PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções São Paulo | SP

ESTRATÉGIA AI-FIRST QUANTUM READY PARA UMA JORNADA DE PORTOS INTELIGENTES

Como Inteligência Artificial, Otimização de Processos e Algoritmos Quânticos devem transformar portos inteligentes

Waldemir Cambiucci, Ph.D
Founder & CEO na HYPAQ
waldemir@hypaq.com.br
Linkedin.com/in/wcamb

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções São Paulo | SP

HYPAQ

Waldemir Cambiucci

Founder | HYPAQ



Doutor em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica da USP, com pesquisa em **computação quântica distribuída**, co-founder do Grupo de Quantum no LARC-USP, membro do IEEE Computer Society, SBC, CC 5G Open RAN do CPQD e ICT FOTON. Ex-Microsoft, atual co-founder e pesquisador-chefe da **HYPAQ**, startup de software quântico com foco em **otimização quântica + IA** para **logística portuária e manufatura.**

IEEE COMPUTER SOCIETY

Foton

CENTRO DE COMPETÊNCIA OPEN RAN MCTI EMBRAPII cpqd

cpqd

IEEE Advancing Technology for Humanity

SBC

HYPAQ

Serviços Pesquisa Casos de uso Publicações Palestras

Fale com a HYPAQ →

— OPTIMIZATION INTELLIGENCE

AI-First, Quantum-Ready. Impacto real na indústria.

Aplicamos IA, otimização avançada e computação quântica a desafios industriais complexos — com rigor científico e foco em valor real.

Conheça nossas soluções →

Explorar pesquisa →



Para saber mais, entre em contato!

HYPAQ

Parceiros Estratégicos

Foton

cpqd

CENTRO DE COMPETÊNCIA OPEN RAN
MCTI EMBRAPII cpqd

PARQUE TECNOLÓGICO DE SANTOS

|ket⟩

LACQ Feynman

ÁREA 56 INOVAÇÃO

Pleiades

LARC Quantum

UNISOTECH
Parque Tecnológico da Uniso

QUASAR TECHNOLOGY

AINEWS

INSTITUTO VALOR

q-bra quantum brasil

quantuloop

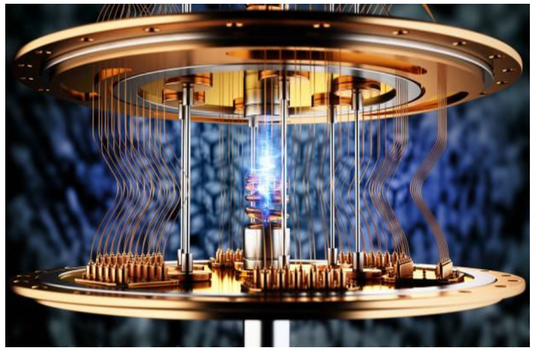
CHRONUS
PERFORMANCE AI

logboy express

Kuatiá
Innovative Solutions for Disruption

HYPAQ

Principais Iniciativas



DESCOBERTA

AI + Quantum Optimization

Pesquisa aplicada de IA+Quantum para desafios de otimização em logística, portos e manufatura

Pesquisa





PRONTIDÃO AI + QUANTUM

Workshops e Mentoria

Treinamentos, Workshops, Strategy Briefings sobre Adoção de IA e Quântica aplicada a soluções

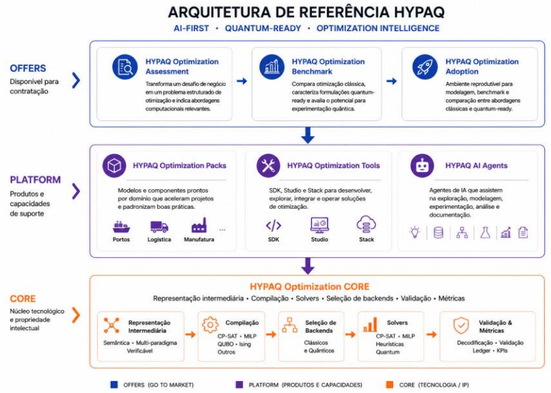
Architecture Design Sessions

Definição de Arquiteturas de Integração e modelagem de problemas

Aplicações



ARQUITETURA DE REFERÊNCIA PARA PORTOS INTELIGENTES COM IA + QUANTUM APLICADOS PARA OTIMIZAÇÃO



PLATAFORMA DE OTMIZAÇÃO AI-FIRST QUANTUM READY

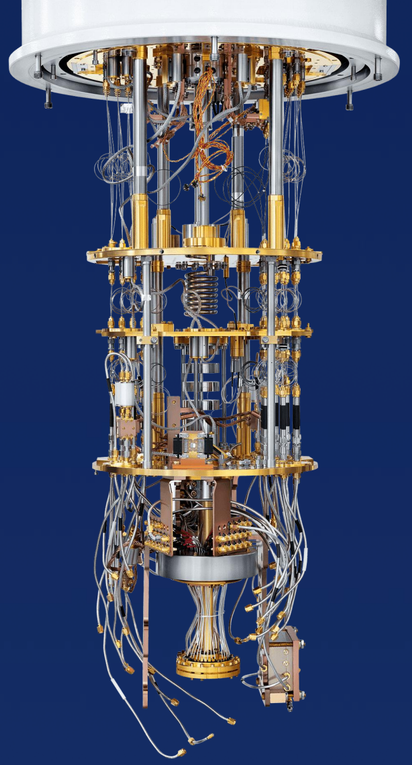
Plataforma

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

Então...



Tem muita coisa acontecendo em IA, Agentes, Quântica e Logística Portuária!







www.portperformancesummit.com.br

Abu Dhabi | Quantum Maritime Conference 2025

8-9 Outubro

Abu Dhabi Unveils Quantum Maritime Conference 2025: World's First Event Driving Quantum Tech in Global Shipping

Published On July 21, 2025



October 8-9, 2025, at the ADMA campus.



أكاديمية أبوظبي البحرية
ABU DHABI MARITIME ACADEMY

quantummaritimeconference.com/about-us/

The Maritime Executive

INTELLECTUAL CAPITAL FOR LEADERS

Fevereiro 2026

A logística portuária é um dos casos de uso mais promissores para otimização quântica.

- Os problemas de **escalonamento** e planejamento portuário estão estruturalmente alinhados com abordagens de otimização quântica.
- A complexidade real surge do **crescimento exponencial do espaço de decisões**, e não necessariamente do volume de dados.
- No curto e médio prazo, o impacto mais provável virá de **sistemas híbridos**, conectando IA hoje com computação quântica no futuro.

https://maritime-executive.com/editorials/quantum-computing-can-solve-the-hardest-port-scheduling-problems

Quantum Computing Can Solve the Hardest Port Scheduling Problems



Courtesy Port of Los Angeles

PUBLISHED FEB 17, 2026 4:41 PM BY **SIMON FRIED**

Ministry of Ports, Shipping and Waterways

Março 2026

V.O. Chidambaranar Port becomes First Indian Major Port to Implement Digital Twin

Posted On: 12 MAR 2026 5:40PM by PIB Delhi

New Delhi, 12 March 2026: The V.O. Chidambaranar Port Authority has achieved a major technological milestone by becoming the first port in India to launch the Digital Twin initiative for port management. The Port has marked a significant step toward smart, efficient, and technology-driven maritime management. The platform was inaugurated on 23.02.2026 by Sarbananda Sonowal, Hon'ble Union Minister of the Ministry of Ports, Shipping and Waterways, marking a significant milestone in the Port's journey toward intelligent and technology-driven maritime management.

The Digital Twin platform will create a real-time virtual replica of the port's infrastructure, operati
visibility, predictive analytics, and data-driven decision-making across the port. By integrating advanc
drone imaging, and CCTV networks, the platform will continuously mirror real-time conditions, enabl

The Digital Twin Platform enables real-time operational monitoring, providing live visualisation of be
across the port. It supports predictive maintenance of cargo handling equipment through AI-based ass
operational reliability. The system facilitates berth and traffic optimisation by enabling intelligent sch
and waiting time. In addition, the platform shall also provide energy and emissions tracking to s
simulation capabilities that allow operators to conduct "what-if" modelling to prepare for peak deman



Investimentos anunciados de **US$ 1,2 bilhão** no **IndiaAI Mission** em 2024/25

https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2239056

BUSINESS INSIDER

Maio 2026

HOW AI IS CHANGING EVERYTHING A series on AI adoption across industries.

A massive seaport in Texas is using an AI-powered digital replica to track ships and prepare for emergencies

By Matthew S. Smith



Sistema de Digital Twin com IA para operações



A petroleum tanker ship that was loaded at the Port of Corpus Christi passes through the Aransas Channel. Getty Images; Alyssa Powell/BI

May 20, 2025, 10:45 AM BRT

The Port of Corpus Christi in Texas is among the United States' most important seaports. It's the country's third-largest port by tonnage, and it exports more US crude oil than any other domestic port. 2024 was a record year, with the port recording more than 200 million tons of shipments, 130 million of which were crude oil.

Coordinating a port of this size is a huge logistical undertaking. To manage this challenge, the port commissioned the development of an AI-enhanced command-and-control software called the Overall Port Tactical Information System, or OPTICS.

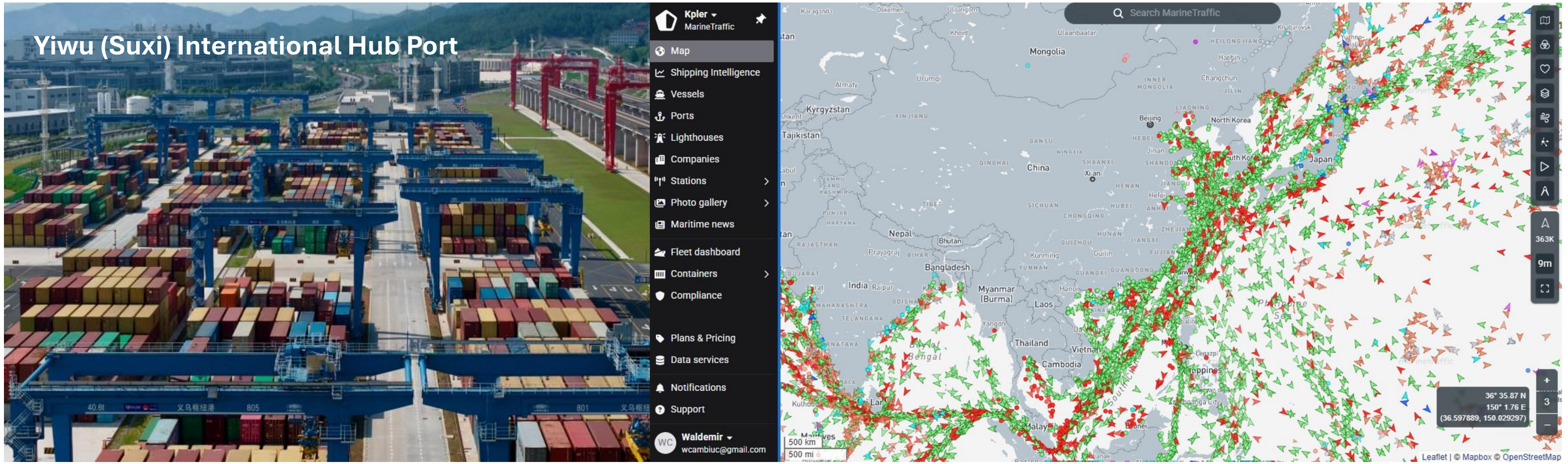
www.businessinsider.com/corpus-christi-port-ai-ship-tracking-emergency-training-2025-5

Julho 2026

HOME > SOURCING JOURNAL > LOGISTICS

China Lays Out Five-Year AI Blueprint for Smarter Ports

BY GLENN TAYLOR JULY 27, 2026 2:25PM



YIWU, CHINA - JUNE 01: Aerial view of containers at the **Yiwu (Suxi) International Hub Port** on June 1, 2026 in Yiwu, Zhejiang Province of China. Yiwu (Suxi) International Hub Port, as the core platform of the "Sixth Port Area" of Ningbo-Zhoushan Port, connects Yiwu with Ningbo-Zhoushan Port, enabling seamless integration between the inland port and the seaport via rail transport. (Photo by Dong Yixin/China News Service/VCG via Getty Images)

https://wwd.com/sourcing-journal/logistics/china-ai-five-year-port-modernization-customs-cargo-congestion-1239083752/

IEEE QCE 2026 | Quantum Week | 13-18 de setembro | 70 países

IEEE QUANTUM WEEK

IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering — QCE26

HOME | ABOUT | AUTHORS | ATTEND | PROGRAM | EXHIBITS | REGISTER | COMMITTEES | ARCHIVE | Search

QAPP::500::1026::1225
Quantum Combinatorial Optimization & Scheduling
Friday, September 18 10:00 AM – 11:30 AM EDT
802A/B
FRI | Tracks: Technical Papers | Topics: QAPP

IEEE Quantum Week 2026
13 - 18 September 2026

Metro Toronto Convention Centre
Toronto, Ontario, Canada

Sign up for Quantum Week Alerts

REGISTRATION DETAILS

2200+ participantes | 720+ tech Papers | 90+ sponsors

qce.quantum.ieee.org/2026/

THE WHITE HOUSE 250

U.S. DEPARTMENT of ENERGY | Office of Science

Setembro 2026

DOE Launches Competition to Accelerate Development of World's First Fault-Tolerant Quantum Computer



President Trump Signs Executive Order Ushering In The Next Frontier Of Quantum Innovation

The DOE Quantum Genesis Q Competition

Announcement Number: DE-FOA-0003657
Post Date: Thursday, September 17, 2026
Close Date: Monday, October 19, 2026

- Applications must be submitted by 11:59 PM Eastern on October 19, 2026.
- An informational webinar will be held on September 25, 2026, at 1 PM Eastern. Registration must be completed by 5 PM Eastern on September 23, 2026, here.
- Sample OTA Articles are posted here.

Investimentos anunciados em torno de **US$ 625 milhões até 2028.**

https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2026/06/ushering-in-the-next-frontier-of-quantum-innovation/

विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग
DEPARTMENT OF
SCIENCE & TECHNOLOGY
सत्यमेव जयते

Four Thematic Hubs

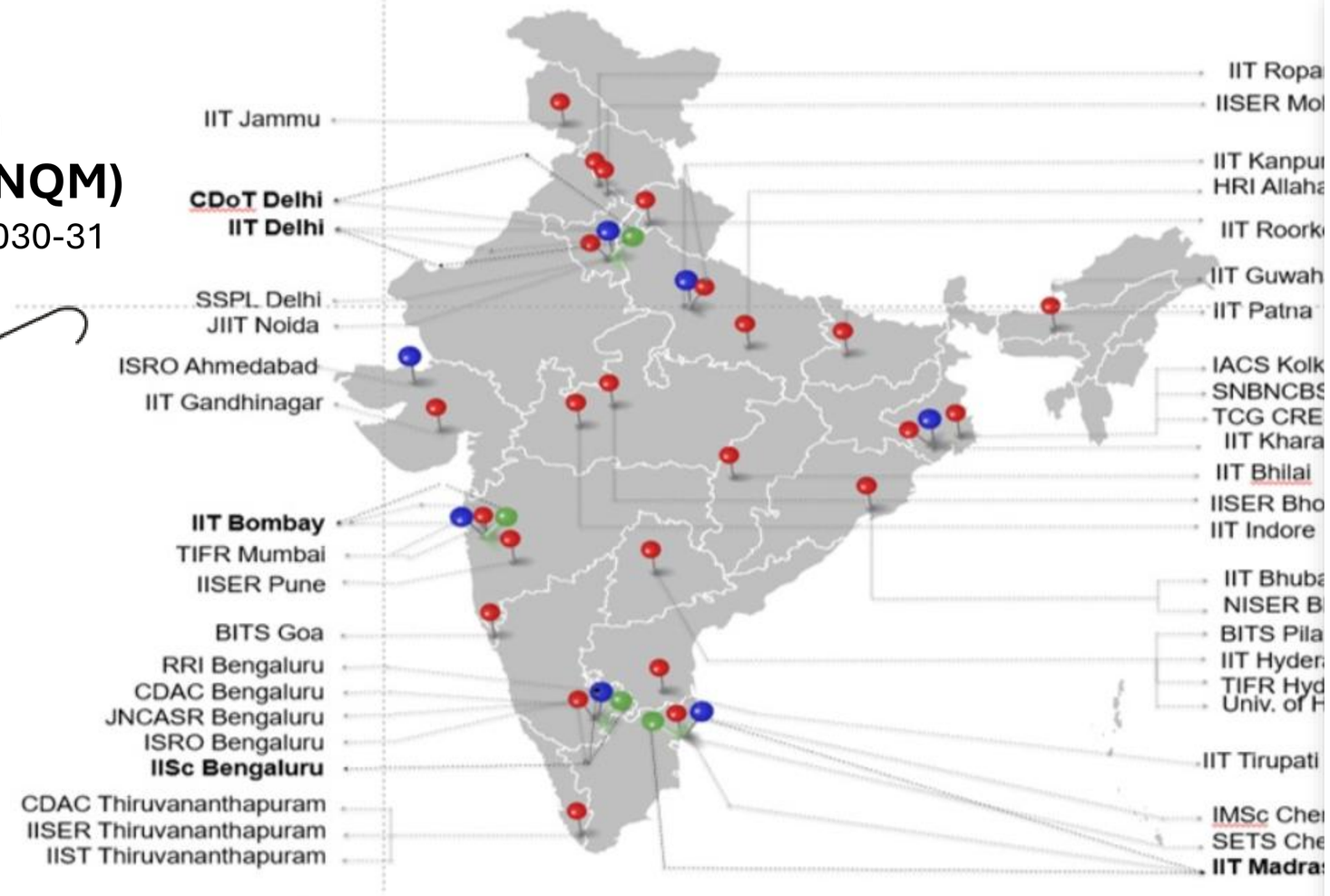
Institutions supported under NQM

Desde 2023

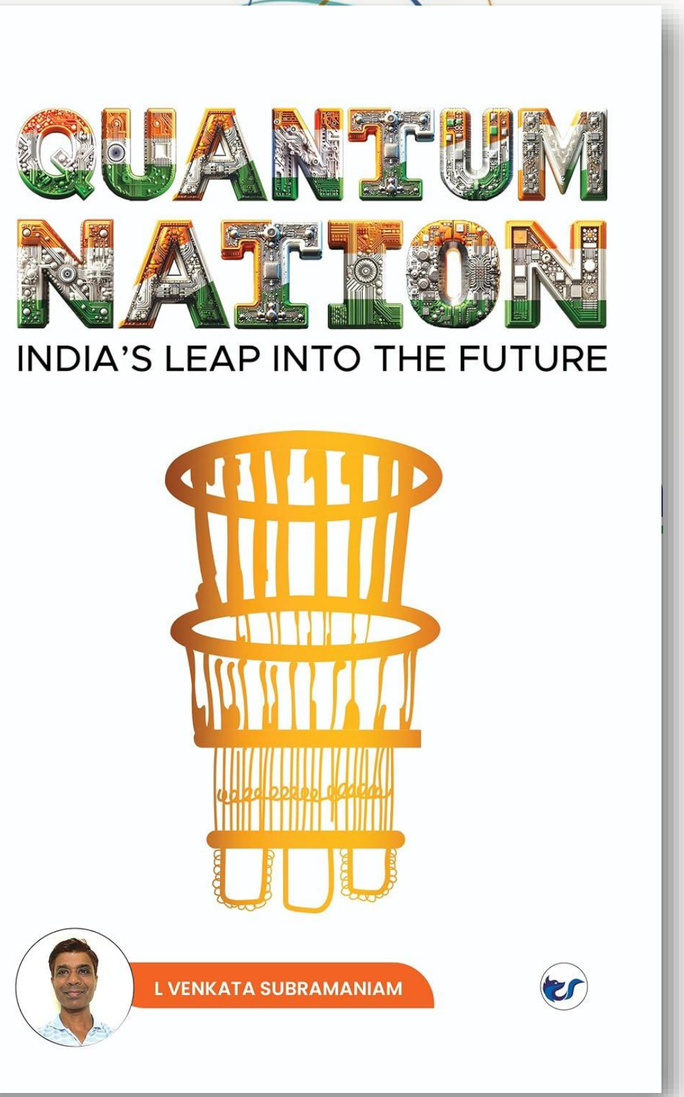
National Quantum Mission (NQM)

2023-24 to 2030-31

स्वच्छ भारत
एक कदम स्वच्छता की ओर



152 researchers from 43 Institutions (Lead & Member) across 17 states and



https://dst.gov.in/national-quantum-mission-nqm

China has built the world's largest quantum communication network

Share of policies mentioning quantum technologies (量子)

1 BEIJING

Research institutes
- Beijing Academy of Quantum Information Science (BAQIS)
- State Key Lab of Low-Dimensional Quantum Physics at Tsinghua University

Firms
- Digital China Information Technology (DCIT): Quantum communication links
- Archlight: Quantum software
- Huayi Boao: Ion trap quantum computers
- QBoson: Photonic quantum computers

2 JINAN

Research institutes
- Jinan Institute of Quantum Technology, which contributes to China's quantum satellites and houses the National Technical Committee on Quantum Computing and Metrology Standards (TC 578)

3 HEFEI

China's largest quantum research cluster, including:

Research institutes
- University of Science and Technology China (USTC), where Pan Jian-wei is executive vice president
- National Lab for Quantum Information Science

Firms
- QuantumCTek: Quantum communication
- Origin Quantum: Quantum computers
- Ciqtek: Quantum measurement devices
- Qasky: Quantum cryptography equipment



4 NANJING

Firms
- CryoPride: Cryogenic cooling equipment

5 HANGZHOU

Research institutes
- Zhejiang University, to which Alibaba donated its quantum equipment and which developed the Taiyuan-1 quantum computer

Firms
- Qtec: Single photon generators and other equipment for quantum communication
- Liang'an Technology: Post quantum cryptography

6 SHANGHAI

Research institutes
- Shanghai Research Center for Quantum Sciences
- Shanghai University Key Laboratory of Specialty Fiber Optics and Optical Access Networks, where a team first used a quantu computer to break military-grade encryptio

Firms
- TuringQ: Photonic quantum chips
- Fermi Instruments: Cooling and vacuum setu
- Precilasers: High-end lasers
- Photec: Optical quantum computing, with a European office in Naples

7 WUHAN

Research institutes
- Wuhan Institute of Quantum Technology

Firms
- HGLaser (a subsidiary of Huagong Tech): High-end lasers

8 CHENGDU

Firms
- Zhong Wei Da Xin (ZWDX): Quantum computing control and measurement technology

9 SHENZHEN

Research institutes
- Quantum Science Center of Guangdong-HongKong-Macao Greater Bay Area

Desde 2006

Primeiros investimentos nacionais estruturados



China's Zuchongzhi 3.0 Quantum Processor: Redefining Computational Boundaries with a 105-Qubit Breakthrough in 2025



DOI: 10.1103/PhysRevLett.134.090601

Sources: Chinese Academy of Sciences Quantum Network Company (Quantumnet), Chinese Academy of ICT (CAICT), MERICS

© MERIC

IV ENTQ | Projeto AURORA | 16 de set. de 2026





Realizado em 16 de setembro, no CTI Renato Archer, em Campinas.



Participação do CPQD, CNPQ, FINEP, FAPESP, USP. UNICAMP, ITA, INST. ELDORADO, CIMATEC, MCTI, Exército, Marinha, Aeronáutica, entre outros.

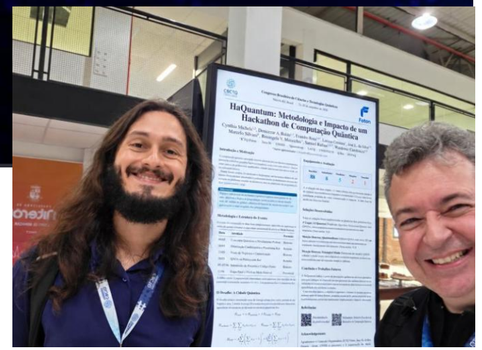
Projeto AURORA

No evento, **foi assinado um Memorando de Entendimento entre o Exército Brasileiro e o CTI Renato Archer** para parceria no **Projeto de Estado AURORA (Arquitetura Unificadas de Redes Optoeletrônicas de Resiliência Avançada),** uma proposta do CTI para gerar segurança da informação a partir de redes de comunicação quântica. De acordo com o projeto, a iniciativa contempla uma série de desafios tecnológicos que apenas serão possíveis de serem superados em um esforço de Estado, o que fez com que fosse confiado ao Exército Brasileiro a liderança da segurança cibernética por meio de um Escudo Quântico.

Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias Quânticas

21 Set 2026



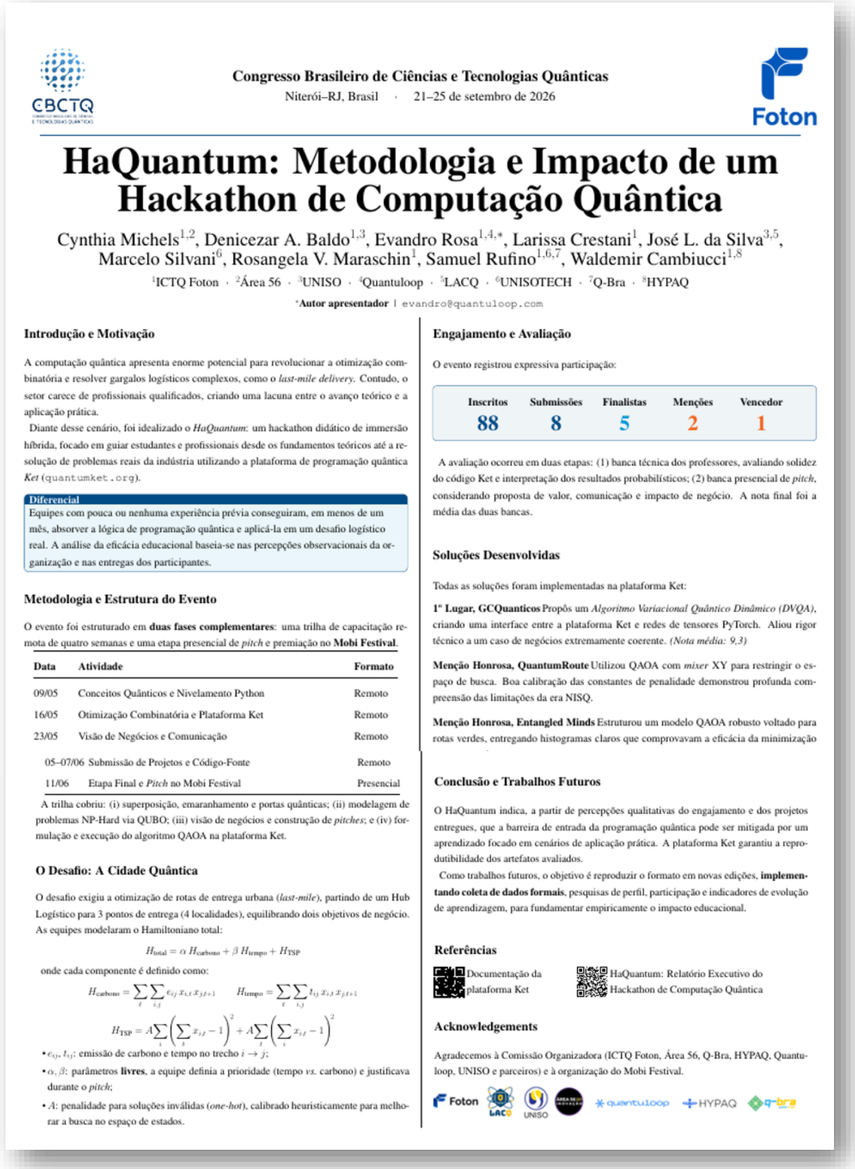


Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias Quânticas - CBCTQ 2026

21/09/2026 – 25/09/2026 - 08:00 - 14:00 GMT-3

R. Alexandre Moura, 18, São Domingos - Niterói - Rio de Janeiro - Brasil

Publicação do POSTER sobre a iniciativa HAQUANTUM – Metodologia e Impacto de um Hackathon de Computação Quântica, realizado entre maio de junho de 2026, com apresentações no MOBI FESTIVAL 2026, na UNISO, Sorocaba.



Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologias Quânticas
Niterói–RJ, Brasil · 21–25 de setembro de 2026

HaQuantum: Metodologia e Impacto de um Hackathon de Computação Quântica

Cynthia Michels[1,2], Denicezar A. Baldo[1,3], Evandro Rosa[1,4,*], Larissa Crestani[1], José L. da Silva[3,5], Marcelo Silvani[6], Rosangela V. Maraschin[1], Samuel Rufino[1,6,7], Waldemir Cambiucci[1,8]
[1]ICTQ Foton · [2]Área 56 · [3]UNISO · [4]Quantuloop · [5]LACQ · [6]UNISOTECH · [7]Q-Bra · [8]HYPAQ
*Autor apresentador | evandro@quantuloop.com

Introdução e Motivação

A computação quântica apresenta enorme potencial para revolucionar a otimização combinatória e resolver gargalos logísticos complexos, como o *last-mile delivery*. Contudo, o setor carece de profissionais qualificados, criando uma lacuna entre o avanço teórico e a aplicação prática.

Diante desse cenário, foi idealizado o *HaQuantum*: um hackathon didático de imersão híbrida, focado em guiar estudantes e profissionais desde os fundamentos teóricos até a resolução de problemas reais da indústria utilizando a plataforma de programação quântica *Ket* (`quantumket.org`).

Diferencial
Equipes com pouca ou nenhuma experiência prévia conseguiram, em menos de um mês, absorver a lógica de programação quântica e aplicá-la em um desafio logístico real. A análise da eficácia educacional baseia-se nas percepções observacionais da organização e nas entregas dos participantes.

Metodologia e Estrutura do Evento

O evento foi estruturado em **duas fases complementares**: uma trilha de capacitação remota de quatro semanas e uma etapa presencial de *pitch* e premiação no **Mobi Festival**.

Data	Atividade	Formato
09/05	Conceitos Quânticos e Nivelamento Python	Remoto
16/05	Otimização Combinatória e Plataforma Ket	Remoto
23/05	Visão de Negócios e Comunicação	Remoto
05–07/06	Submissão de Projetos e Código-Fonte	Remoto
11/06	Etapa Final e *Pitch* no Mobi Festival	Presencial

A trilha cobriu: (i) superposição, emaranhamento e portas quânticas; (ii) modelagem de problemas NP-Hard via QUBO; (iii) visão de negócios e construção de *pitches*; e (iv) formulação e execução do algoritmo QAOA na plataforma Ket.

O Desafio: A Cidade Quântica

O desafio exigiu a otimização de rotas de entrega urbana (*last-mile*), partindo de um Hub Logístico para 3 pontos de entrega (4 localidades), equilibrando dois objetivos de negócio. As equipes modelaram o Hamiltoniano total:

$$H_{\text{total}} = \alpha\, H_{\text{carbono}} + \beta\, H_{\text{tempo}} + H_{\text{TSP}}$$

onde cada componente é definido como:

$$H_{\text{carbono}} = \sum_t \sum_{i,j} e_{ij}\, x_{i,t}\, x_{j,t+1} \qquad H_{\text{tempo}} = \sum_t \sum_{i,j} t_{ij}\, x_{i,t}\, x_{j,t+1}$$

$$H_{\text{TSP}} = A \sum_i \left(\sum_t x_{i,t} - 1 \right)^2 + A \sum_t \left(\sum_i x_{i,t} - 1 \right)^2$$

- e_{ij}, t_{ij}: emissão de carbono e tempo no trecho $i \to j$;
- α, β: parâmetros **livres**, a equipe definia a prioridade (tempo *vs.* carbono) e justificava durante o *pitch*;
- A: penalidade para soluções inválidas (*one-hot*), calibrado heuristicamente para melhorar a busca no espaço de estados.

Engajamento e Avaliação

O evento registrou expressiva participação:

Inscritos	Submissões	Finalistas	Menções	Vencedor
88	8	5	2	1

A avaliação ocorreu em duas etapas: (1) banca técnica dos professores, avaliando solidez do código Ket e interpretação dos resultados probabilísticos; (2) banca presencial de *pitch*, considerando proposta de valor, comunicação e impacto de negócio. A nota final foi a média das duas bancas.

Soluções Desenvolvidas

Todas as soluções foram implementadas na plataforma Ket:

1º Lugar, GCQuanticos Propôs um *Algoritmo Variacional Quântico Dinâmico (DVQA)*, criando uma interface entre a plataforma Ket e redes de tensores PyTorch. Aliou rigor técnico a um caso de negócios extremamente coerente. *(Nota média: 9,3)*

Menção Honrosa, QuantumRoute Utilizou QAOA com *mixer* XY para restringir o espaço de busca. Boa calibração das constantes de penalidade demonstrou profunda compreensão das limitações da era NISQ.

Menção Honrosa, Entangled Minds Estruturou um modelo QAOA robusto voltado para rotas verdes, entregando histogramas claros que comprovavam a eficácia da minimização

Conclusão e Trabalhos Futuros

O HaQuantum indica, a partir de percepções qualitativas do engajamento e dos projetos entregues, que a barreira de entrada da programação quântica pode ser mitigada por um aprendizado focado em cenários de aplicação prática. A plataforma Ket garantiu a reprodutibilidade dos artefatos avaliados.

Como trabalhos futuros, o objetivo é reproduzir o formato em novas edições, **implementando coleta de dados formais**, pesquisas de perfil, participação e indicadores de evolução de aprendizagem, para fundamentar empiricamente o impacto educacional.

Referências

Documentação da plataforma Ket

HaQuantum: Relatório Executivo do Hackathon de Computação Quântica

Acknowledgements

Agradecemos à Comissão Organizadora (ICTQ Foton, Área 56, Q-Bra, HYPAQ, Quantuloop, UNISO e parceiros) e à organização do Mobi Festival.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

AI Has Solved One of Math's $1 Million Millennium Prize Problems

28 |

Mathematicians at OpenAI showed that the Navier–Stokes equations, which describe how fluids flow, can sometimes "blow up." But the massive result is not without controversy.

Setembro 2026

Aplicação em mecânica de fluídos

EXISTENCE AND SMOOTHNESS OF THE NAVIER–STOKES EQUATION

CHARLES L. FEFFERMAN

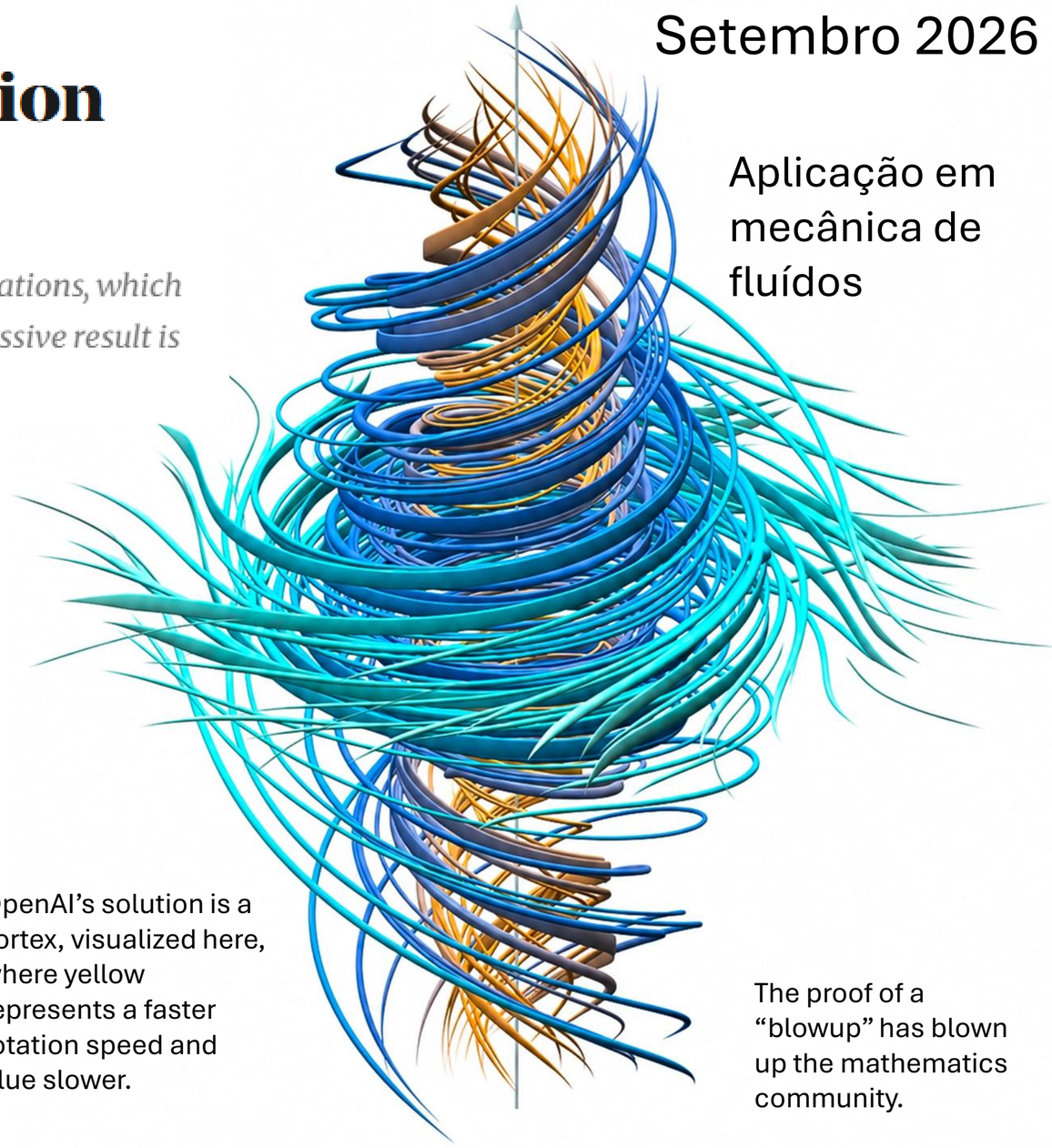
The Euler and Navier–Stokes equations describe the motion of a fluid in $\mathbb{R}^n$ ($n = 2$ or 3). These equations are to be solved for an unknown velocity vector $u(x,t) = (u_i(x,t))_{1\le i\le n} \in \mathbb{R}^n$ and pressure $p(x,t) \in \mathbb{R}$, defined for position $x \in \mathbb{R}^n$ and time $t \ge 0$. We restrict attention here to incompressible fluids filling all of $\mathbb{R}^n$. The *Navier–Stokes* equations are then given by

$$\frac{\partial}{\partial t}u_i + \sum_{j=1}^{n} u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \nu \Delta u_i - \frac{\partial p}{\partial x_i} + f_i(x,t) \qquad (x \in \mathbb{R}^n, t \ge 0), \tag{1}$$

$$\operatorname{div} u = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (x \in \mathbb{R}^n, t \ge 0) \tag{2}$$

with initial conditions

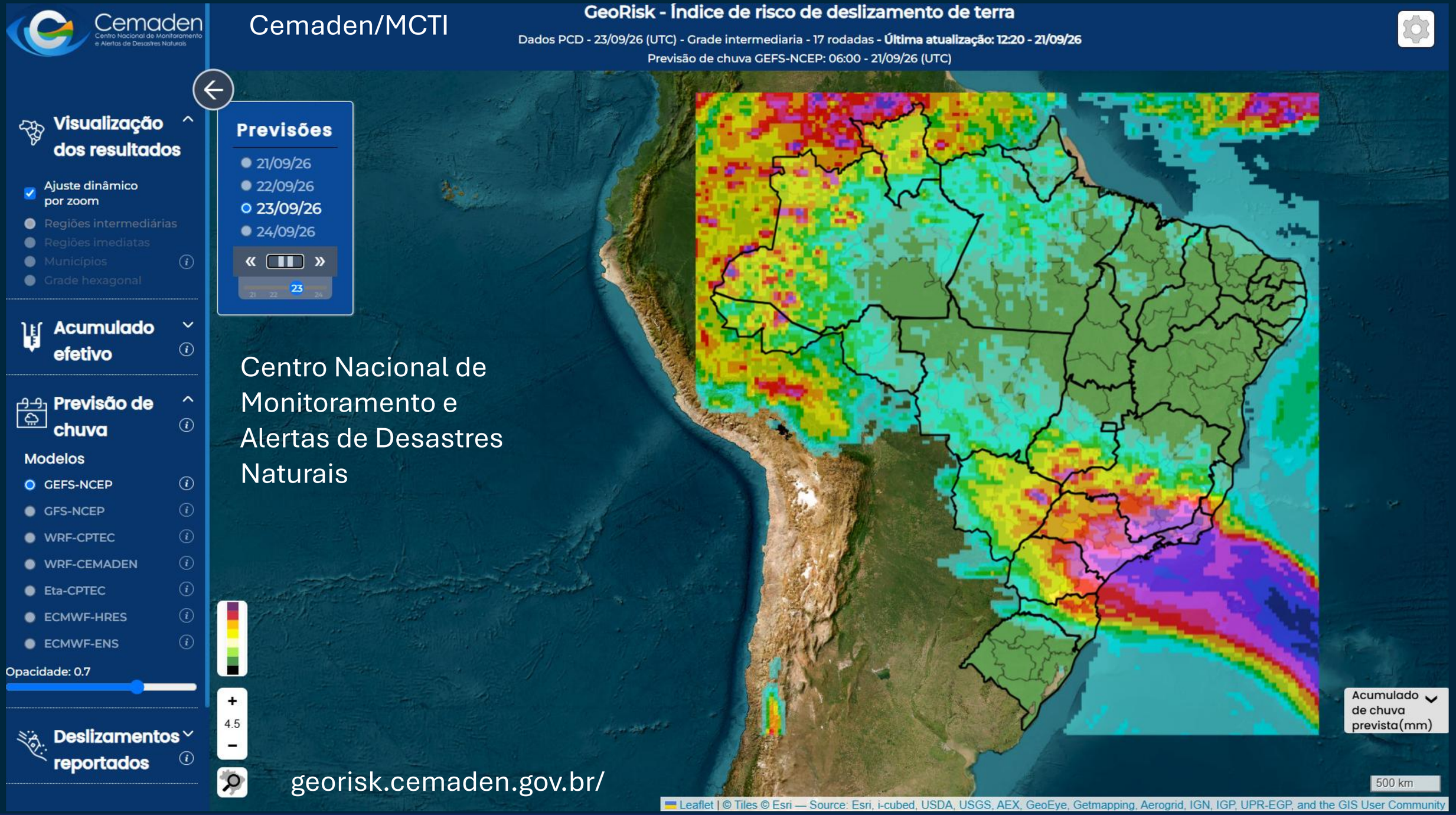
$$u(x,0) = u^\circ(x) \qquad (x \in \mathbb{R}^n). \tag{3}$$



OpenAI's solution is a vortex, visualized here, where yellow represents a faster rotation speed and blue slower.

The proof of a "blowup" has blown up the mathematics community.

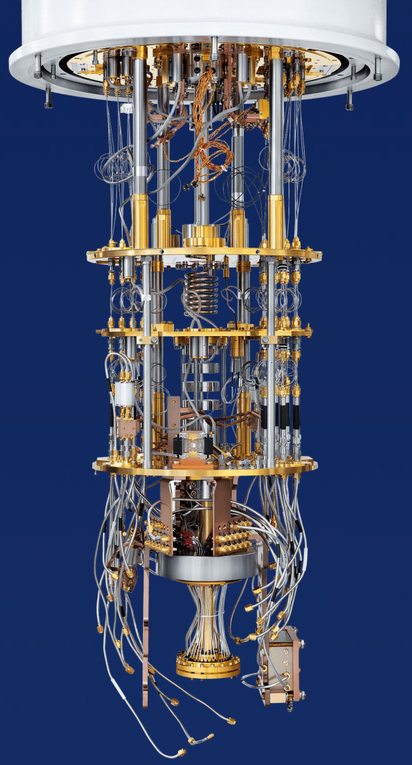
https://www.quantamagazine.org/ai-has-solved-one-of-maths-1-million-millennium-prize-problems-20260908/


Cemaden
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
Cemaden/MCTI
GeoRisk - Índice de risco de deslizamento de terra
Dados PCD - 23/09/26 (UTC) - Grade intermediaria - 17 rodadas - Última atualização: 12:20 - 21/09/26
Previsão de chuva GEFS-NCEP: 06:00 - 21/09/26 (UTC)
Visualização dos resultados
Ajuste dinâmico por zoom
Regiões intermediárias
Regiões imediatas
Municípios
Grade hexagonal
Previsões
21/09/26
22/09/26
23/09/26
24/09/26
Acumulado efetivo
Previsão de chuva
Modelos
GEFS-NCEP
GFS-NCEP
WRF-CPTEC
WRF-CEMADEN
Eta-CPTEC
ECMWF-HRES
ECMWF-ENS
Opacidade: 0.7
Deslizamentos reportados
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
4.5
Acumulado de chuva prevista(mm)
500 km
Leaflet | © Tiles © Esri — Source: Esri, i-cubed, USDA, USGS, AEX, GeoEye, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, UPR-EGP, and the GIS User Community
georisk.cemaden.gov.br/

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO
Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

Concorda?



Tem muita coisa acontecendo em IA, Agentes, Quântica e Logística Portuária!







www.portperformancesummit.com.br

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Millenium Centro de Convenções São Paulo | SP

Agenda

1. Desafios de **otimização** em logística portuária
2. Arquitetura **AI-First** para decisões operacionais complexas (e como funcionam agentes de IA?)
3. O papel da **computação quântica** na próxima geração de otimização logística (o que é quantum?)
4. Arquiteturas **híbridas clássica-quântica (Quantum Ready)**
5. A nova arquitetura de referência para **Portos Inteligentes**

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

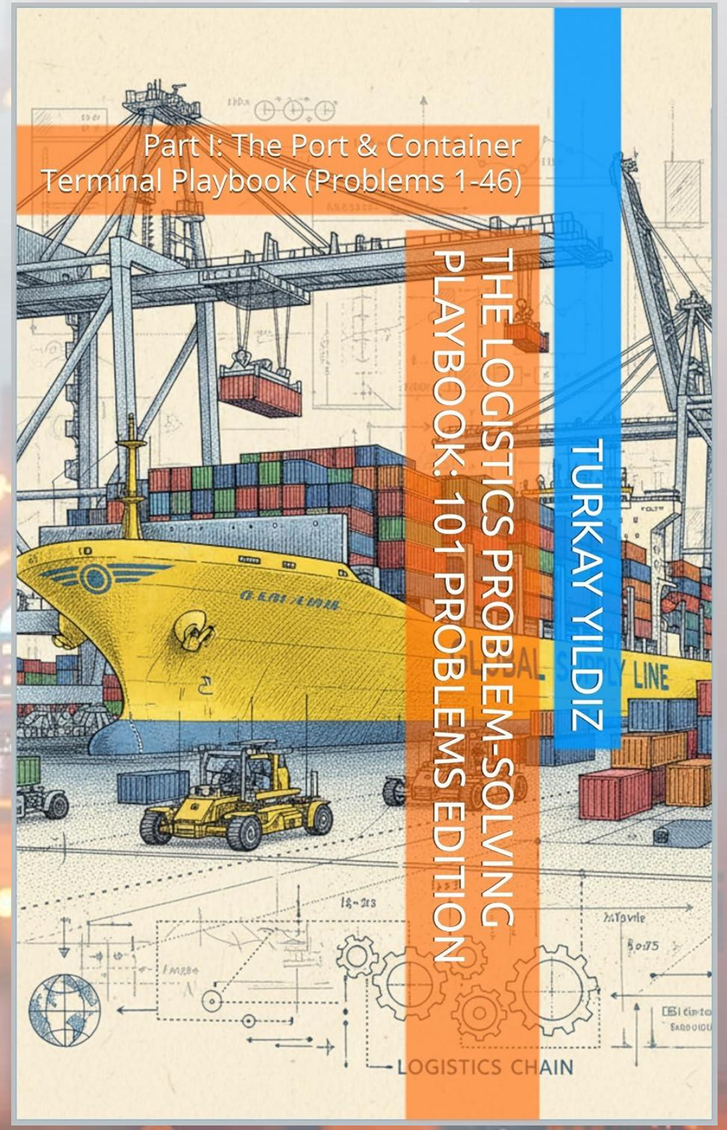
07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

1

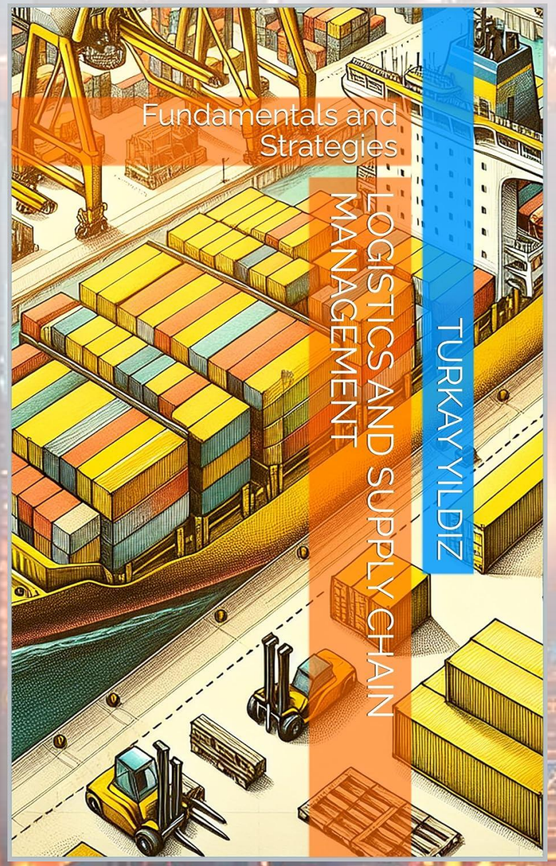
Quais são os desafios de **otimização** em **logística portuária?**

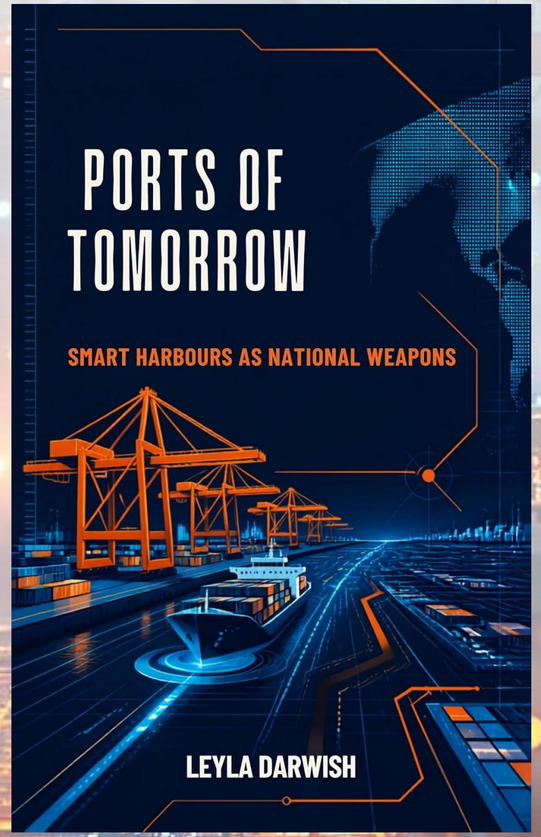
Desafios de otimização em logística portuária

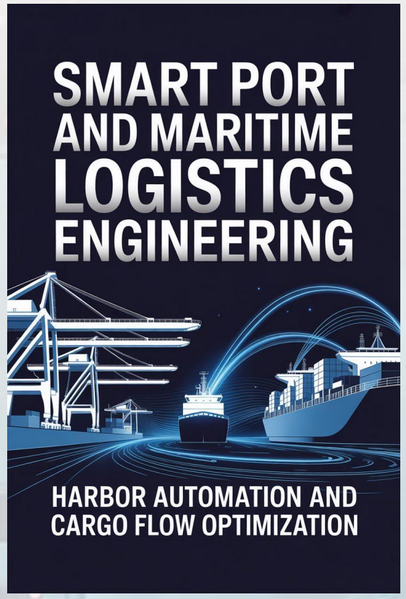


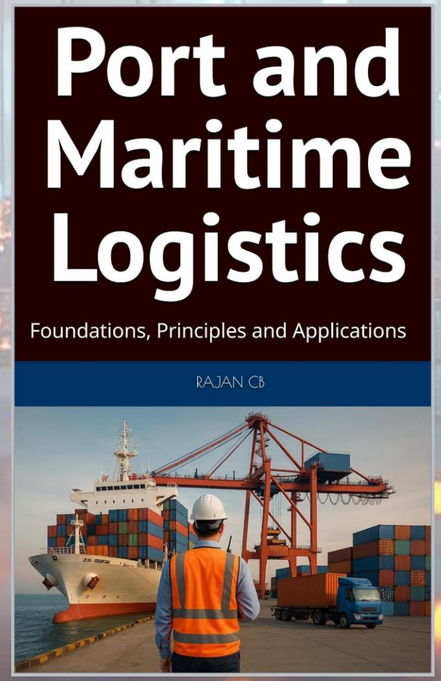


Turkay Yildiz received his Ph.D. from the Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey.







