados são **independentes** ou **ortogonais** entre si.

Um presente estado é a combinação linear destes diferentes estados coexistentes.

Um **bit quântico (qubit)** é uma sobreposição do estados $\{|0\rangle, |1\rangle\}$.



Em finanças, o princípio da sobreposição pode ser analogamente aplicado na equação de **Black-Scholes-Merton**, amplamente utilizada para o apreçamento de derivativos.



ENTRELAÇAMENTO

Fenômeno físico onde duas partículas, no momento da sua criação, criam uma interação que faz com que o **estado de uma partícula não pode ser explicado de forma independente da outra**.

A relação é tão forte ao ponto que **conhecer a informação de um estado implica diretamente conhecer o estado do outro não importando a distância entre eles**.

Tal fenômeno cria um **paradoxo** para mecânica quântica mais ortodoxa. Apesar da controvérsia, o fenômeno foi comprovado através de séries de experimentos e formalizada por John Bell (1964).

E em termos práticos, **a possibilidade da conjugação da propriedade da sobreposição, aliada ao entrelaçamento cria caminhos impensáveis para a computação clássica**.



HARDWARE QUÂNTICO

O desenvolvimento **do hardware quântico é um trabalho em progresso** e cada vez mais próximo de aplicações reais.

Dos diversos frameworks em teste aponta como promissor a utilização dos **traps de íons e neutrons**, entre outros como o baseado em **elementos presentes nos diamantes**, com uso dos princípios de **hipercondutividade**.

Os desafios estão na demonstração da capacidade desses hardwares replicar os princípios da computação quântica, bem como no desenvolvimento do **compiladores** para organizar as instruções com a ‘saída’ do hardware.

Outro campo de desenvolvimento decorre da própria característica do método que é a **perda de coerência** na manipulação dos qubits.



APRIL 21, 2022

New hardware created by Stanford team shows a way to develop delicate quantum technologies based on tiny mechanical devices

By bringing the benefits of mechanical devices into the quantum realm, Stanford researchers aim to create advanced computing and sensing devices.

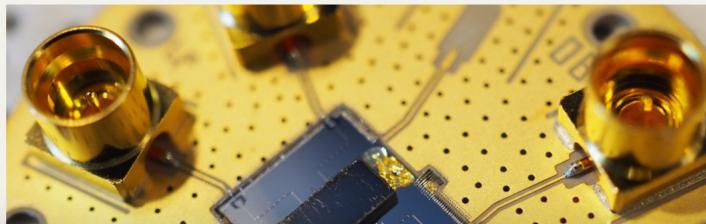


BY ADAM HADHAZY

Stanford University researchers have developed a key experimental device for future quantum physics-based technologies that borrows a page from current, everyday mechanical devices.



Reliable, compact, durable, and efficient, acoustic devices harness mechanical motion to perform useful tasks. A prime example of such a device is the mechanical oscillator. When displaced by a force – like sound, for instance –





Black and Scholes (1973)

$$dX(t) = \mu X(t)dt + \sigma X(t)dB(t)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0$$

Vasicek (1977)

$$r_t = r_0 e^{-at} + b(1 - e^{-at}) + \sigma e^{-at} \int_0^t e^{as} dW_s.$$

$$dr_t = a(b - r_t) dt + \sigma dW_t$$

Markowitz (1952)

$$E(R_p) = \sum_i w_i E(R_i)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_i w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij},$$

$$E(R_C) = R_F + \sigma_C \frac{E(R_P) - R_F}{\sigma_P}.$$

Ramsey (1928)