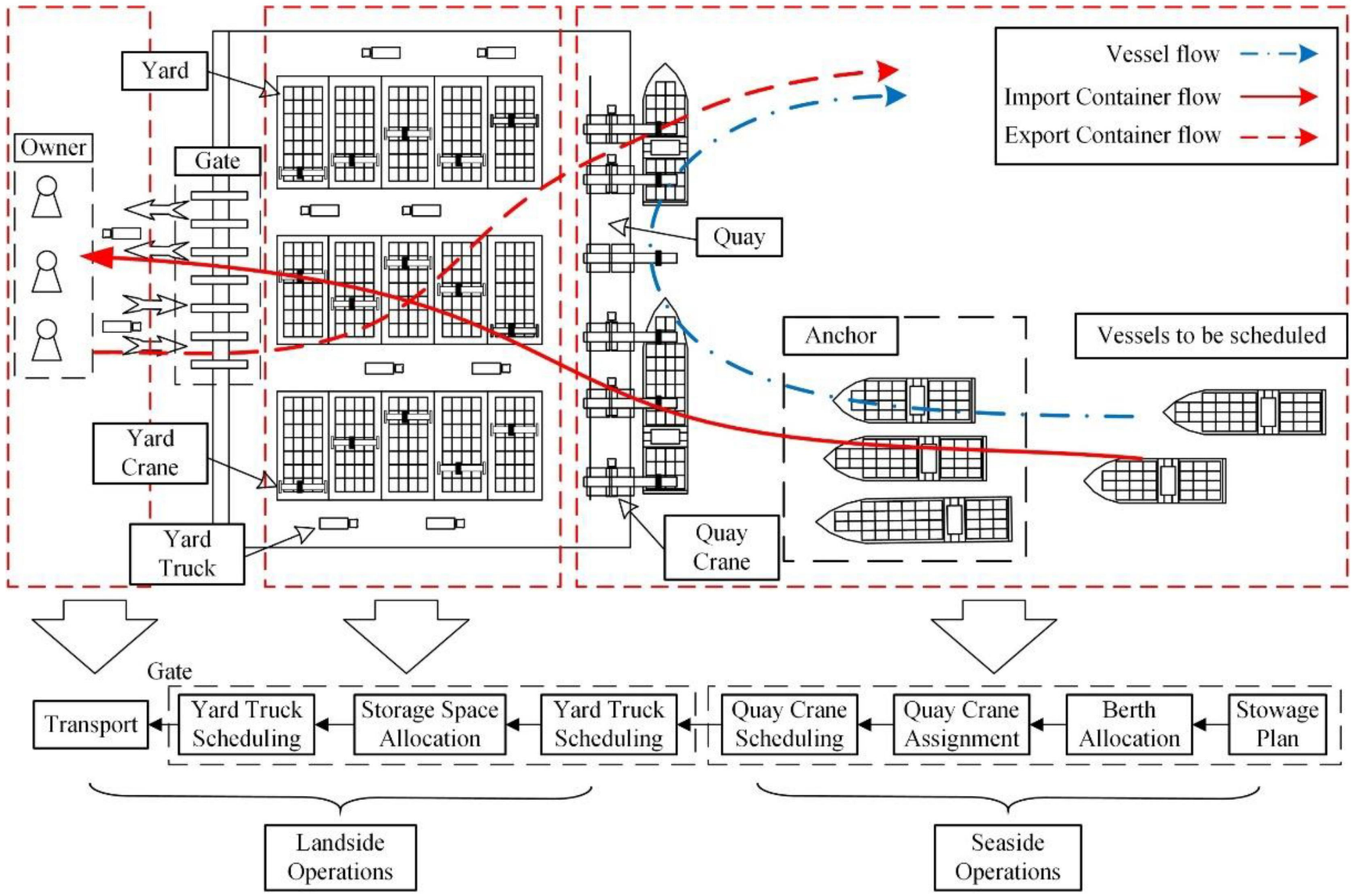


Desafios de otimização em logística portuária | 2011

15 anos atrás



Manual de capacidad portuaria: aplicación a terminales de contenedores



MONFORT MULINAS, Arturo; AGUILAR HERRANDO, José; VIEIRA GONÇALVES DE SOUZA, Paula; MONTERDE HIGUERO, Noemí; OBRER MARCO, Roser; CALDUCH VERDUCH, David; MARTÍN SOBERÓN, Ana María; SAPIÑA GARCÍA, Rafael. **Manual de capacidad portuaria: aplicación a terminales de contenedores**. València: Fundación Valenciaport, 2011. ISBN 978-84-938155-6-1.

Desafios de otimização em logística portuária | 2023

3 anos atrás
temos IA

SPRINGER NATURE Link

Log in

Find a journal | Publish with us | Track your research | Search | Saved research | Cart

Contemporary challenges and AI solutions in port operations: applying Gale–Shapley algorithm to find best matches

Original article | Open access | Published: 15 September 2023

Volume 8, article number 27 (2023) Cite this article

You have full access to this open access article

Download PDF | Save article



Journal of Shipping and Trade

Aims and scope →

Submit manuscript →

Mehran Farzadmehr, Valentin Carlan & Thierry Vanelslander

9207 Accesses | 14 Citations | Explore all metrics →

Sections | Figures | References

Abstract

https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-023-00155-8

Desafios de otimização em logística portuária | 2023

Table 4 Overview of challenges in port operation area

Title of challenge (Area)	Description	Source
Optimizing ship stowage planning (Waterside)	Finding containers' optimal position on the ship Increasing economic and safety impact Optimizing cranes' planning using AI	Shen et al. (2017)
Reducing sea going vessel delays (Waterside)	Not sailing in a predetermined time window Using infrastructure capacity better Using AI by including weather and route conditions in ETA	Parolas (2016)
Predicting of inland vessel ETA (Waterside)	Estimating arrival time of inland vessel Planning infrastructure better Using AI instead of manually data entering in AIS	Meijer (2017)
Optimizing ship queuing (Waterside)	Planning the sequence of loading/unloading of ships Reducing ship waiting time Finding the required numbers of infrastructure at the berth by using AI	Shahpanah et al. (2014a, b)
Centralizing berth allocation (Waterside)	Assigning vessel to berth for loading/unloading Reducing turnaround time Simulating by including the planning of vessels and the number of berths	Leon et al. (2017)
Optimizing quay Crane (QC) assignment (Waterside)	Assigning vessel to QC for loading/unloading Enhancing handling capacity Planning time of the QC by using AI	Atak et al. (2021)
Detecting ship and ships traffic (Waterside)	Measuring and monitoring a ship's activity Increasing economic and maritime impact	Song et al. (2020)

Trabalhos publicados

Table 4 (continued)

Title of challenge (Area)	Description	Source
Optimizing yard truck routing (Landside)	Determining the optimal route for transporting containers between the yard and the quayside Enhancing the capacity of the yard and quayside Assigning a truck to a specific quay crane	Stojaković and Twrdy (2021)
Optimizing of yard truck scheduling (Landside)	Controlling delay and waste of time Reducing congestion and waiting time of yard trucks Simulating trucks at the yard	Wang et al. (2015)
Predicting container relocation (Landside)	Obtaining a sequence of containers moves Reducing required space to retrieve containers Retrieving container by including destination and departure time	Zhang et al. (2020)
Optimizing scheduling of yard crane (Landside)	Scheduling YC to reduce the sum of job waiting times Facilitating yard operations Scheduling YC by including space and workloads	Sharif et al. (2012)
Generating optimal yard block allocation (Landside)	Allocating of required space for container storage Reducing space limitations Considering containers information for assigning block	Kim and Park (2003)
Reducing congestion at terminals' gates (Hinterland)	Generating inefficiency and costs in the hinterland Optimizing the pattern of truck arrival Employing AI technologies for upgrading equipment	Alagesan (2017)
Predicting unforeseen trucks delays (Hinterland)	Affecting port's customer satisfaction index Gaining benefits from the prediction of trucks' arrival time Pre- collecting info on containers that are transported by road	Azab and Eltawil (2016)

Trabalhos publicados

Fonte: Tabela 4 - https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-023-00155-8

Desafios de otimização em logística portuária | 2023

Desafio	Descrição resumida
1. Otimização do plano de estivagem dos navios	Determinar a posição ideal dos contêineres no navio, considerando segurança, eficiência e operação dos guindastes.
2. Redução dos atrasos de navios marítimos	Evitar descumprimento das janelas de navegação e melhorar o uso da infraestrutura por meio de ETAs que considerem clima e condições das rotas.
3. Previsão do ETA de embarcações interiores	Estimar a chegada de barcaças e outras embarcações para melhorar o planejamento da infraestrutura portuária.
4. Otimização das filas de navios	Planejar a sequência de atendimento, carga e descarga, reduzindo o tempo de espera e dimensionando os recursos de berço.
5. Centralização da alocação de berços	Designar navios aos berços, integrando programação das embarcações e disponibilidade de berços para reduzir o tempo de giro.
6. Otimização da alocação de portêineres — Quay Cranes	Associar navios aos guindastes de cais e programar seu uso para aumentar a capacidade de movimentação.
7. Detecção de navios e do tráfego marítimo	Monitorar, identificar e classificar embarcações e suas atividades.
8. Redução do tempo de giro dos navios	Diminuir o período entre a chegada e a partida por meio de melhor programação das operações do navio.
9. Previsão do risco associado à velocidade de atracação	Determinar uma velocidade segura de aproximação e atracação, reduzindo danos ao casco e aos equipamentos do berço.
10. Redução do tempo de espera dos navios	Diminuir o intervalo entre a chegada e o início da carga ou descarga, considerando demanda e capacidade dos terminais.
11. Previsão da demanda de carga e descarga de contêineres	Antecipar o volume de movimentação para dimensionar recursos no cais e otimizar as operações dos navios.
12. Redução das emissões no transporte marítimo	Reduzir poluentes por meio da diminuição de tempos improdutivos e da melhoria dos processos operacionais.
13. Otimização das rotas dos caminhões de pátio	Encontrar as melhores rotas entre pátio e cais e associar caminhões aos portêineres.
14. Otimização da programação dos caminhões de pátio	Reduzir atrasos, congestionamentos e tempos de espera por meio da programação e simulação dos veículos.
15. Previsão da relocação de contêineres	Definir a sequência de movimentações e reduzir remanejamentos, considerando destino e horário de saída.

Tabela 4 – Parte 1 - https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-023-00155-8

Desafios de otimização em logística portuária | 2023

Desafio	Descrição resumida
16. Otimização da programação dos guindastes de pátio	Programar os *yard cranes* para reduzir a espera dos serviços, considerando espaço e carga de trabalho.
17. Alocação ótima de blocos do pátio	Definir onde armazenar os contêineres, reduzindo limitações de espaço e considerando suas características operacionais.
18. Redução do congestionamento nos gates dos terminais	Melhorar o padrão de chegada dos caminhões e reduzir custos e ineficiências na conexão com a hinterlândia.
19. Previsão de atrasos imprevistos dos caminhões	Antecipar horários de chegada e coletar previamente informações da carga rodoviária, melhorando o atendimento ao cliente.
20. Otimização das filas de caminhões nos gates	Reduzir filas, tempos de espera e custos de frete, priorizando entradas com base em dados.
21. Programação complexa de guindastes ferroviários RMG	Coordenar tarefas de carga, descarga e armazenagem, considerando complexidade e carga de trabalho.
22. Redução do excesso de espera de caminhões e trens	Diminuir o tempo improdutivo entre chegada e atendimento e evitar impactos sobre outras empresas da cadeia.
23. Integração dos sistemas individuais de agendamento	Coordenar horários de chegada com a capacidade interna dos terminais para reduzir tráfego e congestionamento.
24. Redução do tempo de giro de caminhões e trens	Minimizar o tempo total dentro do terminal, reduzir recursos necessários e diminuir impactos ambientais.
25. Reconhecimento de ativos portuários	Identificar, localizar e monitorar contêineres, caminhões e embarcações, evitando movimentações ineficientes.
26. Registro de danos em contêineres	Detectar, registrar e centralizar informações sobre avarias, reduzindo o tempo gasto em inspeções e declarações.
27. Previsão da demanda de contêineres	Prever a quantidade de contêineres que entrará no pátio para melhorar a eficiência do terminal.
28. Redução do tempo de permanência dos contêineres	Diminuir o *dwell time* e aumentar o throughput, considerando espaço disponível e horário de retirada.
29. Redução de emissões e ruído	Reduzir filas, congestionamentos, tempos de espera e tempos de giro em toda a área portuária.
30. Previsão do consumo de combustível e energia	Antecipar o consumo energético, inclusive de fontes renováveis, para reduzir emissões e enfrentar restrições energéticas.

Tabela 4 – Parte 2 - https://link.springer.com/article/10.1186/s41072-023-00155-8

Desafios de otimização em operação portuária moderna



O terminal é um sistema de operações + decisões acopladas

Berço

Alocar posição e janela de atracação.

Navio

Priorizar chegada, operação e liberação.

Guindastes STS

Sequenciar movimentos e produtividade.

Pátio

Reservar blocos, reduzir reshuffle.

Veículos

Despachar frota e tarefas internas.

Ferrovia

Formar blocos, composições e janelas.



O desafio

Cada decisão local altera capacidade, sequência e nível de serviço nas demais operações.

Otimizar um ponto isolado pode degradar o sistema.

A solução

Orquestrar decisões de forma integrada, otimizando o desempenho global do sistema portuário.

Mas ter uma visão consolidada é um desafio em operações atuais, por conectividade, dados, etc.

O processo de otimização moderno exige uma modelagem que considera as restrições reais em operação



Esse processo:

Problema portuário → Representação semântica → Formulação matemática → Solver/engine → Solução + métricas → Decisão operacional

Pode suportar um sistema de **Digital Twin em tempo real** ou um sistema de decisões em back-office.

Taxonomia: modelos, abordagens e ferramentas



Formulações / paradigmas

MILP • CP-SAT • QUBO • Ising • QP • MINLP



Solvers / engines

Gurobi • HiGHS • OR-Tools • CPLEX • SCIP • CBC



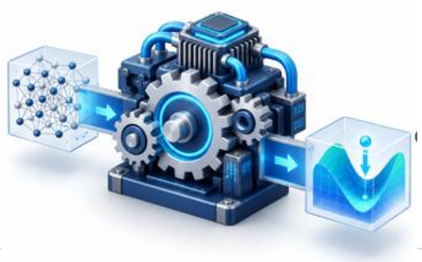
Heurísticas

LNS • busca local • simulated annealing • genetic algorithms • tabu search



Algoritmos especializados

Network flow • shortest path • matching • routing • dynamic programming



Quantum-ready

QUBO/Ising → quantum-inspired → annealing → micro-QAOA

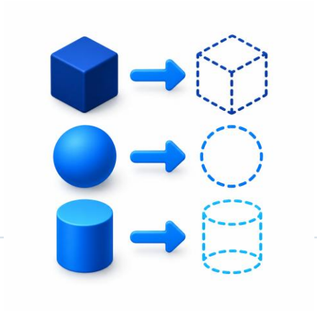


Experimentação

Instâncias • métricas • budgets • logs • gaps • factibilidade • comparação honesta

Note: Gurobi e HiGHS não são “modelos”, são solvers. MILP e QUBO são formas de formular. OR-Tools é uma suite.

Problemas Operacionais viram Problemas de Otimização



Alocação

Quem fica onde? Navio→berço, contêiner→bloco, veículo→tarefa.



Sequenciamento

Quem vem antes de quem? Navios, guindastes, ordens de produção.



Scheduling

Quando começa e termina? Janelas, calendários, recursos e no-overlap.



Roteirização

Por onde ir? Caminhões, AGVs, yard trucks, gate, pátio e ferrovia.



Capacidade

Quanto cabe? Berço, yard, gate, doca, equipe, energia, máquina.



Replanejamento

O que muda quando chega um evento? Atraso, falha, fila, clima, maré.

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

Alguns tipos de ferramentas de resolução para otimização

MILP: quando a decisão vira matemática linear

Mixed-Integer Linear Programming combina variáveis contínuas e inteiras com restrições lineares e objetivo linear.

Forma mental

min custo
sujeito a capacidade, fluxo, alocação, janelas, binárias

Variáveis típicas

x[i,b] = 1 se navio i usa berço b
y[i,j] = 1 se i vem antes de j
start[i] = início da operação



Força

Excelente para custos, capacidades, alocações, fluxos e comparação com gap.

Cuidado

Formulações grandes crescem rápido quando há muitos slots, precedências e conflitos.

Exemplo portuário

BAP formulado com binárias de alocação, início, duração e não sobreposição.

CP-SAT: quando a decisão vira regras discretas

Constraint Programming + SAT: variáveis inteiras/booleanas, restrições lógicas e busca por soluções viáveis e melhores.

Variáveis

- Booleanas, inteiras e intervalos:
- x[i,b] ∈ {0,1}
- start[i] ∈ Z
- interval[i] = início + duração

Restrições naturais

- ExactlyOne
- AtMostOne
- NoOverlap
- Cumulative
- Precedence
- Implications

Status de solução

- OPTIMAL
- FEASIBLE
- INFEASIBLE
- MODEL_INVALID
- UNKNOWN

Exemplo mental: cada navio recebe exatamente um berço; dois navios não ocupam o mesmo berço ao mesmo tempo; o início respeita ETA.



Heurísticas: soluções boas quando o relógio manda



Nem toda decisão operacional pode esperar uma prova de optimalidade.
Em muitas janelas, o importante é encontrar uma solução viável e boa rapidamente.

Busca local

Melhorar uma solução inicial trocando, movendo ou inserindo elementos.

Simulated Annealing

Explorar soluções aceitando pioras controladas para escapar de ótimos locais.

Genetic Algorithms

Evoluir populações de soluções por seleção, cruzamento e mutação.

LNS

Large Neighborhood Search: destruir e reconstruir partes da solução.

Tabu Search

Evitar ciclos e forçar exploração de regiões novas.

Uso correto

Comparar com MILP/CP-SAT em instâncias pequenas e usar em escala/tempo real quando fizer sentido.

QUBO: uma terceira modelagem combinatória essencial

QUBO significa **Quadratic Unconstrained Binary Optimization**: otimização quadrática sobre variáveis binárias.

Binário

Cada decisão vira 0/1: escolher, alocar, ligar/desligar, antes/depois, ocupa/não-ocupa.

$$\text{minimize} \quad x^T Q\, x$$

Quadrático

Interações entre pares de decisões: conflitos, compatibilidade, penalidades.



Sem restrições explícitas

Restrições são transformadas em penalidades dentro do objetivo.

QUBO é uma ponte natural para métodos métodos quânticos de solução, como algoritmos QAOA.

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO
Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

Quais são os desafios de **otimização** em **logística portuária?**

Resposta:

A **otimização de operações portuárias moderna** exige uma modelagem com as **restrições do mundo real.**

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO
Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

2

O que é uma arquitetura **AI-First** para decisões **operacionais complexas**?

Referências sobre GenAI



Um roadmap de IA desde 1956

Dartmouth Conference, 1956





C3PO

Machine learning

Deep learning

LLMs, SLMs, GPT, Gemini, Cloude, etc

Social excitement and concern

Success of AlphaGo, Libratus, etc...

Deep Learning

Autor Vehic

Autonomous Weapons

Human in the loop

Regulations for AI

Ethical AI

Responsible AI

Generative AI

Transformers

Super AI

General AI

Narrow AI

Boom 1

"GOFAI"

Boom 2

"Expert Systems"

Boom 3

"Machine Learning"



William Grey Walter's 1948 robot named "Elsie"

CORTANA

alexa

Winter 1

Winter 2

heuristic search

General Problem Solver

Samuels' Checkers Program

MIT, CMU, Stanford

Simon, Newell, McCarthy, Minsky

knowledge engineering

DENDRAL, MYCIN

PROLOG, Lisp

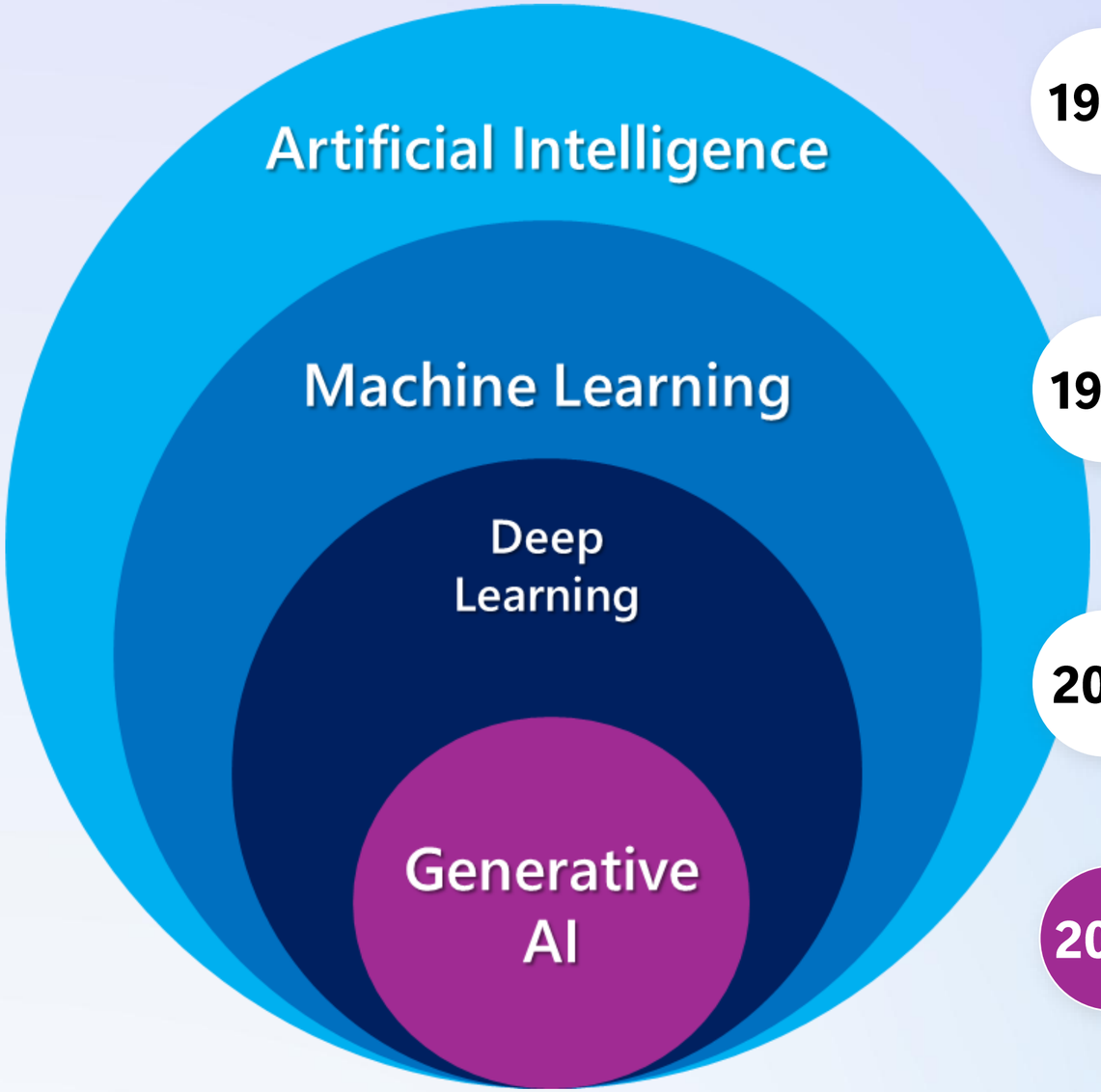
AAAI, JSAI

FGCS, SCI, MCC, Alvey, ESPRIT

Feigenbaum, Brooks

1960s 1970s 1980s 1990s 2000s 2010s 2020s 2023 2024

Uma Jornada de IA até IA Generativa



1956

Artificial Intelligence

O campo da ciência da computação que busca criar máquinas inteligentes que possam replicar a cognição e a inteligência humana.

1997

Machine Learning

Subconjunto de IA que permite que as máquinas aprendam com os dados existentes e melhorem esses dados para tomar decisões ou fazerem previsões melhores.

2012

Deep Learning

Uma técnica de aprendizado de máquina na qual muitas camadas de redes neurais são usadas para processar dados e tomar decisões mais complexas e profundas.

2022

Generative AI

Gera conteúdo a partir da derivação de dados usados em treinamento, exigindo grandes volumes para isso.

Visão Computacional para **Portos Inteligentes** já é bastante usada



Classificação de imagens



Detecção de objetos



Segmentação semântica



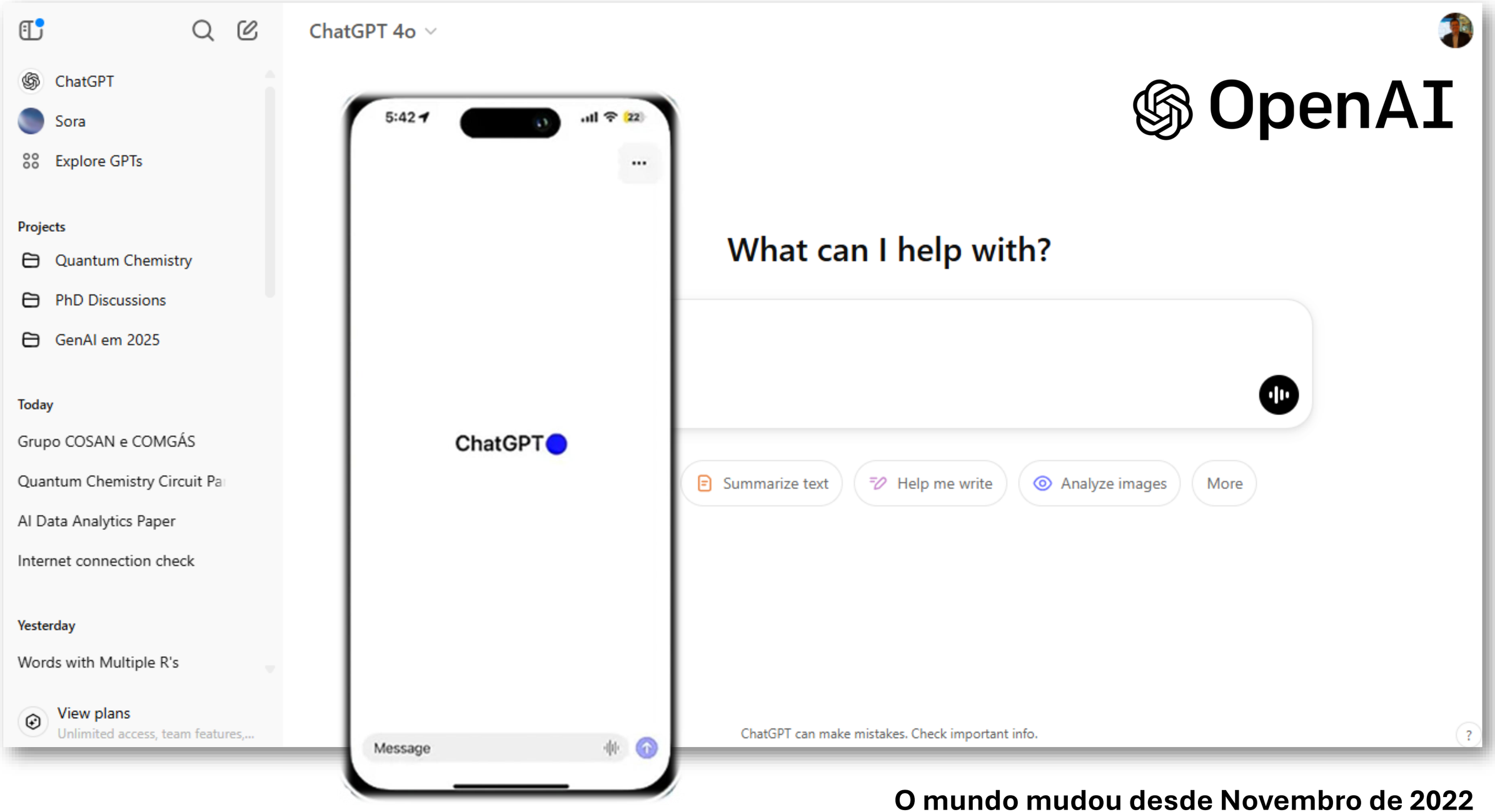
Análise de imagens



Reconhecimento facial



Reconhecimento Óptico de Caracteres



O mundo mudou desde Novembro de 2022

Arquitetura de Transformer | 2017

Provided proper attribution is provided, Google hereby grants permission to reproduce the tables and figures in this paper solely for use in journalistic or scholarly works.

Attention Is All You Need

Ashish Vaswani*
Google Brain
avaswani@google.com

Noam Shazeer*
Google Brain
noam@google.com

Niki Parmar*
Google Research
nikip@google.com

Jakob Uszkoreit*
Google Research
usz@google.com

Llion Jones*
Google Research
llion@google.com

Aidan N. Gomez* †
University of Toronto
aidan@cs.toronto.edu

Łukasz Kaiser*
Google Brain
lukaszkaiser@google.com

Illia Polosukhin* ‡
illia.polosukhin@gmail.com

O artigo que mudou tudo sobre IA generativa

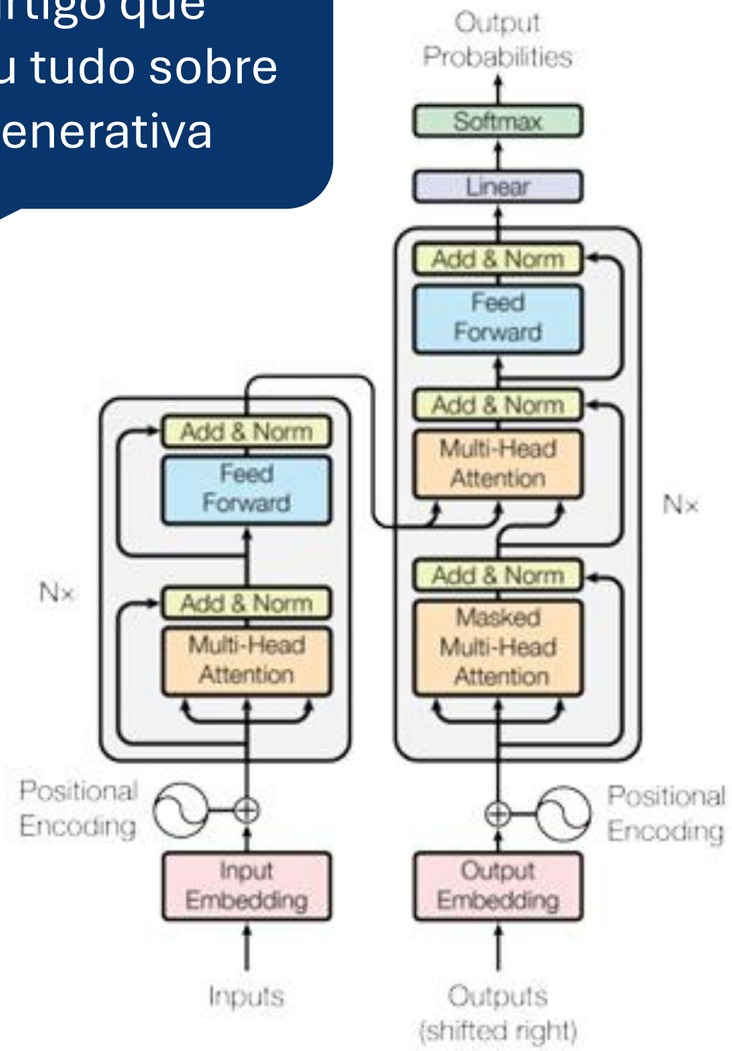
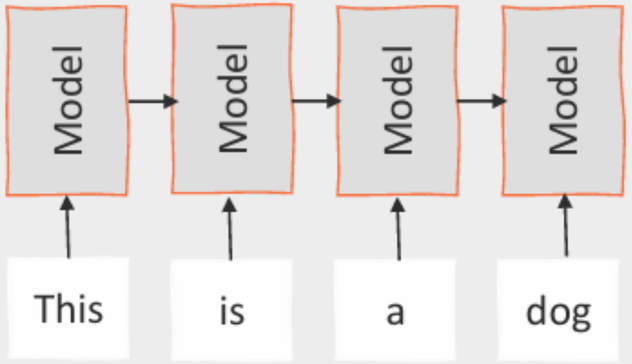


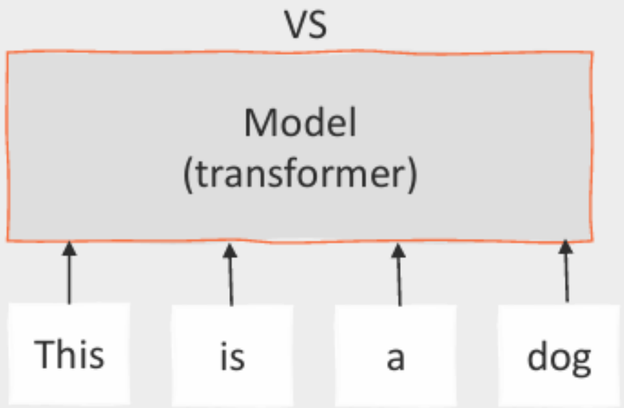
Figure 1: The Transformer - model architecture.

VASWANI, Ashish et al. Attention is all you need. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, 2017. https://arxiv.org/abs/1706.03762

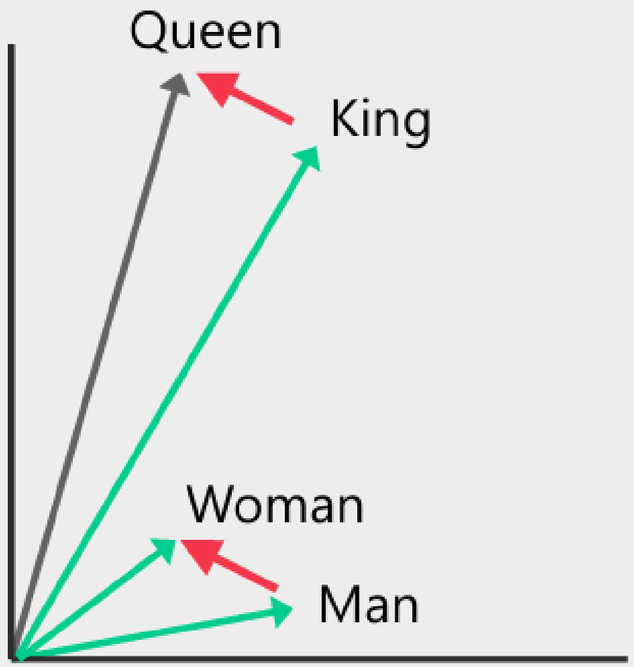
Arquitetura de Transformer | 2017

As IAs generativas são baseadas na previsão do próximo TOKEN

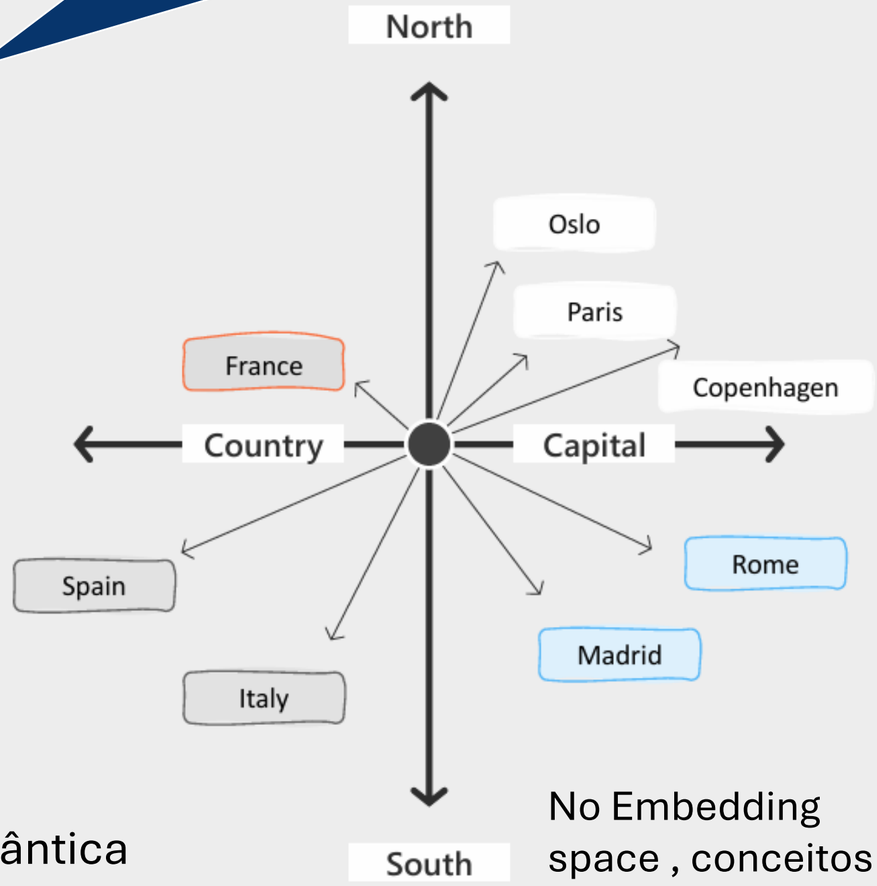




Processamento paralelo



Text embedding captura a semântica através da distância entre vetores



No Embedding space , conceitos similares estão mais próximos

VASWANI, Ashish et al. Attention is all you need. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, 2017. https://arxiv.org/abs/1706.03762

Regras para a formação de um bom **Prompt**

1. Instruções claras
2. Quebras tarefas complexas em subtarefas
3. Prompt a explicação antes de pedir uma resposta
4. Pedir justificativas para muitas respostas possíveis e depois sumarizar
5. Gere muitas saídas, então peça para o modelo escolher a melhor
6. Encadear pensamentos
7. A ordem dos prompts importa!
8. Forneça exemplos curtos do que espera

Vibe Coding para Protótipos

1. Objetivo do projeto

A aplicação deve funcionar como uma **POC visual e um protótipo navegável**, demonstrando como operadores portuários poderiam:

- visualizar chegadas previstas de navios;
- acompanhar ETAs e possíveis atrasos;
- planejar a alocação de navios em berços;
- identificar conflitos de scheduling;
- ajustar horários de atracação e desatracação;
- comparar cenários operacionais;
- acompanhar indicadores básicos da operação do terminal.

O objetivo principal desta versão é apresentar um excelente **look and feel**, uma experiência de navegação convincente e interações realistas para demonstrações executivas. Não construir uma aplicação de produção nesta fase.

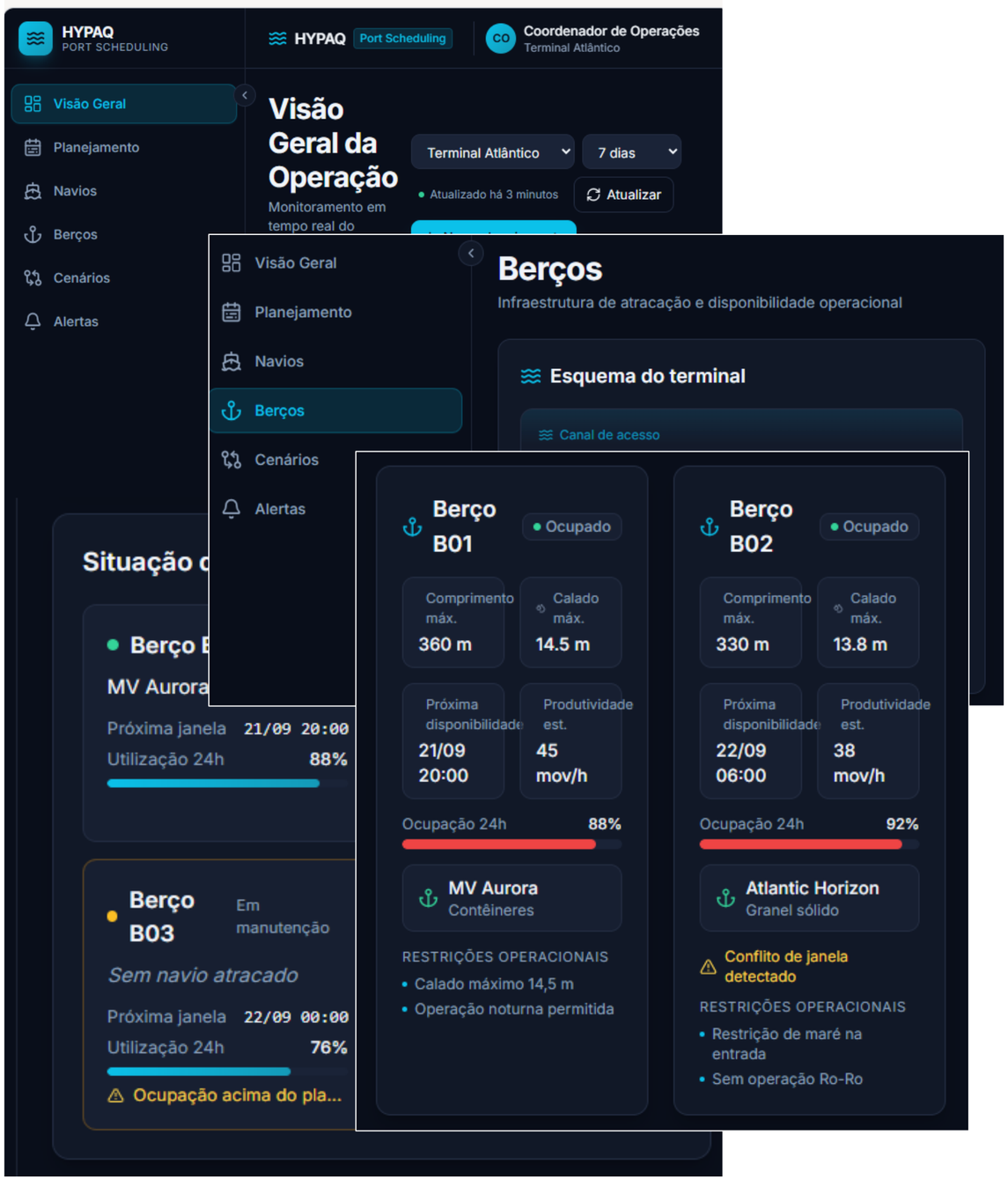
2. Escopo técnico desta versão

Criar somente um protótipo front-end funcional com dados simulados. • • •

Requisitos:

- utilizar dados mockados locais;
- não criar autenticação;
- não criar banco de dados;
- não configurar Supabase;
- não criar APIs externas;
- não integrar AIS, TOS, ERP, meteorologia ou sistemas reais;
- não criar pagamentos ou funcionalidades comerciais;
- não solicitar chaves de API;
- todas as alterações realizadas pelo usuário podem existir apenas no estado local da aplicação;
- incluir estados de loading, vazio, sucesso, alerta e erro apenas para demonstração visual.

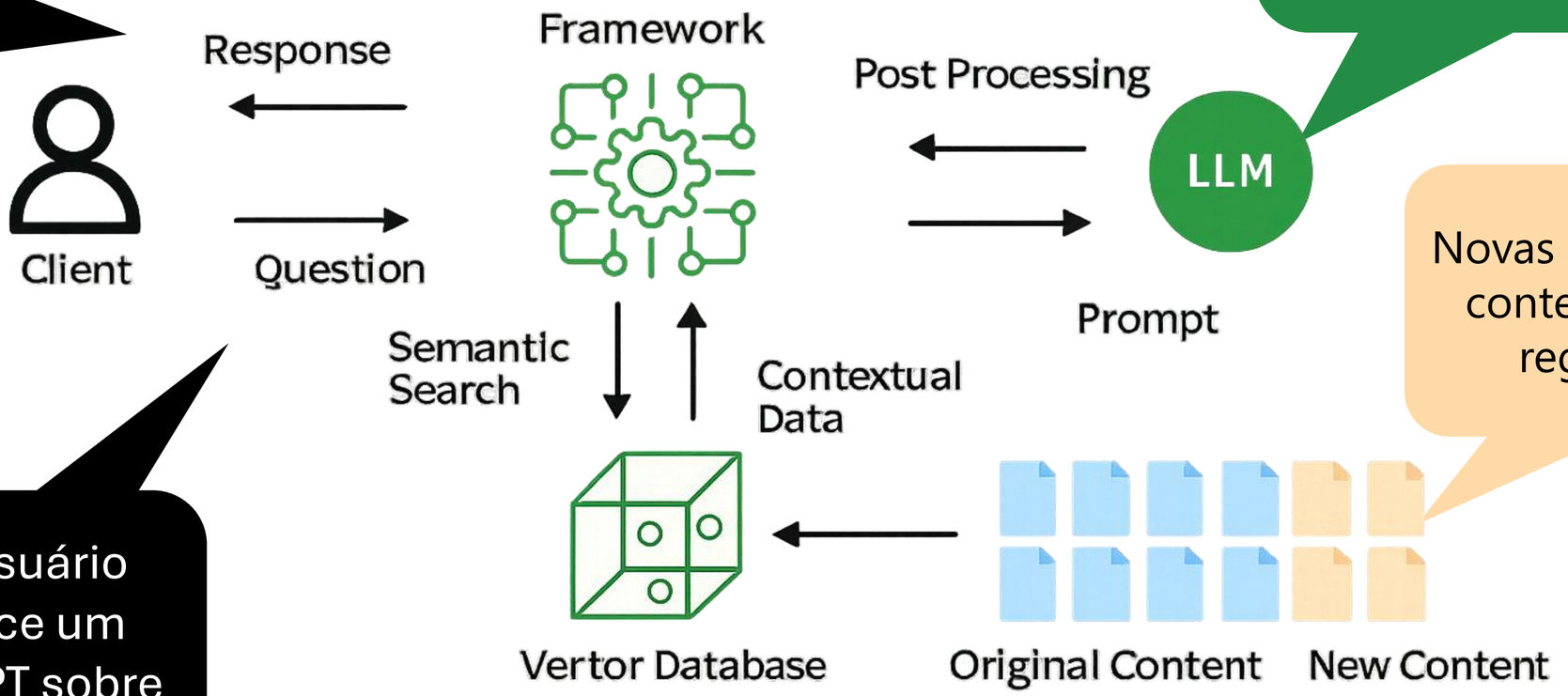
A aplicação deve parecer funcional, mesmo usando dados simulados. .... • • •



Retrieval Augmentation Generation (RAG)

O modelo GenAI contratado é acessado recebendo PROMPT + CONTEXTO

A resposta retorna mais específica para o cenário local



Novas atualizações de contexto são feitas regularmente

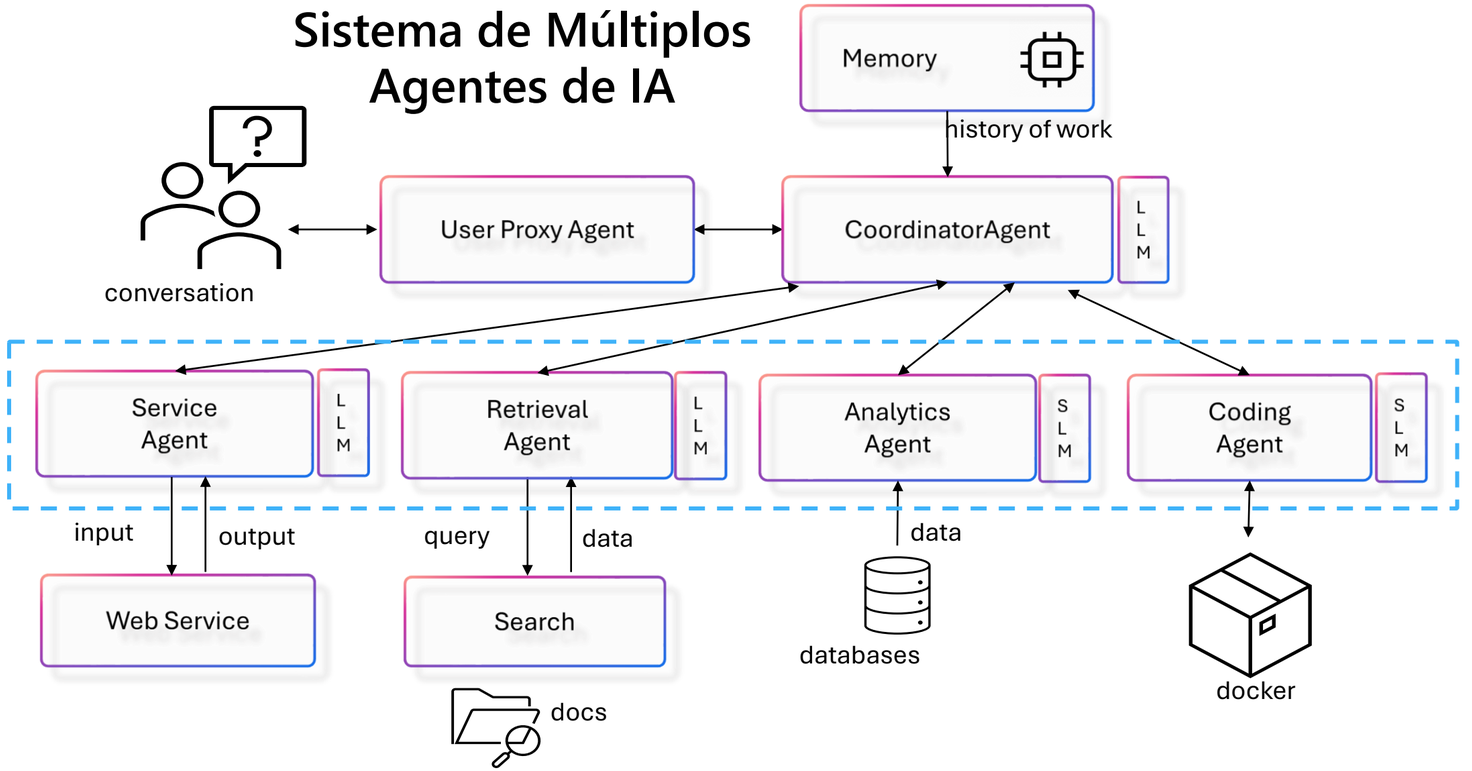
Um usuário fornece um PROMPT sobre um tema

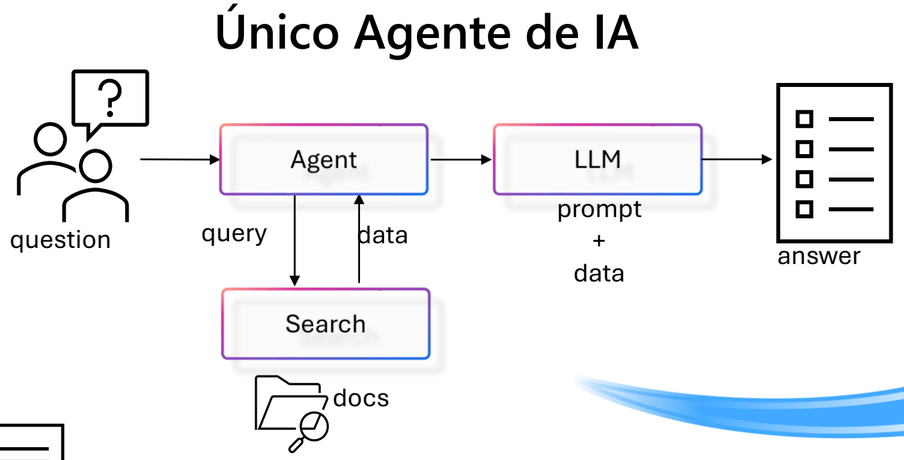
Dados locais de contexto enriquecem o PROMPT original do usuário

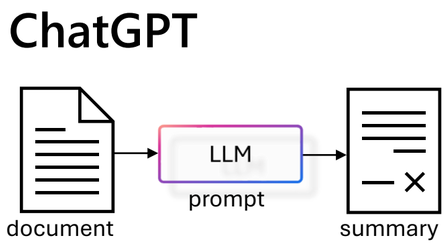
Fonte: https://www.geeksforgeeks.org/nlp/rag-architecture/

Uma nova arquitetura de múltiplos agentes de IA está nascendo nas empresas

Uma nova camada de agentes de IA







A IA está evoluindo de interações isoladas com LLMs para assistentes de agente único e agora para sistemas coordenados de múltiplos agentes, que colaboram, raciocinam e atuam integrados a ferramentas, memória e serviços.