$$\max_c U_0 = \int_0^\infty e^{-(\rho-n)t} u(c) dt$$

$$\text{subject to } c = f(k) - (n + \delta)k - \dot{k}$$

$$\dot{c} = -\frac{u_c(c)}{c \cdot u_{cc}(c)} [f_k(k) - \delta - \rho] \cdot c$$

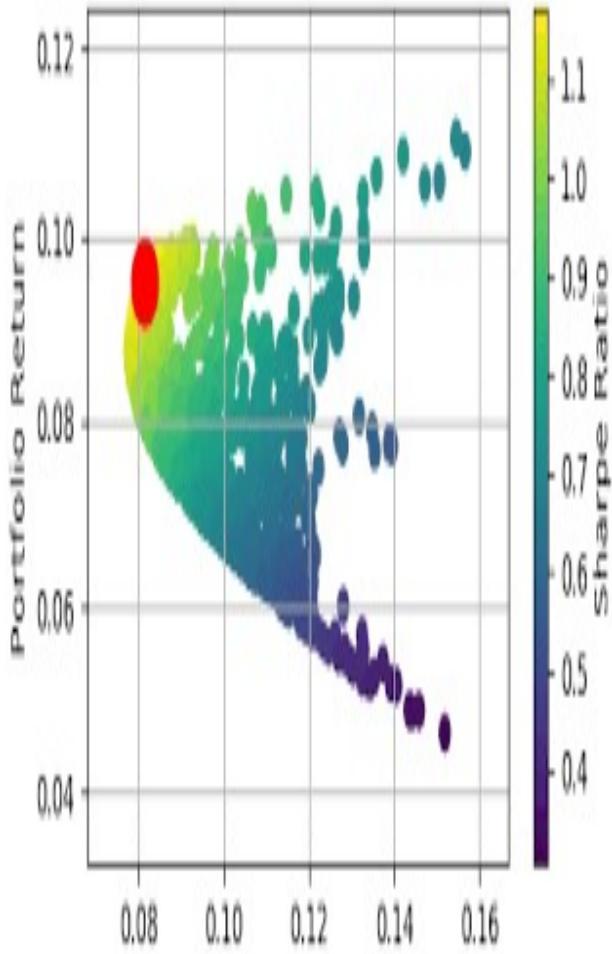
FÍSICA QUÂNTICA E FINANÇAS

Curiosamente, os principais arcabouços de modelagem econômica e financeira são **formalizações da retórica**, ou seja, diferente de uma abordagem estatística, **não é baseada em amostras de dados**.

Para esta formalização, é comum o uso de **abordagens matemáticas originalmente aplicadas para a solução de problemas da física**, em especial oriundos da mecânica.

De forma geral, podemos imaginar **uma economia como um conjunto de agentes maximizadores do seu interesse**, que baseado no conjunto de percepções presentes, tomam decisões de consumo, poupança e investimento que impactam no valor dos ativos, produto, emprego, juros e inflação.

Os princípios para a integração, formalização e projeção destes indicadores são formalizados como **processos estocásticos trazidos a valor presente**. Diretamente **adaptável para o arcabouço da mecânica quântica**.



GERENCIAMENTO PORTFÓLIO

Modelo Atual: modelo atual são derivações do modelo de Markowitz onde um '**envelope' dos interesses individuais** indicam que o portfólio ótimo é aquele que minimiza a **relação entre retorno esperado e o nível de risco do portfólio.**

O Problema: o 'envelope' assume taxa de juros e apetite ao risco constantes. **A maximização do modelo variância/covariância, em si, já é um desafio.** Uma maximização levando em consideração o comportamento dos indivíduos e sua relação com mercado de moeda demanda um **modelo de equilíbrio-geral** hoje possíveis em pesquisas acadêmicas ou em ensaios.

Aplicações com Uso Computação Quântica: uso de computação quântica pode permitir construção desses modelos para processamento em intervalos menores e mais próximos ao *timming* de mercado.



Related Companies

Goldman Sachs >

QC Ware >

Lead Channel

Markets >

Channels

Cloud >

Keywords

Quantum Computing >

Editorial | what does this mean?

Goldman Sachs makes quantum breakthrough

30 April 2021



22



27



8



Goldman Sachs is claiming a quantum computing breakthrough, designing algorithms it says could be used on hardware that may be available in as little as five years.

The bank has been working with Silicon Valley startup QC Ware for the past couple of years to investigate the use of quantum algorithms in finance, exploring how the technology will eventually outperform classical computers for finance applications.

Researchers at the two firms have been looking at how quantum computing can be tapped for the Monte Carlo algorithm used to evaluate risk and simulate prices for a variety of financial instruments.

Using traditional hardware, the complex calculations needed for Monte Carlo are typically executed once overnight, which means that in volatile markets, traders are forced to use outdated results.

Researchers have long known that quantum algorithms can perform Monte Carlo simulations 1000x faster than classical methods but that this would require error-corrected quantum hardware projected not to be available for 10 to 20 years.

A small rectangular banner for WSO2 featuring a hand cursor pointing at a button labeled "Free E-book". Below the button is the WSO2 logo.

WSO2

An advertisement for finuevo DIGITAL. It shows a smartphone displaying the finuevo mobile app interface. To the right, the word "finuevo" is written in pink, with "DIGITAL" in a smaller box below it. Below the phone, the text "...and multiple benefits!" is followed by a bulleted list: "Single codebase", "Seamless experience", and "Powerful UX design".

finuevo
DIGITAL

...and multiple benefits!

- Single codebase
- Seamless experience
- Powerful UX design

XProfile Software

An advertisement for The EBAday Series. It features a dark background with a large purple abstract shape. The text "The EBAday Series" is at the top, followed by "Network. Debate. Strategy." Below that, the text "Why 2022 will be the year digital payments dominate" is displayed. At the bottom, it says "31 May - 01 June 2022 Vienna, Austria".

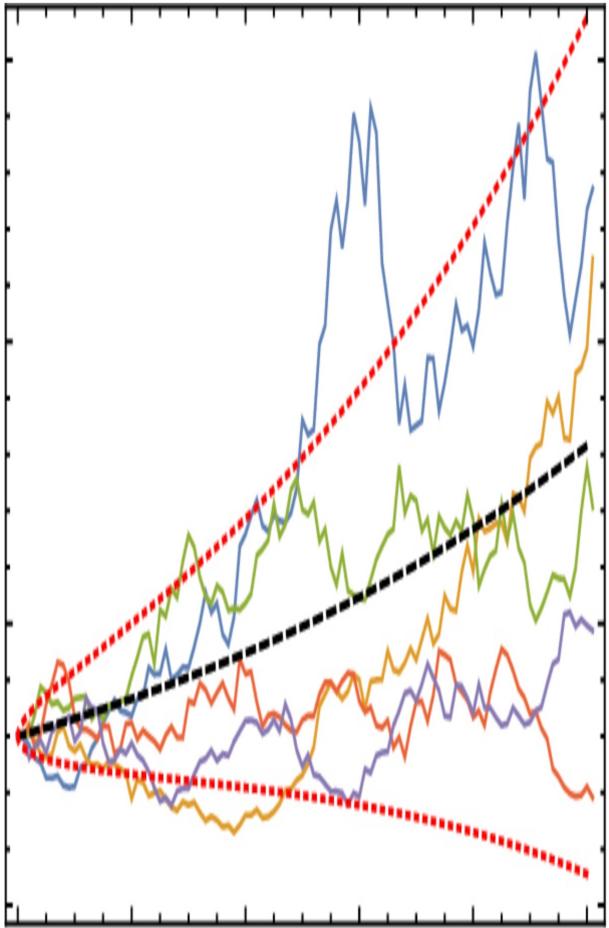
The EBAday Series

Network. Debate. Strategy.

Why 2022 will be the year digital payments dominate

31 May - 01 June 2022 Vienna, Austria

APREÇAMENTO DERIVATIVOS



Modelo Atual: modelo atual são derivações do modelo de **Black-Vasicek-Merton-Scholes** com o conceito de preço baseado no custo de composição de um **portfólio equivalente em suas parcelas de risco (hedged)**. Em cada mercado é assumido um processo estocástico que serve de base para o modelo de apreçamento.

O problema: os modelos assumem simetria de informação, mercado competitivo, simetria de interesses, ausência de custos de transação. Introdução de novos componentes **CVA, XVA, DVA** altera o valor do ativo de acordo com os interesses da instituição. **Arcabouço** presente permite apenas a apuração ex-post dos componentes. **Calibração de um modelo considerando as microestruturas (ex: custos, assimetrias)** é apenas explorado academicamente.

Aplicações com Uso Computação Quântica: uso de computação quântica pode permitir a **calibração de frameworks mais completos e a inferência desses modelos em tempo-real**.

A quantum step for derivatives pricing

In its latest work on quantum computing, Goldman Sachs has introduced a quantum algorithm to compute the market risk of derivatives. The bank is applying quantum amplitude estimation (QAE), an algorithm with the potential to achieve a quadratic speed-up for applications classically solved through Monte Carlo simulations.

In a [paper](#) published in November, Goldman Sachs and IBM researchers use a quantum method to calculate Greeks. The method looks to assess the advantage gained from using quantum computing, and finds that QAE can reduce the required computer clock rate by about 50 times.

Together with academic and industry collaborators, the bank's previous research includes [developing](#) two new designs of algorithms for amplitude estimation. The work delivered improvements to a key subroutine of these algorithms called low depth amplitude estimation, reducing hardware requirements. The subroutine was [benchmarked](#) on quantum hardware available today – a trapped ion quantum computer.