Quickstart: Get started with multi-agent applications by using Azure OpenAI
https://learn.microsoft.com/en-us/azure/developer/ai/get-started-multi-agents?tabs=github-codespaces

Exemplo de agenda com **NVIDIA NeMo Agent Toolkit**

```
pip install "nvidia-nat[langchain]“

export NVIDIA_API_KEY=<your_api_key>
```

Definindo a função

Definindo o modelo LLM que será usado

Definindo o comportamento do agente

```yaml
functions:
  # Add a tool to search wikipedia
  wikipedia_search:
    _type: wiki_search
    max_results: 2

llms:
  # Tell NeMo Agent Toolkit which LLM to use for the agent
  nim_llm:
    _type: nim
    model_name: meta/llama-3.1-70b-instruct
    temperature: 0.0

workflow:
  # Use an agent that 'reasons' and 'acts'
  _type: react_agent
  # Give it access to our wikipedia search tool
  tool_names: [wikipedia_search]
  # Tell it which LLM to use
  llm_name: nim_llm
  # Make it verbose
  verbose: true
  # Retry up to 3 times
  parse_agent_response_max_retries: 3
```

Exemplo de prompt

nat run --config_file workflow.yml --input **“Listar 5 tipos de terminais de operação em portos"**

Exemplo de resposta

['Here are five types of port terminals:\n\n1. Container terminal\n2. Dry bulk terminal\n3. Liquid bulk terminal\n4. General cargo terminal\n5. Ro-Ro (Roll-on/Roll-off) terminal']

https://docs.nvidia.com/nemo/agent-toolkit/latest/index.html

O que é uma **Arquitetura AI-First** em **operações portuárias?**



1 **IA sobre dados integrados e confiáveis**

Uma visão única da operação

2 **Monitoramento em tempo real com IA**

Visibilidade de pátios, berços e ativo com Digital Twin + IA

3 **IA para previsão e antecipação**

IA para prever riscos, atrasos e falhas

4 **IA para a decisão e otimização assistidas**

Definição de melhores recursos, agendas, rotas e sequências

5 **Arquitetura aberta, segura e escalável**

Integração, APIs, governança, observabilidade, e rastreabilidade

arXiv

Computer Science > Other Computer

[Submitted on 29 Aug 2024]

Artificial Intelligence-base
Safety in Port Logistics: A

Sunghyun Sim, Dohee Kim, Kikun Park,

The increase in global trade, the impact of C
address these challenges, the port logistics
related to productivity, environment, and saf
framework (PLMF) that facilitates communic
modules related to productivity, environmen
prediction of expected time of arrival, dynan
hazardous ship routes and accidents betwe
predicting the expected arrival time of ships
7.3 million dollars annually, along with a 79
platform for various stakeholders in port log
simulations.

Subjects: **Other Computer Science (cs.OH)**
Cite as: arXiv:2409.10519 **[cs.OH]**
(or arXiv:2409.10519v1 **[cs.OH]** for this ver
https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.10519

Submission history

From: Sunghyun Sim [view email]
[v1] Thu, 29 Aug 2024 21:16:08 UTC (2,231 KB)

arxiv.org/abs/2409.10519

Artificial Intelligence-based Smart Port Logistics Metaverse for Enhancing Productivity, Environment, and Safety in Port Logistics: A Case Study of Busan Port

Sunghyun Sim[a,†], Dohee Kim[b,†], Kikun Park[c,†], Hyerim Bae[d,‡]

[a]*Department of Industrial Management Big Data Engineering, Dongeui University, Busanjin Gu, 47340 Busan, South Korea, ssh@deu.ac.kr*

[b]*Safe and Clean Supply Chain Research Center, Pusan National University, Geumjeong-gu, Busan 46241, South Korea, kimdohee@pusan.ac.kr*

[c]*Department of Industrial Engineering, Pusan National University, Geumjeong-gu, Busan 46241, South Korea, doublekpark@pusan.ac.kr*

[d]*Department of Data Science, Graduate School of Data Science, Pusan National University, Geumjeong-gu, Busan 46241, South Korea, hrbae@pusan.ac.kr*

[†]***These authors contributed equally to this work,*** [‡]***Corresponding author***

Abstract. The increase in global trade, the impact of COVID-19, and the tightening of environmental and safety regulations have brought significant changes to the maritime transportation market. To address these challenges, the port logistics sector is rapidly adopting advanced technologies such as big data, Internet of Things, and AI. However, despite these efforts, solving several issues related to productivity, environment, and safety in the port logistics sector requires collaboration among various stakeholders. In this study, we introduce an AI-based port logistics metaverse framework (PLMF) that facilitates communication, data sharing, and decision-making among diverse stakeholders in port logistics. The developed PLMF includes 11 AI-based metaverse content modules related to productivity, environment, and safety, enabling the monitoring, simulation, and decision making of real port logistics processes. Examples of these modules include the prediction of expected time of arrival, dynamic port operation planning, monitoring and prediction of ship fuel consumption and port equipment emissions, and detection and monitoring of hazardous ship routes and accidents between workers and port equipment. We conducted a case study using historical data from Busan Port to analyze the effectiveness of the PLMF. By predicting the expected arrival time of ships within the PLMF and optimizing port operations accordingly, we observed that the framework could generate additional direct revenue of approximately 7.3 million dollars annually, along with a 79% improvement in ship punctuality, resulting in certain environmental benefits for the port. These findings indicate that PLMF not only provides a platform for various stakeholders in port logistics to participate and collaborate but also significantly enhances the accuracy and sustainability of decision-making in port logistics through AI-based simulations.

Keywords: AI-based Metaverse, Port Logistic Metaverse Framework, Safety and Clean Port Logistics

Search Submit Donate Log in

Desde 2024

ivity, Environment, and

he maritime transportation market. To
spite these efforts, solving several issues
e an AI-based port logistics metaverse
MF includes 11 AI-based metaverse content
mples of these modules include the
ns, and detection and monitoring of
ze the effectiveness of the PLMF. By
te additional direct revenue of approximately
dicate that PLMF not only provides a
on-making in port logistics through AI-based



ation Berthing Port Operation

m Port Air Quality Information System

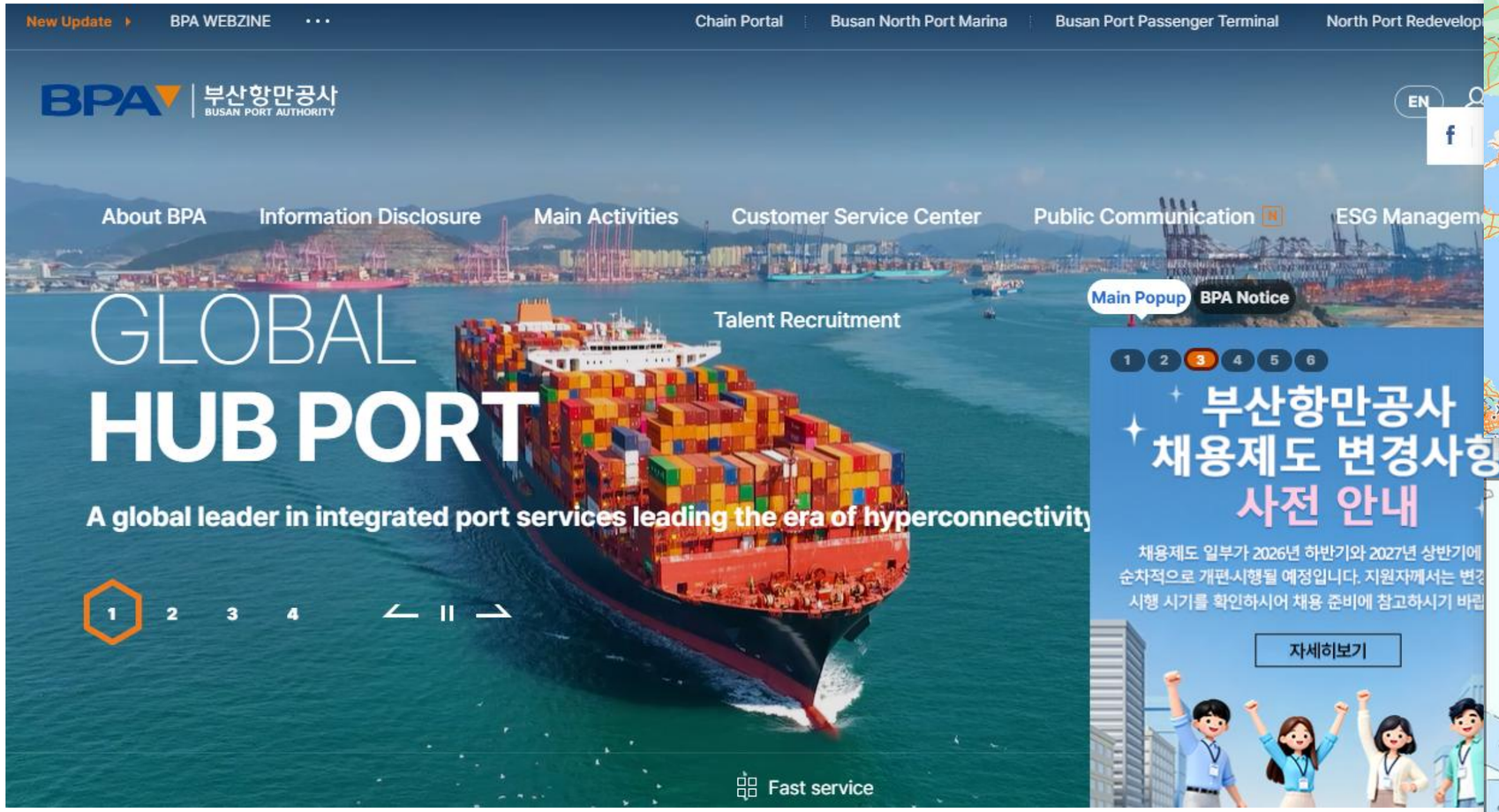
rt Community System Port Operation System

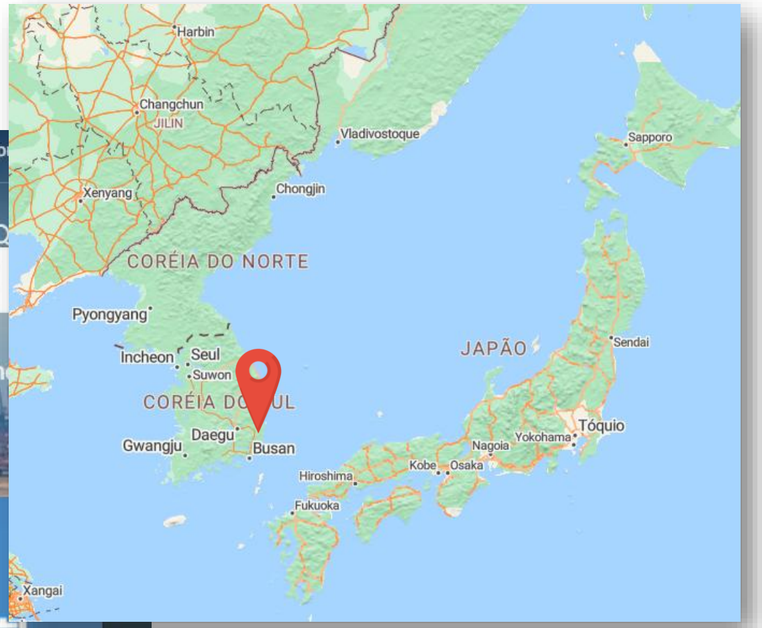
TM CRU Cross Dimensional Dependency Network

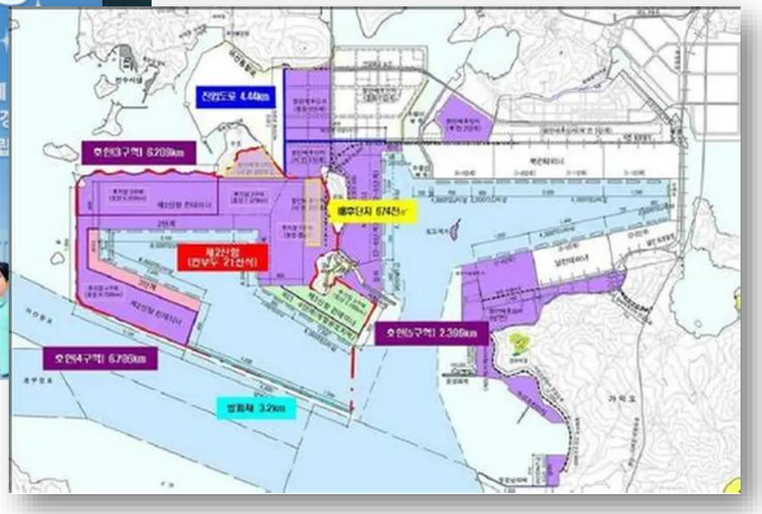
Neural ODE Deep Collaborative Learning Reinforcement Learning Heuristic Approach

O que é uma **Arquitetura AI-First** em **operações portuárias?**

Estudo de caso do **Porto de Busan**, Coréia do Sul



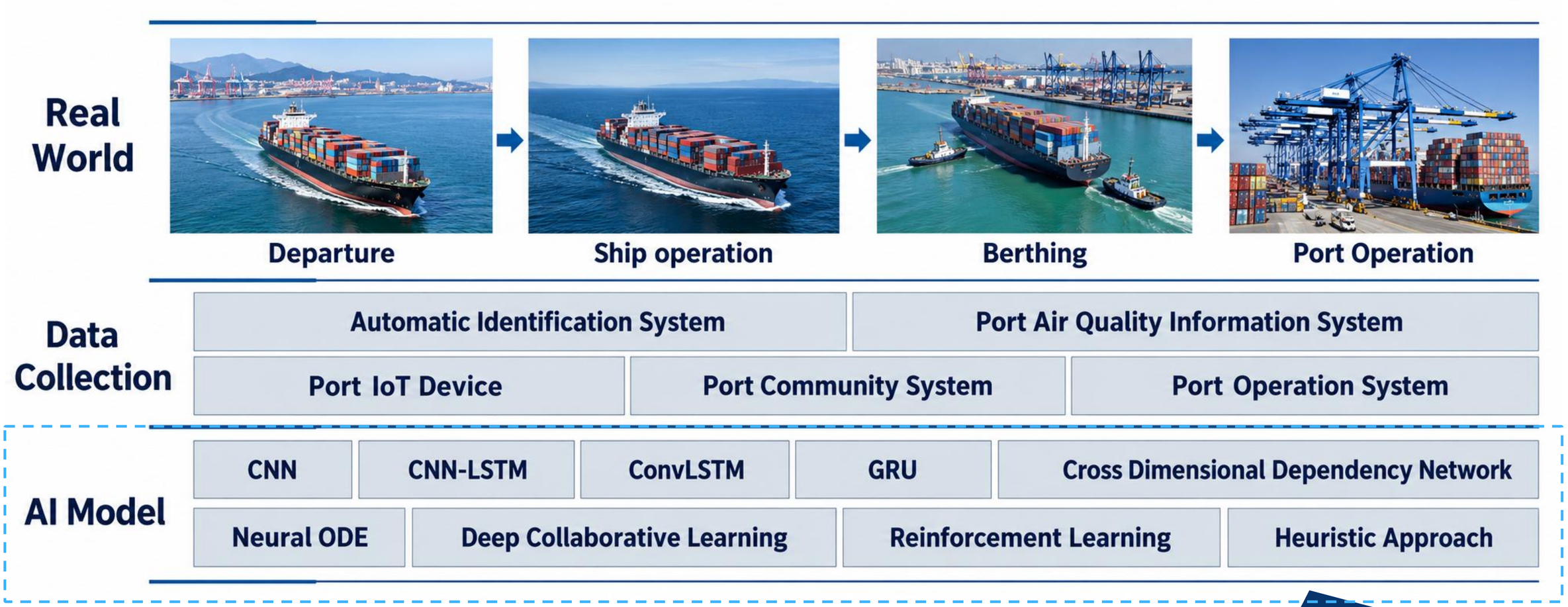




arxiv.org/abs/2409.10519

O que é uma **Arquitetura AI-First** em **operações portuárias?**

Estudo de caso do **Porto de Busan**, Coréia do Sul



arxiv.org/abs/2409.10519

Uma nova camada de agentes de IA

O que é uma **Arquitetura AI-First** em **operações portuárias?**

Porto de Busan, Coréia do Sul

arxiv.org/abs/2409.10519

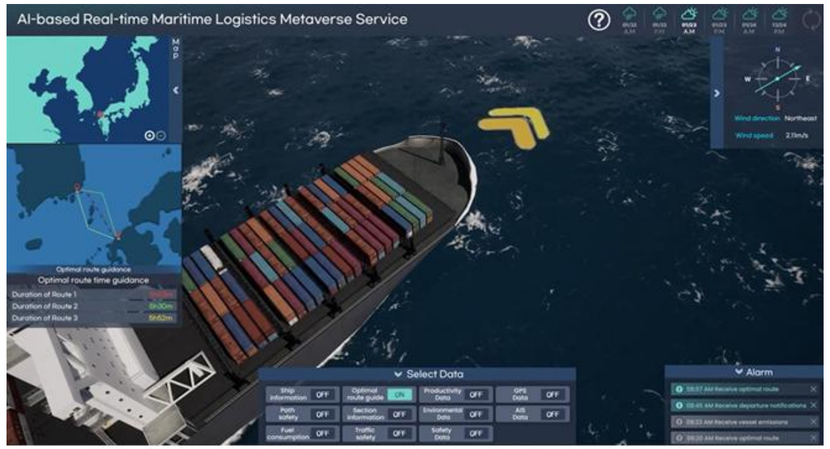


Figure 4. Example of ETA prediction service in PLMF.

Serviço de predição de ETA

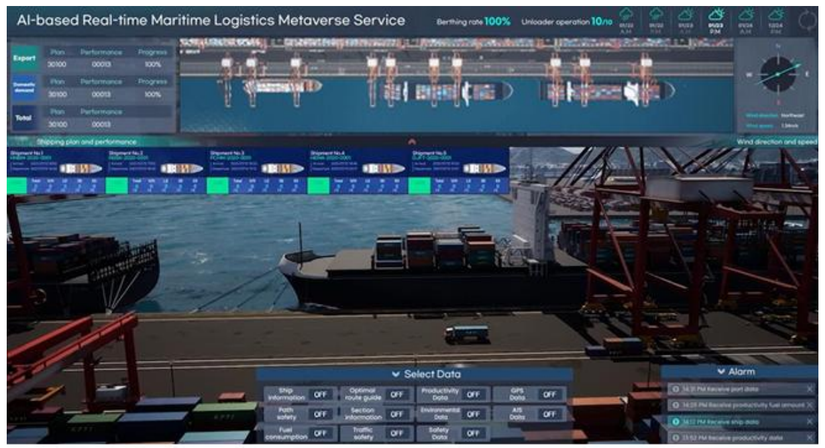


Figure 5. Example of a port operation optimization service in PLMF.

Serviço de otimização de operações



Figure 6. Example of a ship fuel consumption monitoring service in PLMF.

Serviço de monitoração de combustível

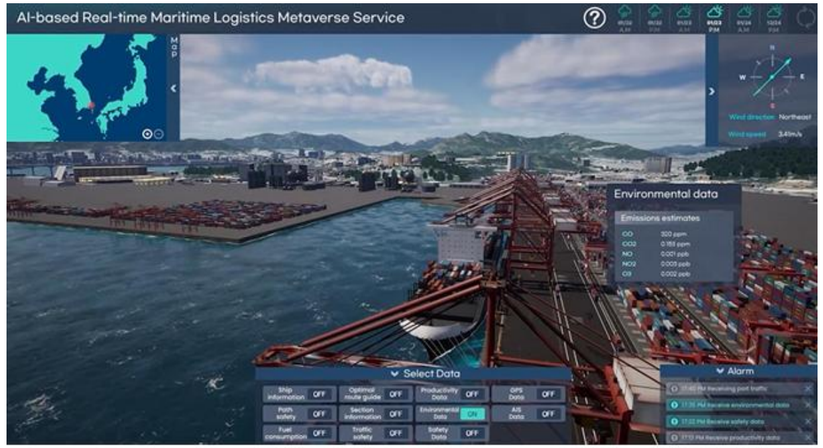


Figure 7. Example of hazardous areas detection service in PLMF.

Serviço de detecção de áreas de risco

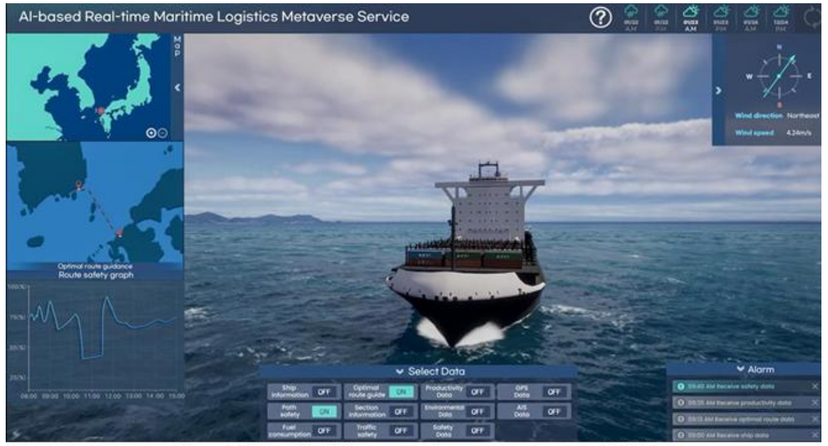


Figure 8. Example of ship route risk assessment service in PLMF.

Serviço de identificação de rotas de risco

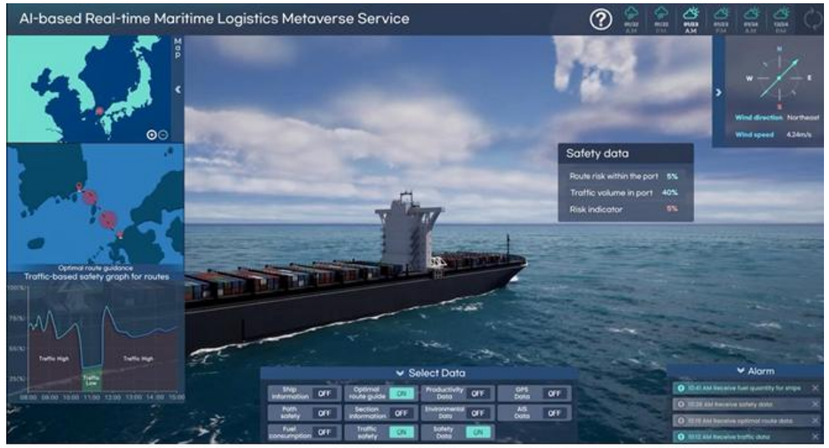


Figure 9. Example of hazardous areas detection service in PLMF.

Serviço de identificação de áreas de risco

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Millenium Centro de Convenções São Paulo | SP

O que é uma arquitetura **AI-First** para decisões **operacionais complexas**?

Resposta:

Um desenho de solução que contempla uma **camada de IA** para suportar **diferentes serviços**, como predição, segurança, produtividade e tomada de decisões de forma estratégica.

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

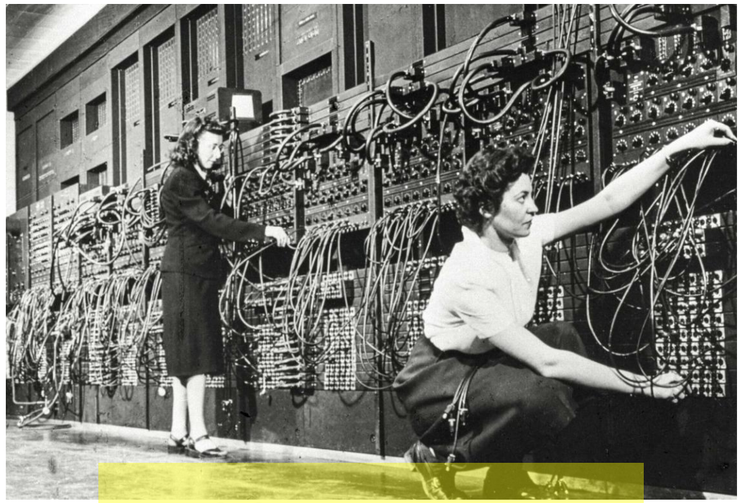
07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

3

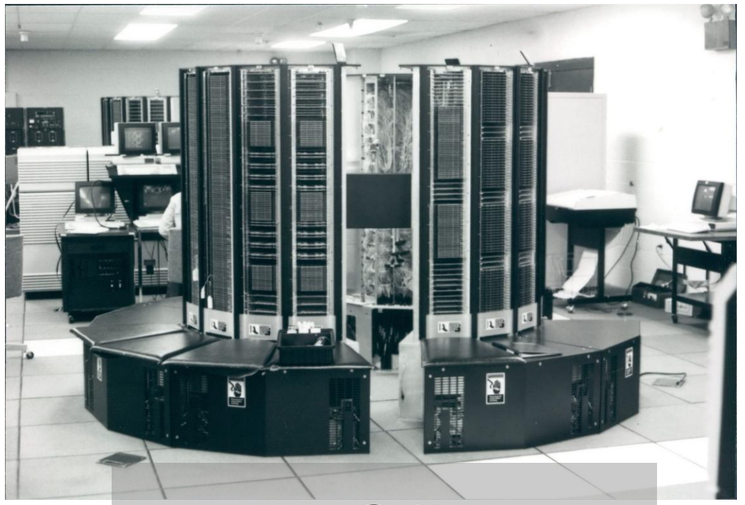
Qual é o papel da **computação quântica** na próxima geração de **otimização logística?**

Um novo paradigma de computação está se formando



ENIAC

ESCALAR | 1946



CRAY

VETORIAL



HPC

PARALELA / BIG DATA



GPU / AI



QUANTUM | 2026

Em 1925, **Werner Heinsenberg** publicou o artigo fundamental da **mecânica quântica**, rompendo com a física clássica

100 YEARS of Quantum Mechanics is just beginning...

Em 1925, **Max Born** e **Pascual Jordan** publicaram o artigo dando origem à chamada **mecânica matricial**.

Em 1925, tivemos ainda trabalhos de **Wolfgang Pauli, Paul Dirac,** entre outros

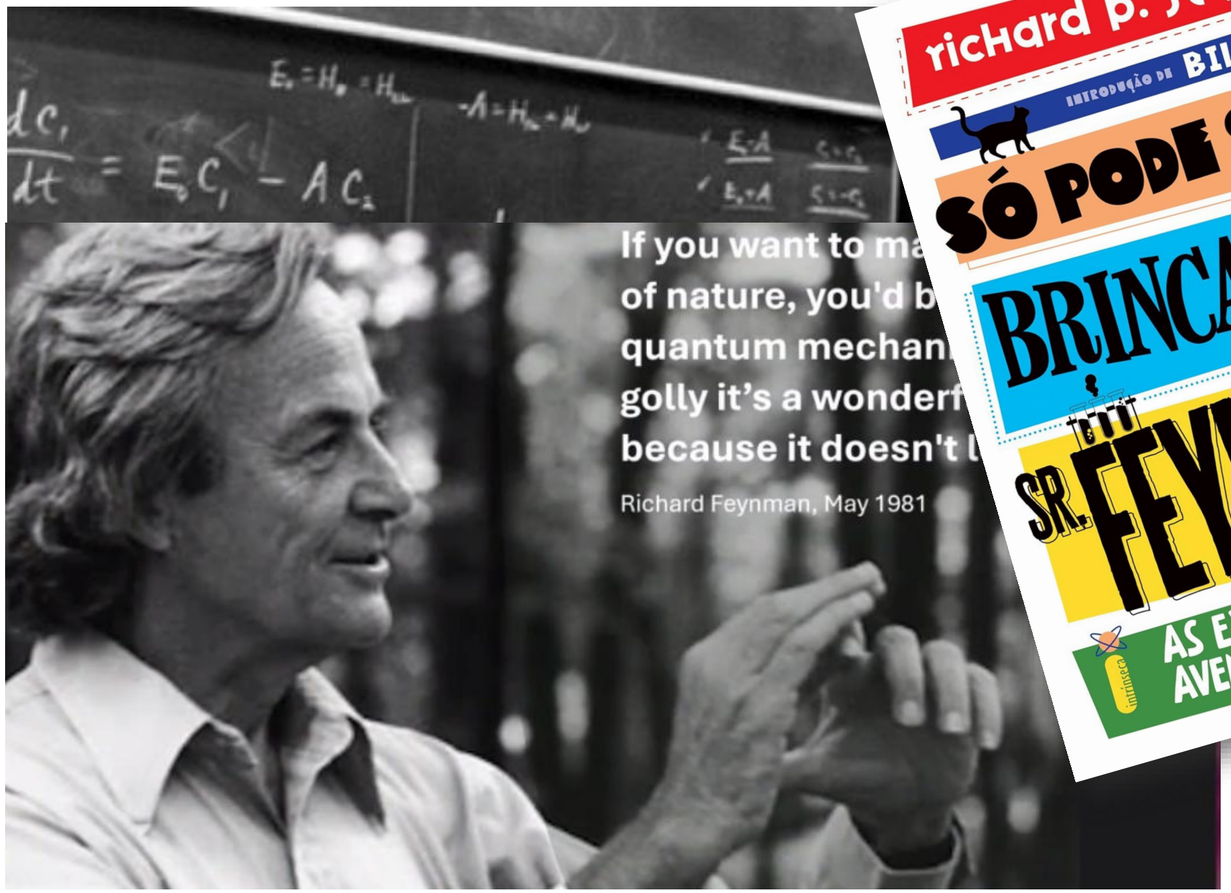
Em 1998 tivemos o primeiro computador quântico de 2 qubits em **Los Alamos**

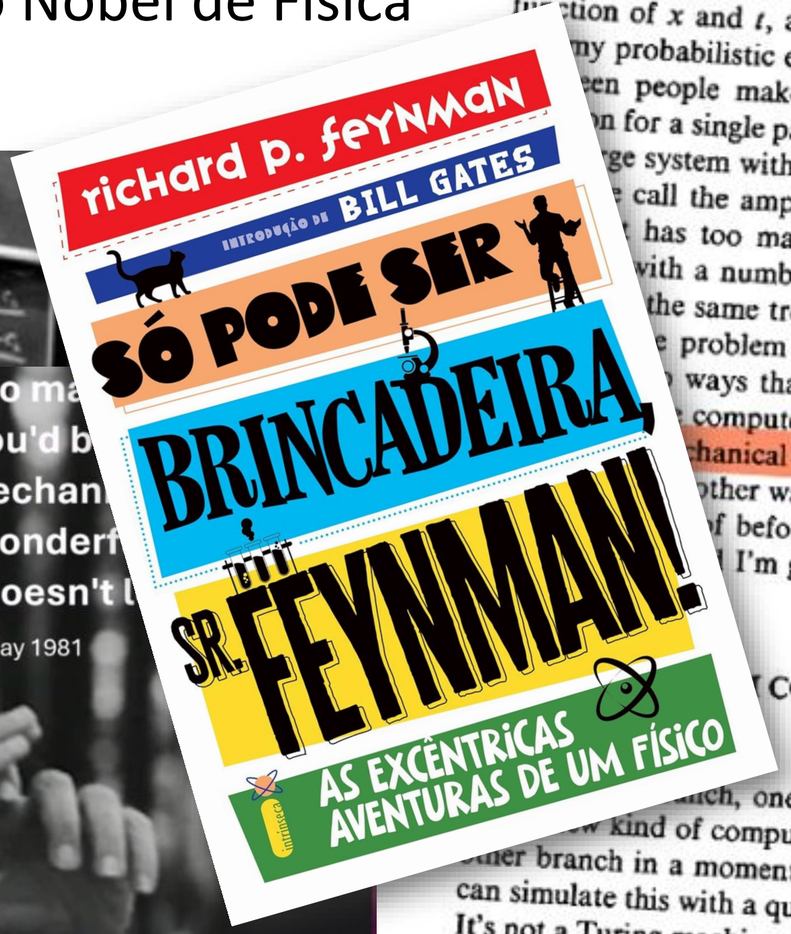
Em 1981, **Richard Feynman** e outros exploram como seria uma máquina quântica



Richard Feynman

Richard Phillips Feynman foi um físico teórico americano, vencedor do Prêmio Nobel de Física em 1965.



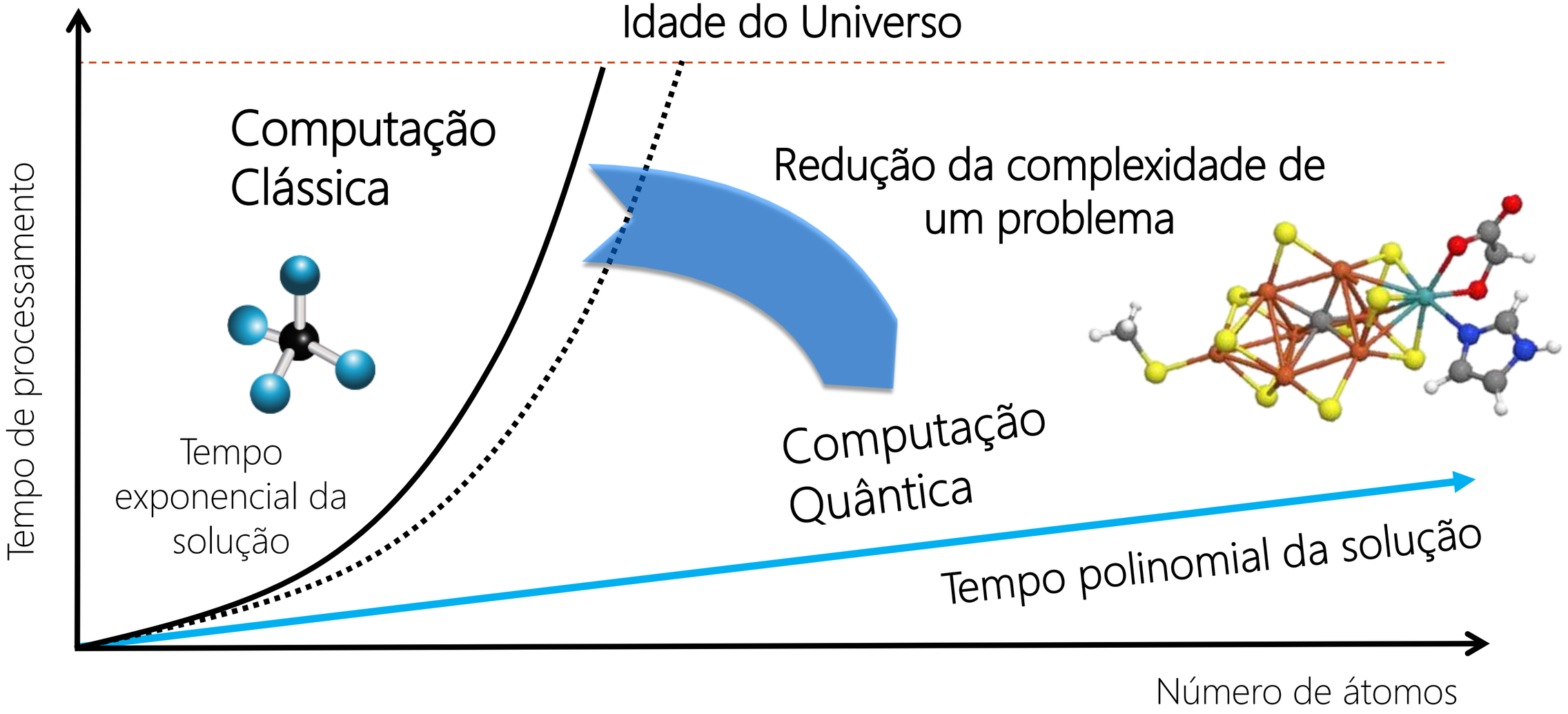


The Physics of Computation seminars , Caltech (1981)

Now I explicitly go to the question of how we can simulate with a computer—a universal automaton or something—the quantum-mechanical effects. (The usual formulation is that quantum mechanics has some sort of a differential equation for a function ψ.) If you have a single particle, ψ is a function of x and t, and this differential equation could be simulated just my probabilistic equation was before. That would be all right and one een people make little computers which simulate the Schröedinger n for a single particle. But the full description of quantum mechanics ge system with R particles is given by a function $\psi(x_1, x_2, \ldots, x_R, t)$ call the amplitude to find the particles $x_1, \ldots, x_R$, and therefore, has too many variables, it *cannot be simulated* with a normal with a number of elements proportional to R or proportional to the same troubles with the probability in classical physics. And problem is, how can we simulate the quantum mechanics? ways that we can go about it. We can give up on our rule computer was, we can say: Let the computer itself be built hanical elements which obey quantum mechanical laws. Or other way and say: Let the computer still be the same kind f before—a logical, universal automaton; can we imitate I'm going to separate my talk here, for it branches into

COMPUTERS—UNIVERSAL QUANTUM SIMULATORS

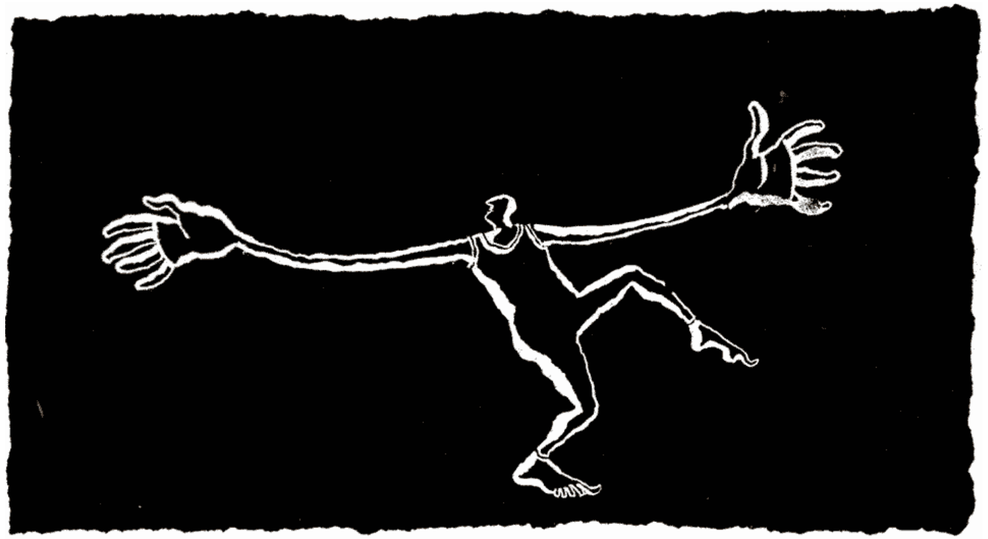
ich, one you might call a side-remark, is, Can you do it w kind of computer—a quantum computer? (I'll come back to the her branch in a moment.) Now it turns out, as far as I can tell, that you can simulate this with a quantum system, with quantum computer elements. It's not a Turing machine, but a machine of a different kind. If we disregard the continuity of space and make it discrete, and so on, as an approximation (the same way as we allowed ourselves in the classical case), it does



Computação quântica pode endereçar problemas intratáveis para computação clássica

Desde 2017

The Economist

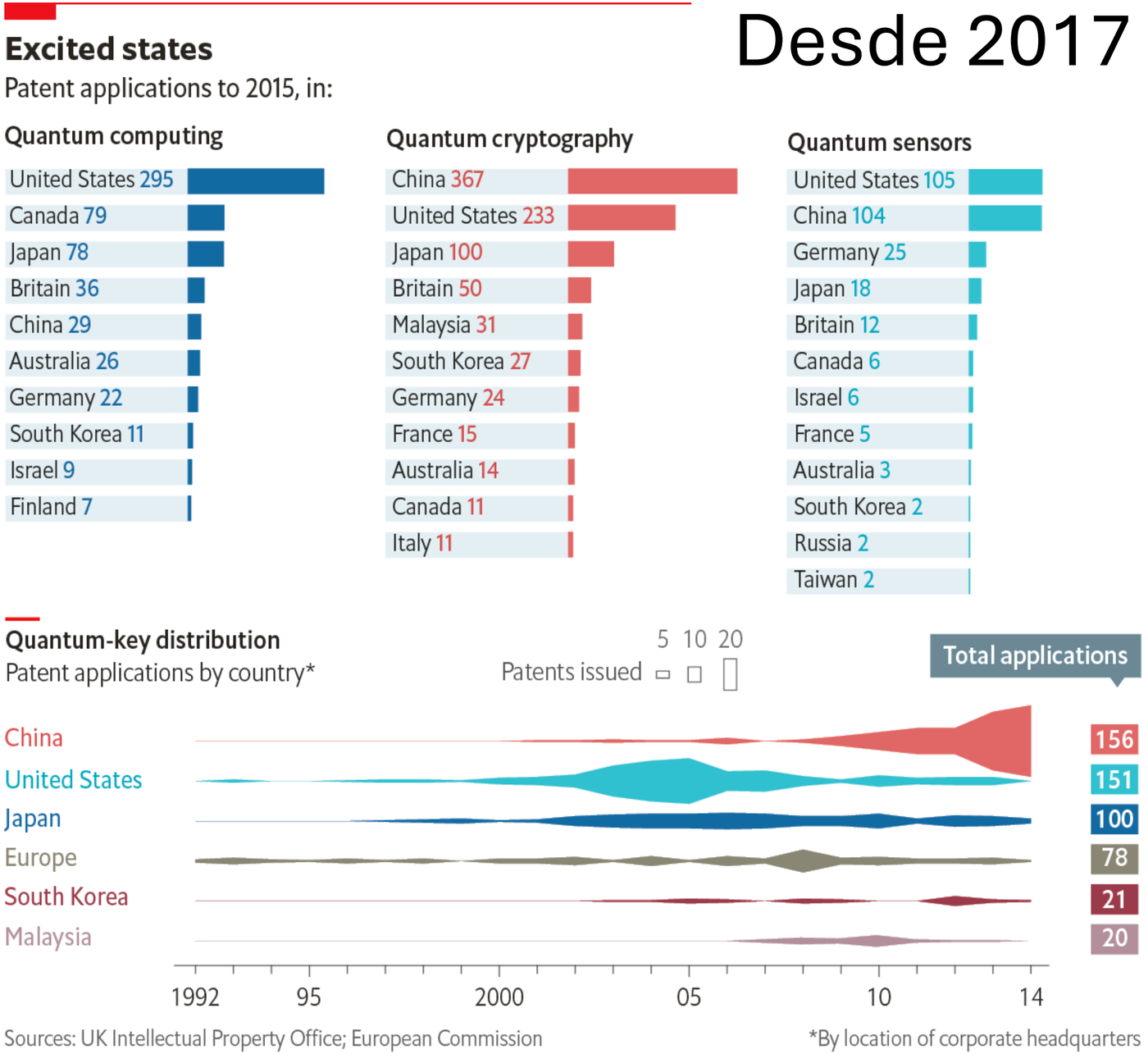


TECHNOLOGY QUARTERLY

HERE, THERE AND EVERYWHERE

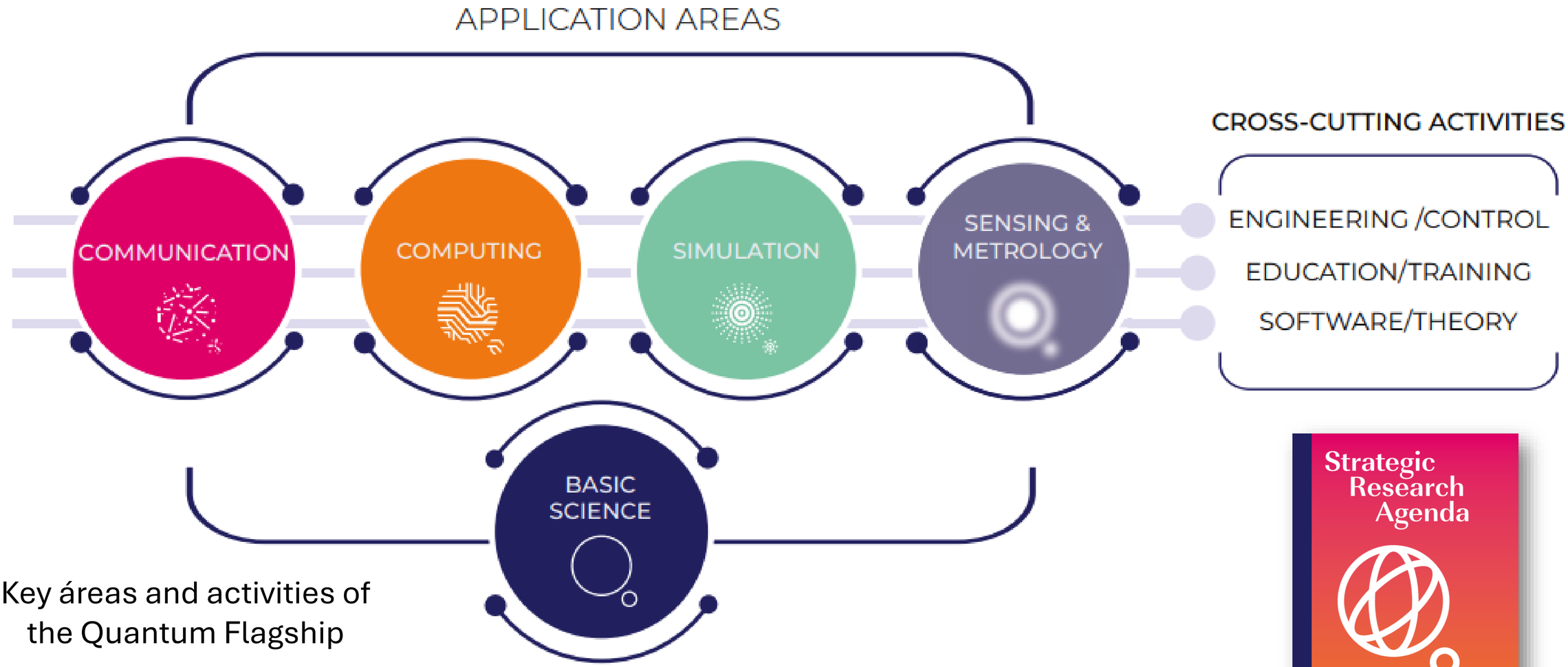
Quantum technology is beginning to come into its own.

https://www.economist.com/news/essays/21717782-quantum-technology-beginning-come-its-own



Europe Quantum Flagship | Desde 2020

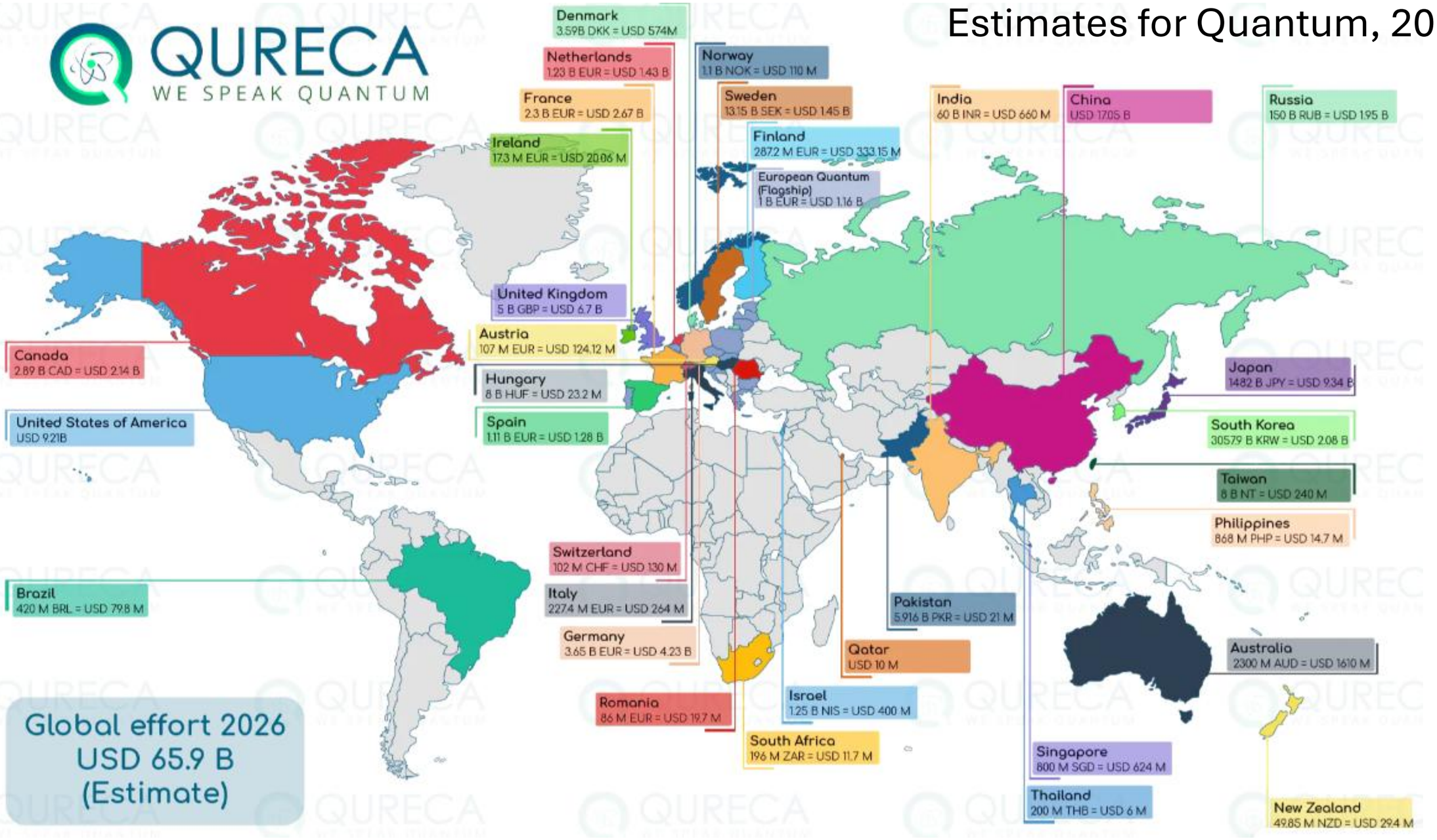
Consolidating and expanding quantum researches



Key áreas and activities of the Quantum Flagship

https://qt.eu//app/uploads/2020/04/Strategic_Research-_Agenda_d_FINAL.pdf

Estimates for Quantum, 2026



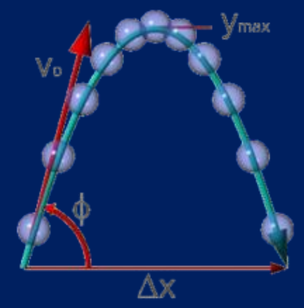
https://www.qureca.com/quantum-initiatives-worldwide/

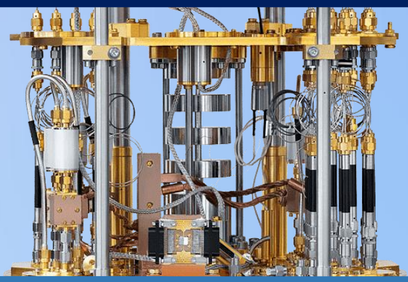
Atualização: jun 2026

Como definir a Computação Quântica?