Nikitas Stamatopoulos, vice-president in quantum computing research and development at Goldman Sachs, says the bank's research "connects theoretical quantum advantages to large and valuable problems across finance".

For example, he says, "we [published](#) an end-to-end algorithm for path-dependent derivative pricing and estimated the quantum computer specifications that would be needed for that problem." Pricing of autocallables and target accrual redemption



Need for speed

Machine learning is widely used across the financial industry, from credit risk modelling to regulatory stress-testing, anti-money laundering to liquidity risk. The potential for quantum computing to turbo-charge the technique has led banks such as Bank of America, HSBC, JP Morgan and Standard Chartered to explore quantum machine learning for various tasks, including derivatives pricing and fraud detection.

"We are very interested in the machine learning speed-ups from quantum computing," says Jon Dee, managing director in JP Morgan's equities quantitative research team. "Those could eventually absolutely see production use."

JP Morgan's technologists have deep pockets: the bank has committed to spend \$12 billion on fintech in 2022. To aid its efforts, the bank has access to seven quantum computers from seven different companies. JP Morgan is also known for its deployment of **deep hedging** – sophisticated hedging strategies powered by neural networks, which automatically factor in market frictions such as transaction costs, liquidity constraints and risk limits. Deep hedging eschews risk sensitivities, or Greeks, that are the bedrock of classic financial models, notably Black-Scholes. Instead, it relies on historical data for its hedging strategies.

Dee says if deep hedging worked on a quantum computer "it would be fantastic, but the size of the problem might make that challenging".

Marco Pistoia, head of JP Morgan's research and engineering lab, says there is potential for reducing the amount of approximation required in machine learning through quantum



PROJEÇÃO DE PREÇOS

Modelo Atual: arcabouço atual são simplificações (modelos reduzidos) da realidade se baseando nos sinais que as microestruturas geram capturados por **modelos de séries de tempo**.

O problema: **a calibração destes modelos já é um desafio para séries granulares como tick-data.** Além disso, **o modelo é incompleto** por não considerar, exceto nos casos da presença de padrões, de forma adequada os processos de rompimento (descontinuidade) das séries. A questão é tratada como um componente de riscos ou através de cenários.

Aplicações com Uso Computação Quântica: com uso de computação quântica é possível **modelar as microestruturas**, e prever com maior precisão os movimentos de quebra de tendência e rompimento de preços.

Cases in point

Barclays trained its quantum neural network using three relatively large data sets: Apple stock prices, British Airways owner IAG stock prices, and bitcoin prices. The test showed it was possible to train and update a quantum machine learning model within a few minutes rather than a few hours as is currently the case with traditional machine learning models. That would make the model more adjustable to sudden market changes.

Barclays' lead data scientist Dimitrios Emmanoulopoulos says: "We see a property of the quantum circuit where they are able to model time series more accurately using much fewer free parameters, in the sense that they need less samples in order to disclose any underlying repetitive patterns or other periodic signals." The bank published the results of its test in a February [paper](#) co-authored by Emmanoulopoulos and Sofija Dimoska, who has since left Barclays to join Goldman Sachs.

As an example, while 1,000 data points might be needed to effectively sample a typical Gaussian distribution in classical machine learning, "using a parameterised quantum circuit would only require 60 or so data points", says Emmanoulopoulos.

Barclays used Google tools [TensorFlow Quantum](#) and Cirq for its experiment, although it also partners with IBM on its Qiskit software.

Itaú e QC Ware usam algoritmos de computação quântica para fortalecer retenção de clientes

Por **Redação** - 4 de maio de 2022

0

Curdir 2



O Itaú Unibancoe a QC Ware, líder em software e serviços quânticos, anunciam os primeiros resultados de uma colaboração que explora o uso de algoritmos de computação quântica no setor bancário. O objetivo do projeto conjunto, que durou quatro meses, é investigar se a computação quântica pode ajudar na retenção de clientes. O algoritmo de quantum machine learning

proposto pela QC Ware melhora o desempenho dos modelos usados atualmente para prever a perda de clientes.



EVENTO

AI FRONTIERS



Luiz Fernando Ohara Kamogawa

Head Financial @ Semantix



<https://www.linkedin.com/in/luiz-fernando-ohara-kamogawa-0743189/>



luiz.ohara@semantix.ai