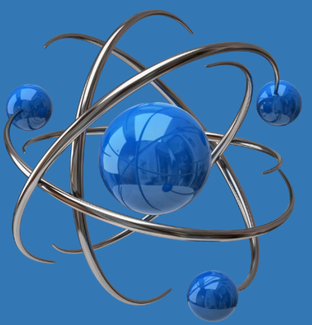
Um novo **modelo computacional** que usa **princípios de mecânica quântica** para a solução de **problemas complexos**, com impacto para diferentes indústrias.

A **mecânica clássica** é a parte da física que estuda o movimento, as variações de energia e as forças que atuam sobre um **corpo**.



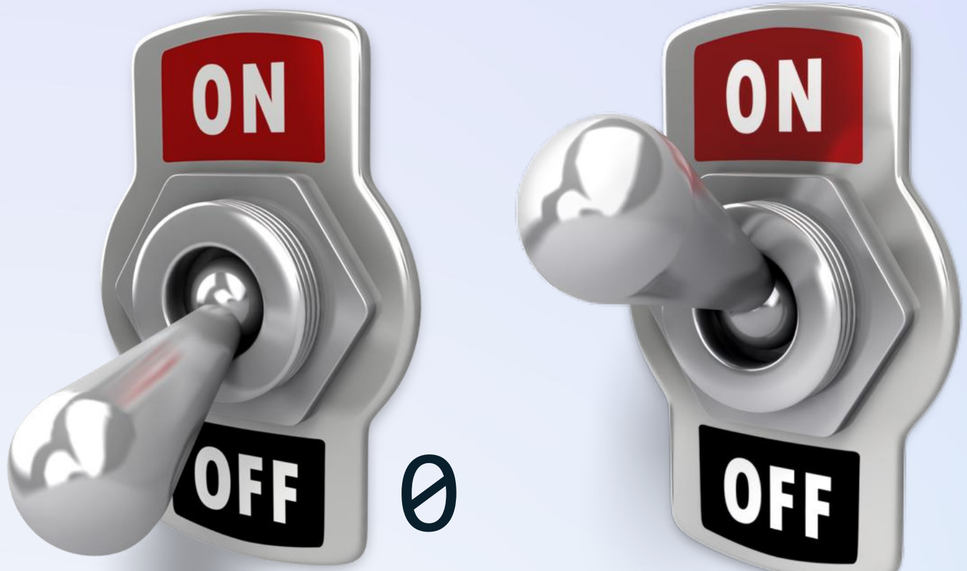


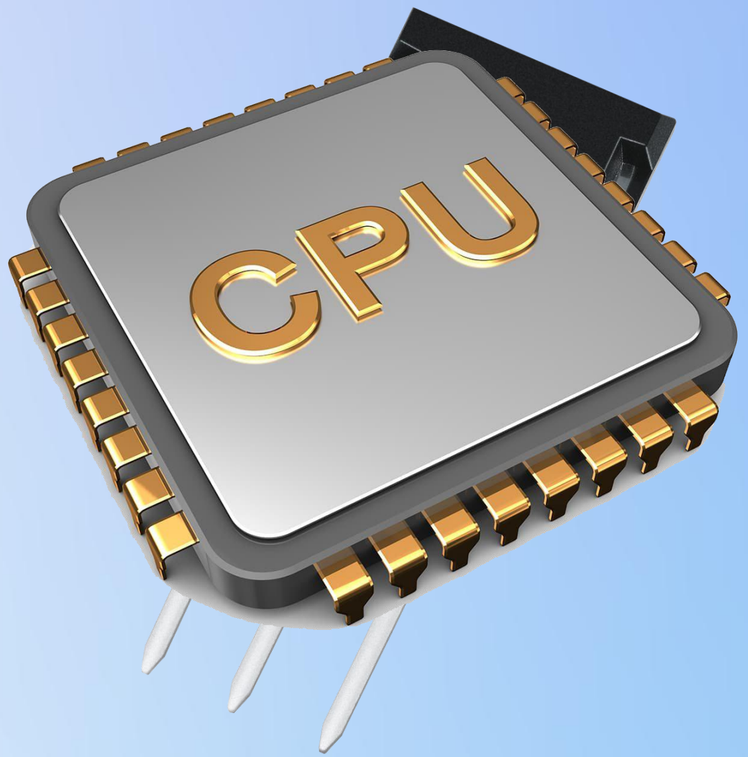
A **mecânica quântica** é a parte da física que estuda o movimento, as variações de energia e as forças que atuam sobre uma **partícula**.



O que é um bit clássico?

Unidade básica da informação em computação clássica





Uma chave! É binário!

Pode valer 0 ou 1

Um transistor!

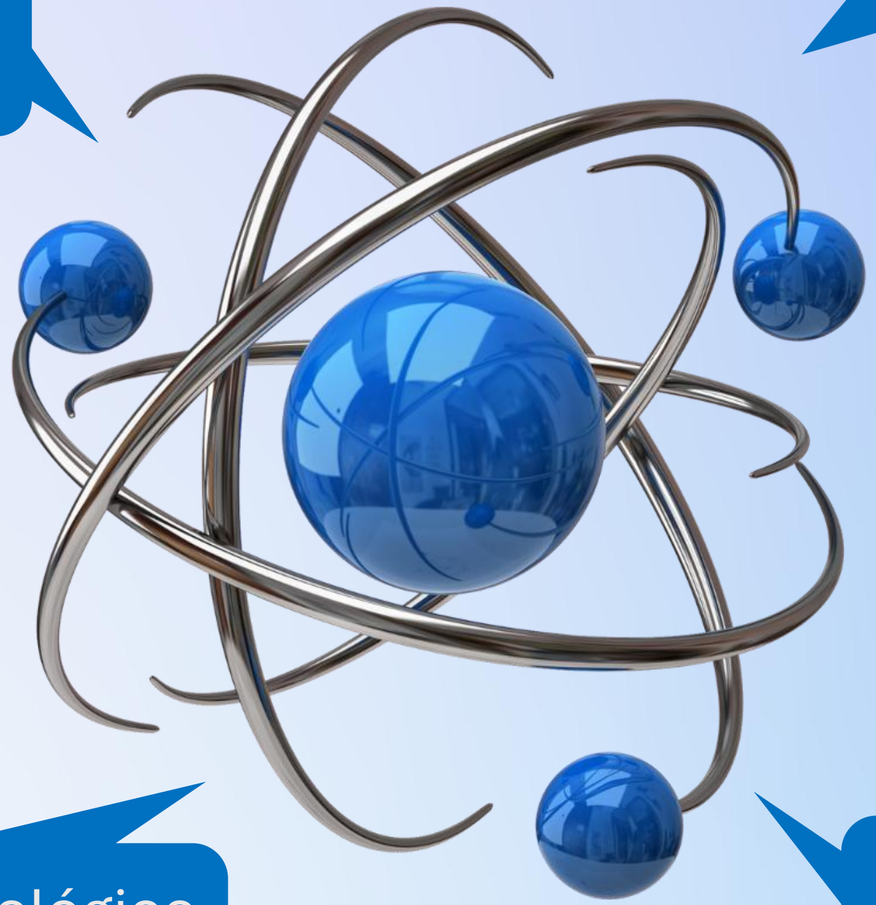
Bilhões de transistores numa CPU!

O que é um bit quântico?

Unidade básica da informação em **computação quântica**, que obedece as leis da **mecânica quântica**

Um spin de elétron

Um estado de núcleo atômico



Vacância em núcleo de diamante

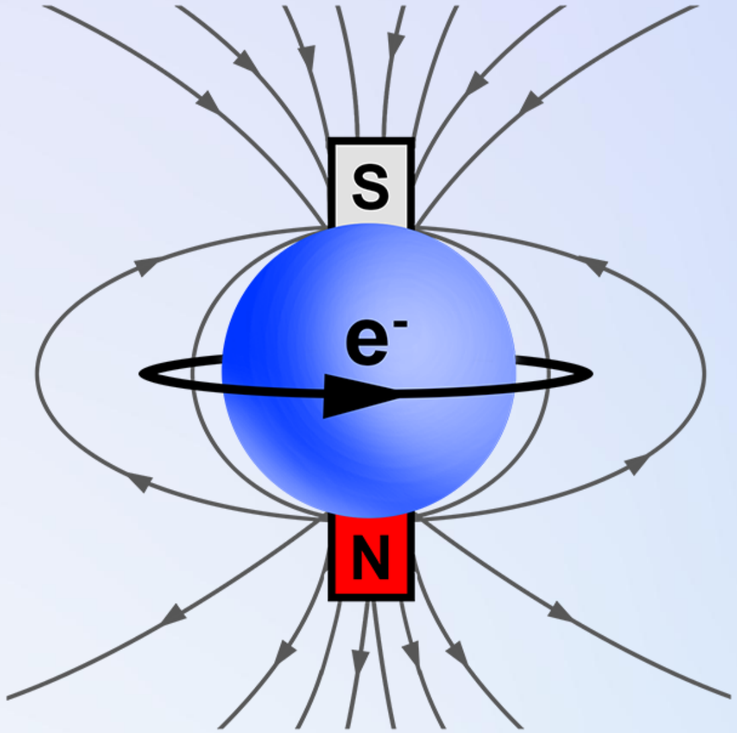
A polarização de um fóton

Um estado topológico de um material

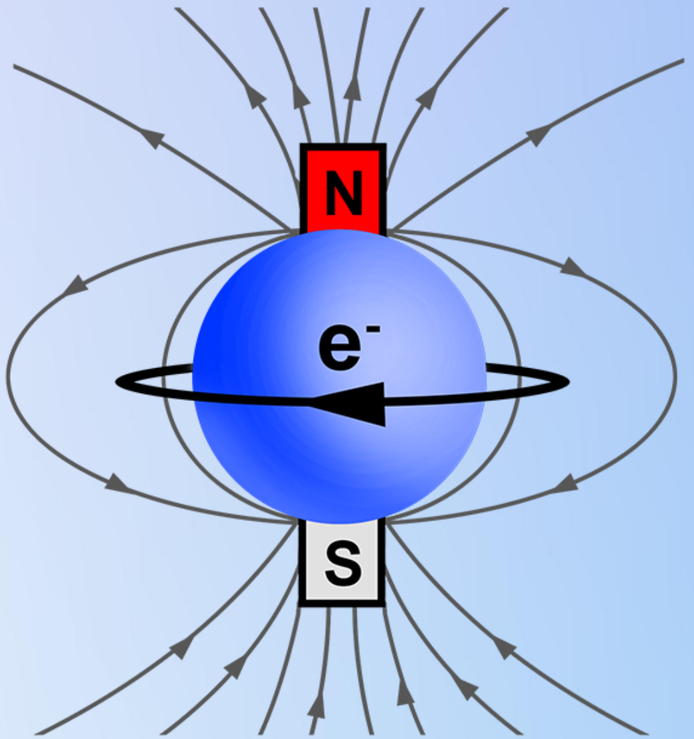
Um estado de corrente em um supercondutor

O que é um bit quântico? (spin de um elétron)





$m_s=+1/2$



$m_s=-1/2$



Estado quântico $|0\rangle$

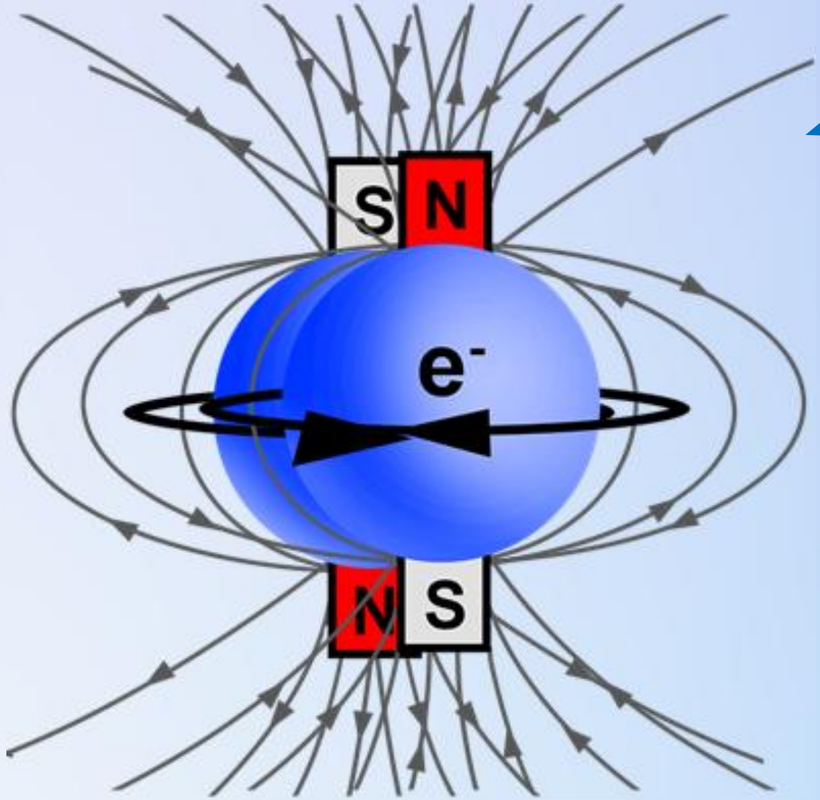
Base computacional de dois estados!

$|1\rangle$ Estado quântico

Mas a natureza é quântica!

Estado quântico em **superposição**

Em **superposição**, temos uma combinação de todos os estados **possíveis**



Superposição

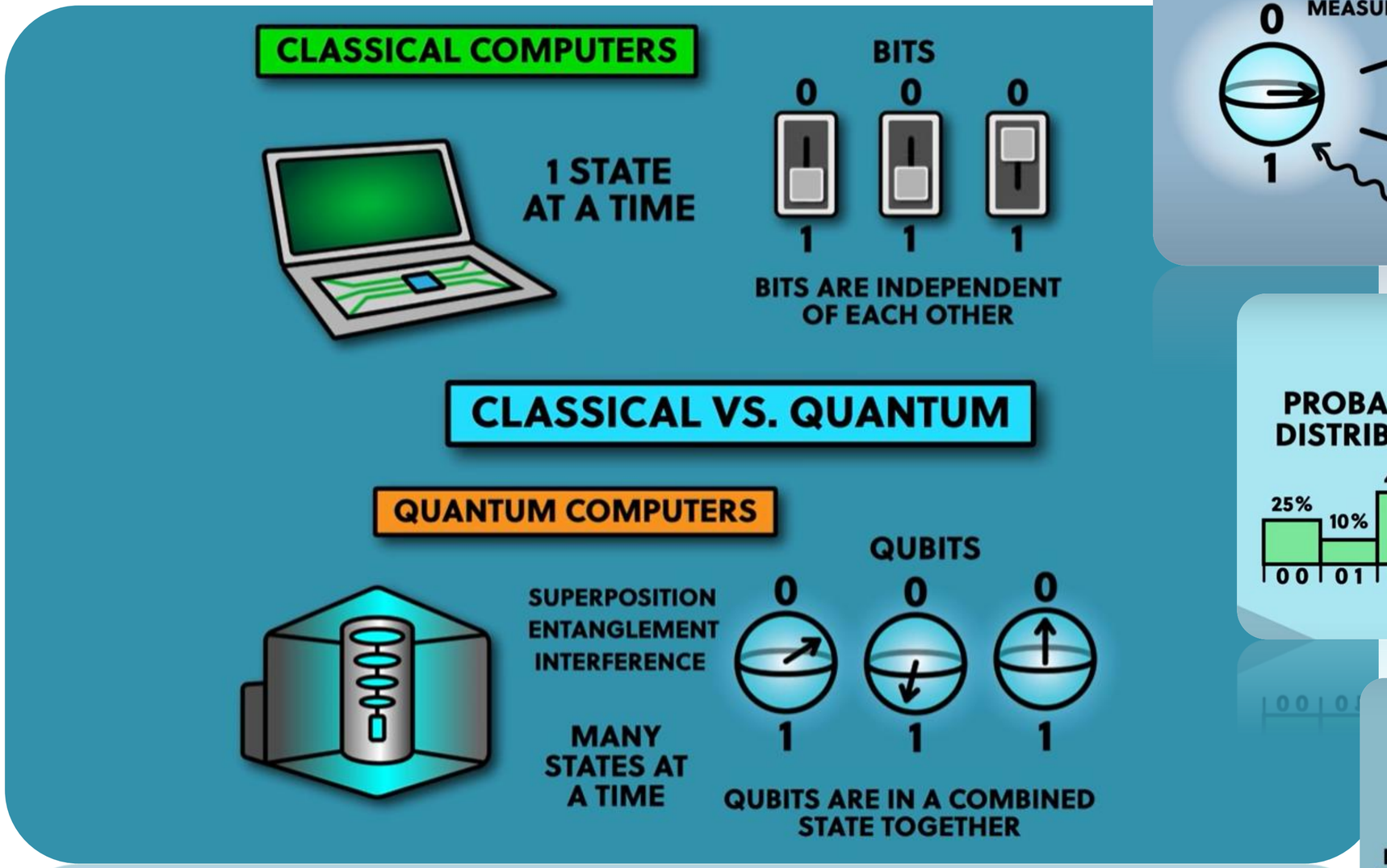
A superposição gerar um paralelismo na busca de soluções de um circuito quântico

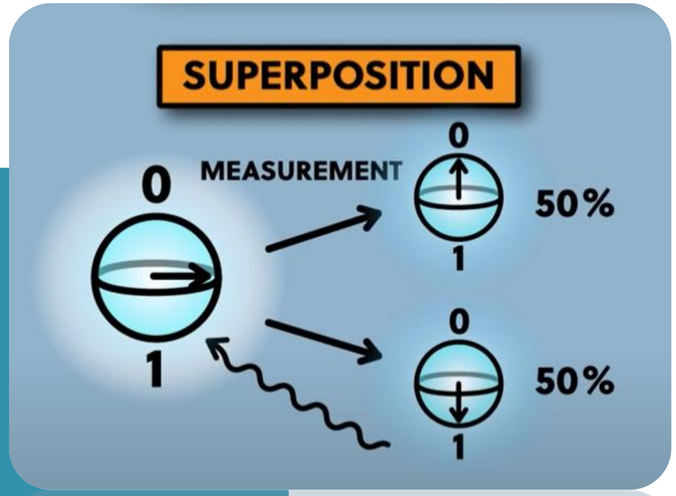
$$|\text{Estado do qubit}\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

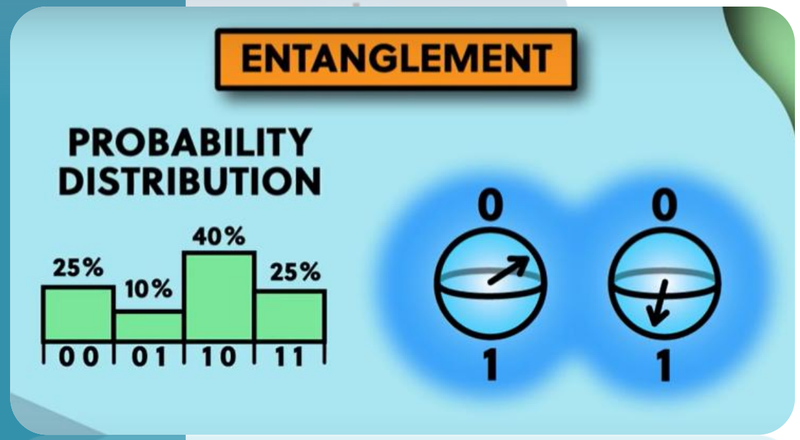
Onde:

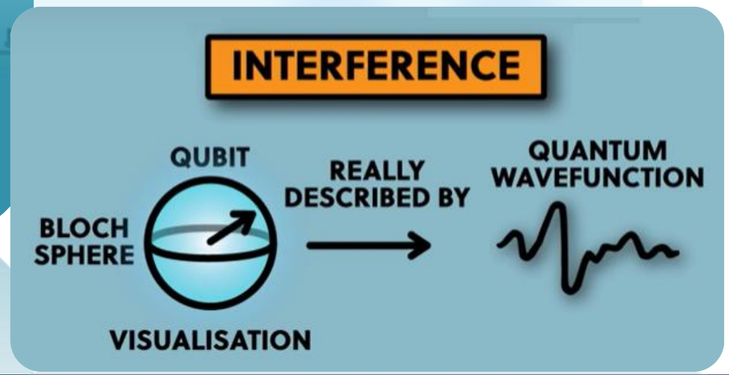
$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Conceitos de computação quântica



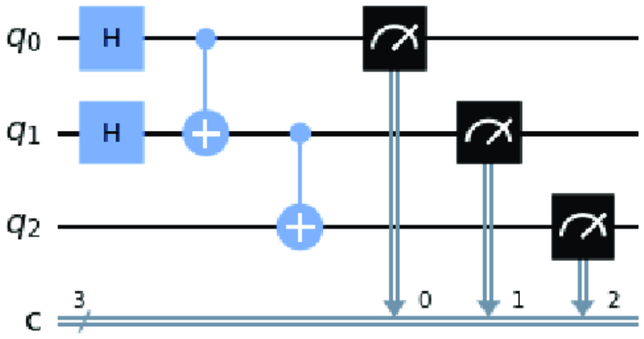






https://www.youtube.com/@domainofscience

Anatomia de um circuito quântico



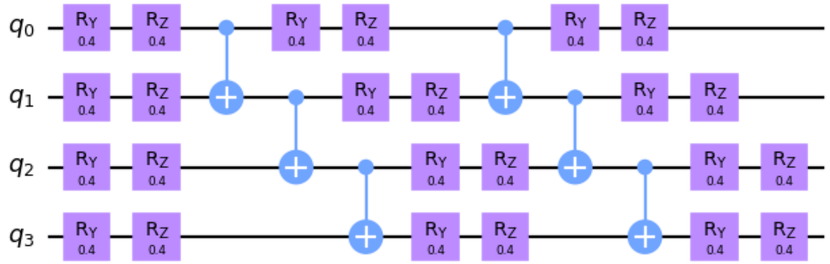
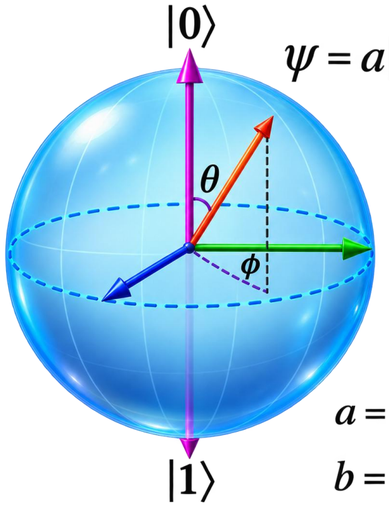


Diagrama de circuitos quânticos

Qubit



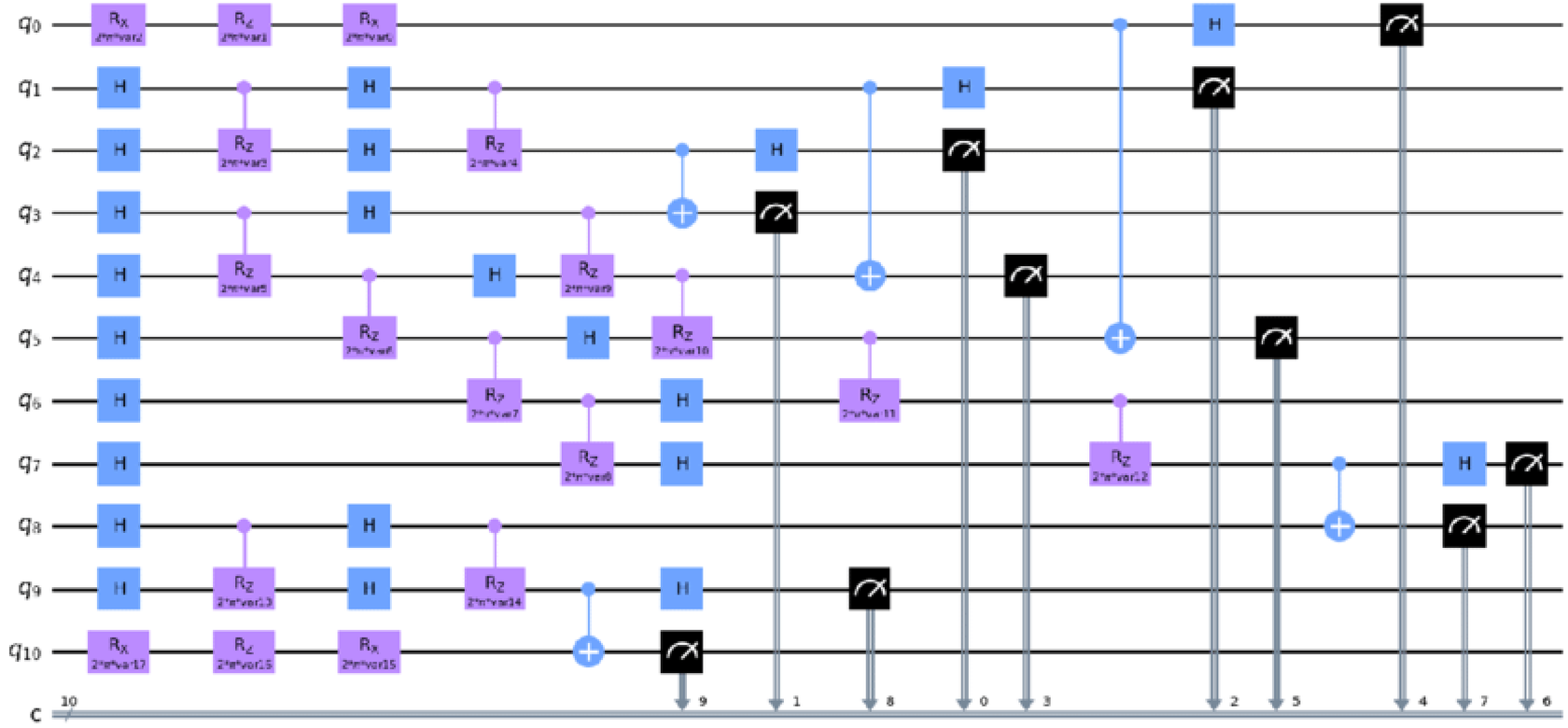
$\psi = a|0\rangle + b|1\rangle$

$a = \cos(\theta/2)$

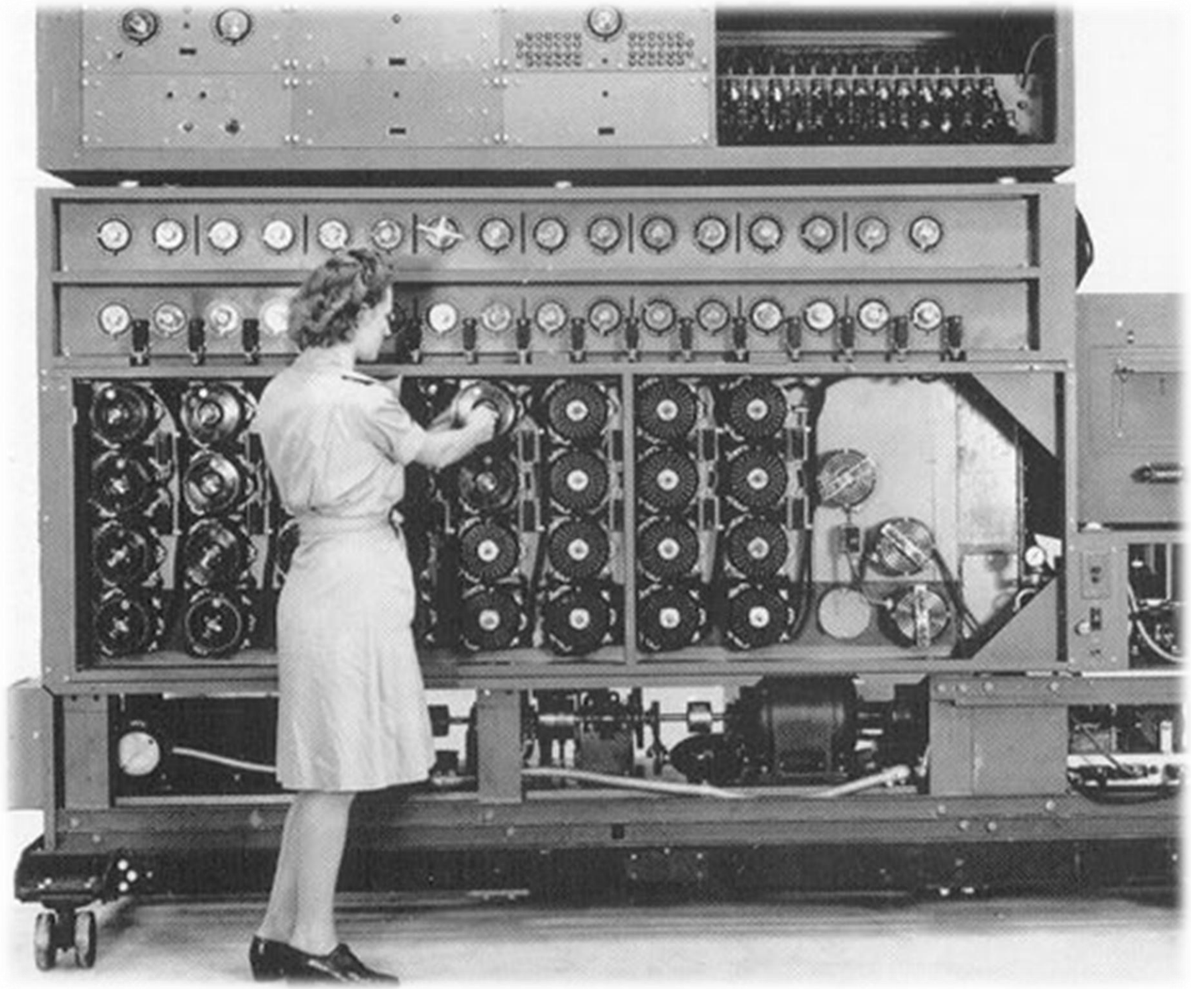
$b = e^{i\phi}\sin(\theta/2)$

profundidade

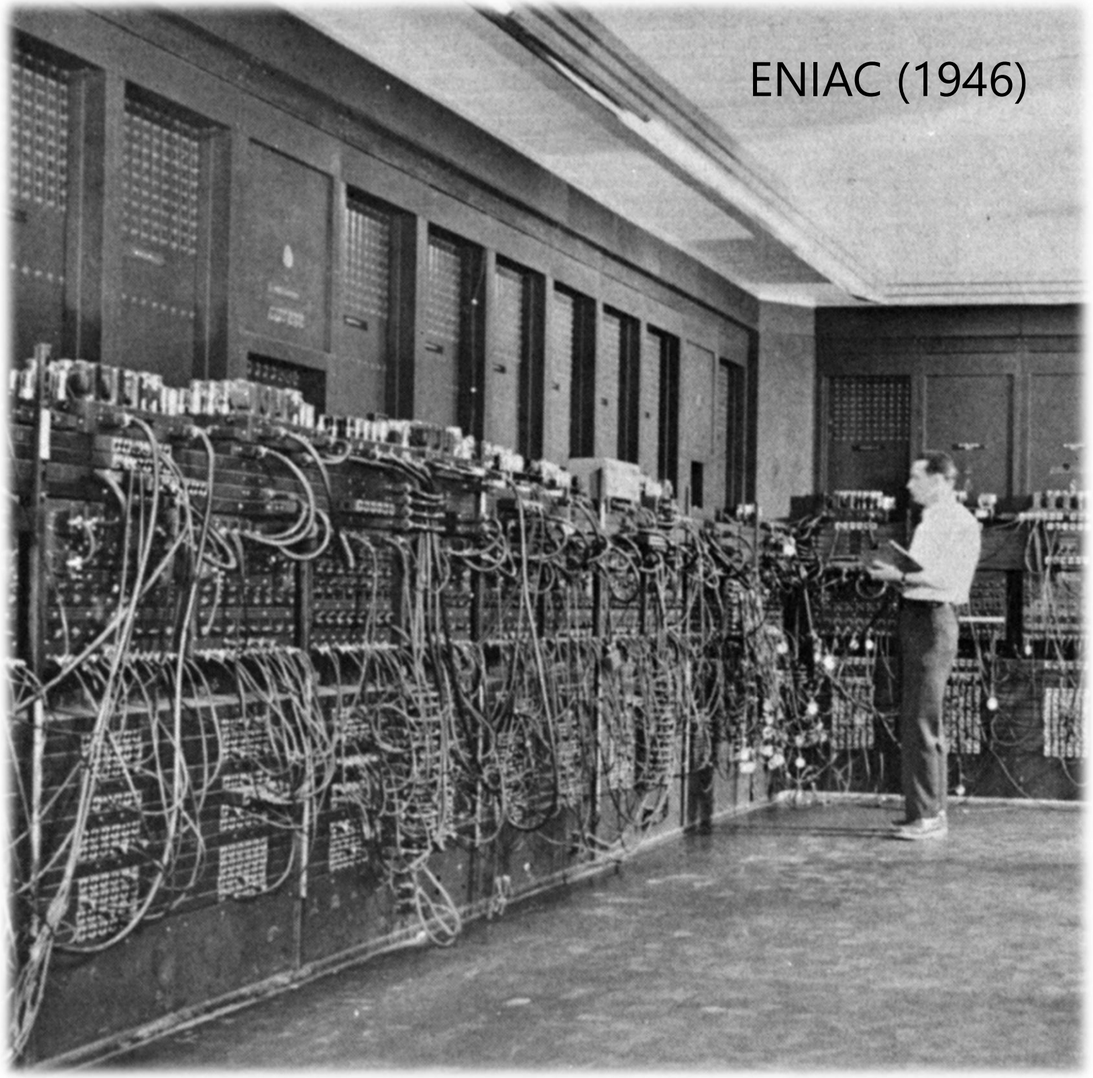
largura



Computadores clássicos são baseados em **bits clássicos**, de 0s e 1s (**álgebra booleana**, binária)

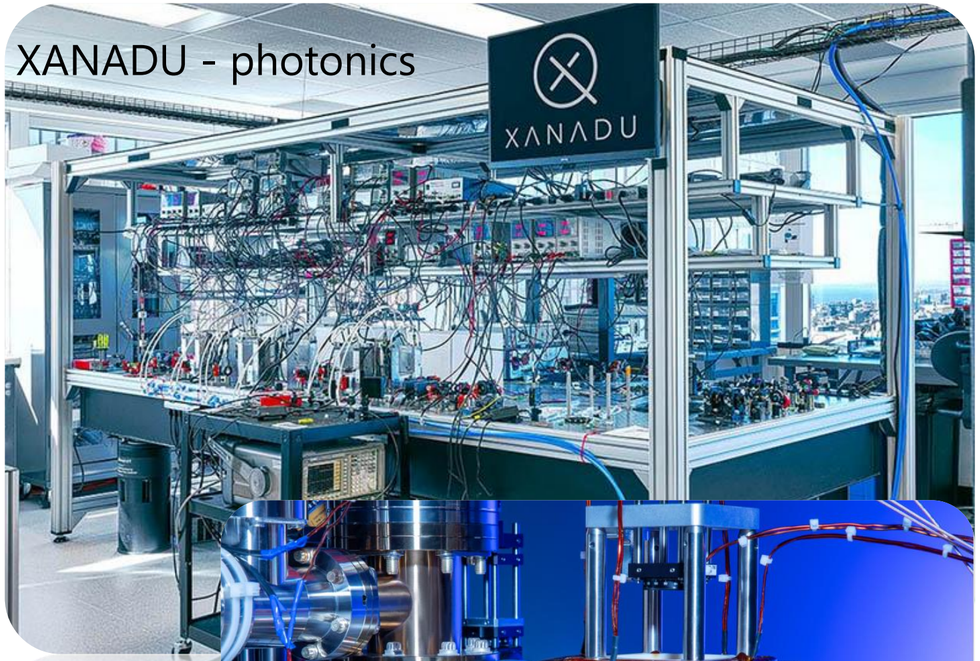


"On Computable Numbers", Alan Turing, 1939

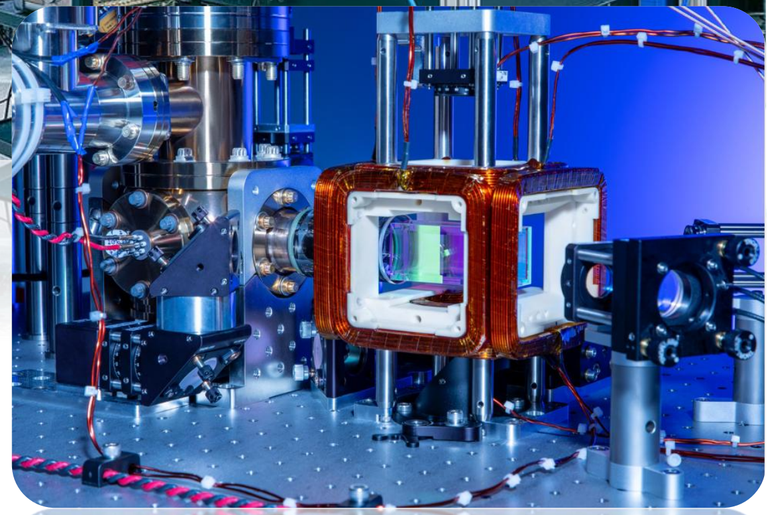


ENIAC (1946)

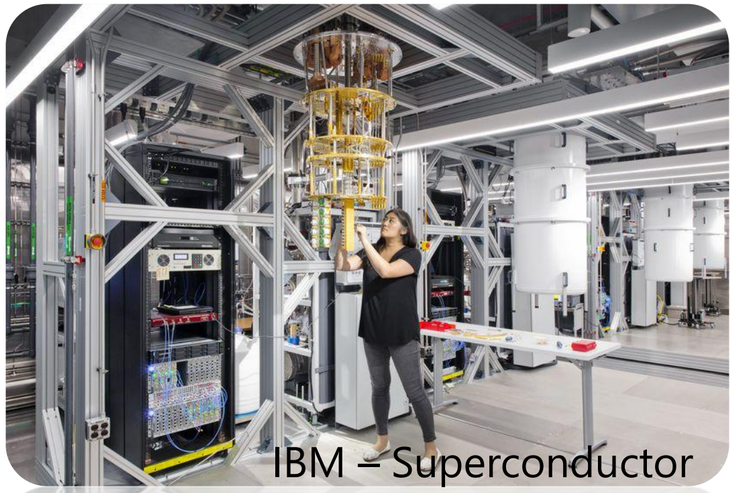
Computadores quânticos são baseados em **bits quânticos** ou qubits (**álgebra linear**, vetor e matriz)



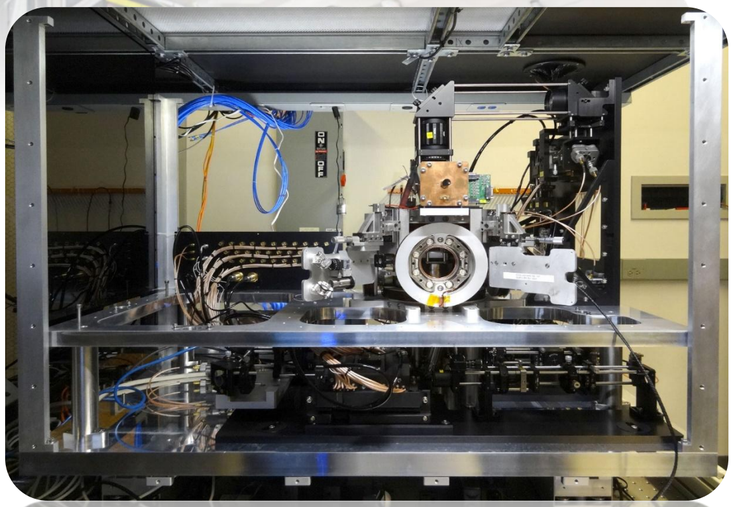
XANADU - photonics



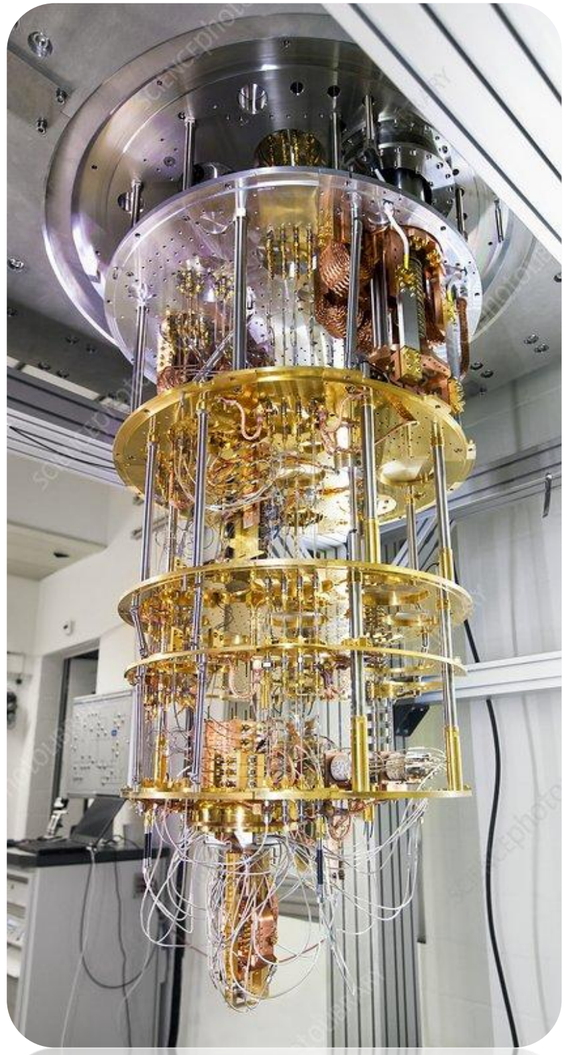
Amazon Aquila, neutral-atom quantum processor



IBM – Superconductor



University of Maryland gaiola de íons



Google – Superconductor

Poland’s first superconducting quantum computer at the Wrocław University of Science and Technology (WUST) in the second quarter of 2025.



FormFactor, Tabor Electronics, and QuantWare Unveil High-Performance, Affordable 5-Qubit Quantum System | March 2024

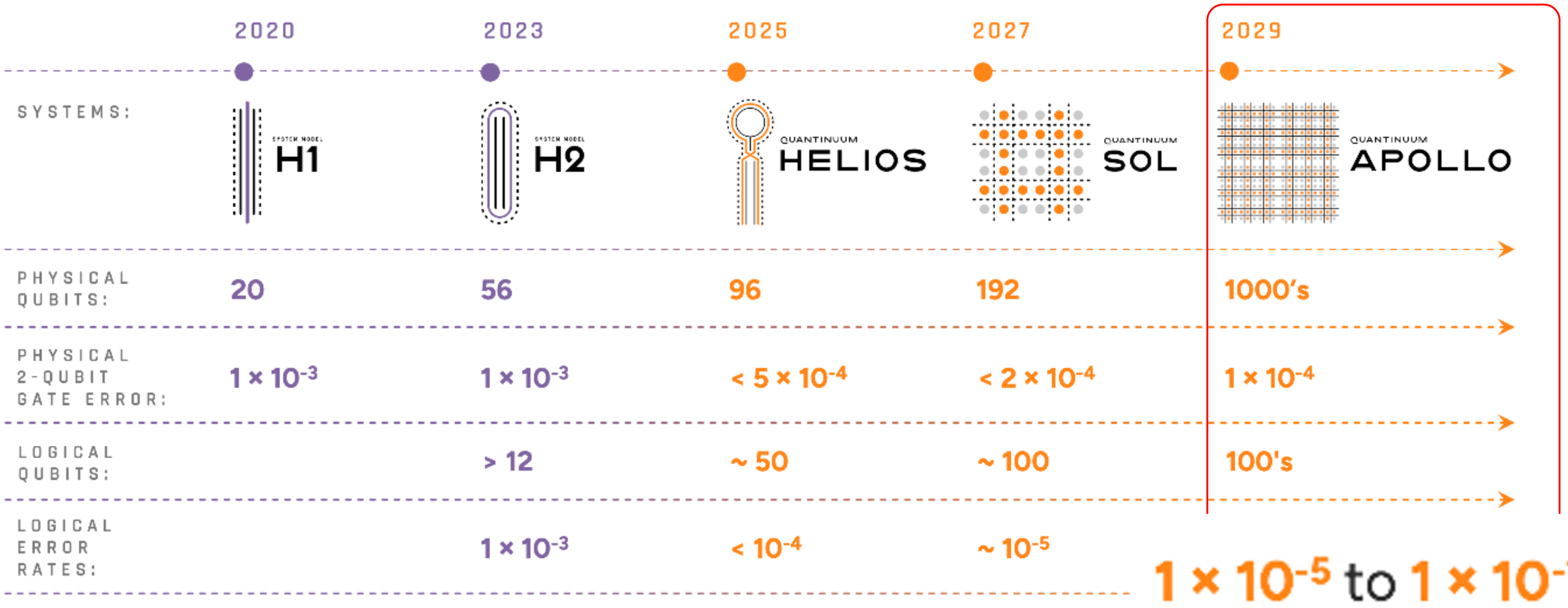


QUANTINUUM

Development roadmap

September 17, 2024

Technical perspective: By the end of the decade, we will deliver universal, fully fault-tolerant quantum computing



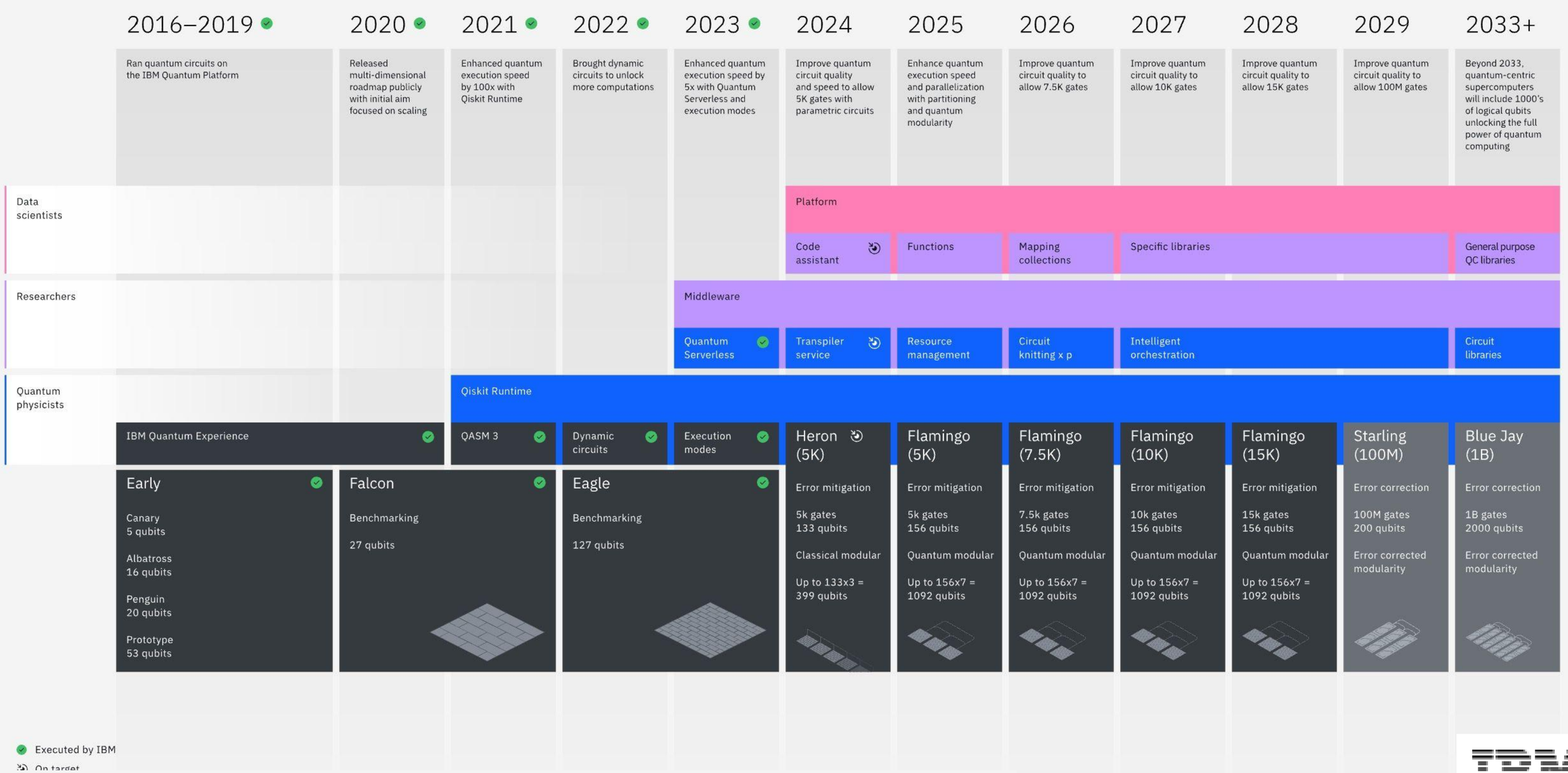
Technical perspective: By the end of the decade, we will deliver universal, fully fault-tolerant quantum computing

*analysis based on recent literature in new, novel error correcting codes predict that error could be as low as 1E-10 in Apollo (ref: arXiv:2403.16054, arXiv:2308.07915)

*arxiv:2403.16054; arxiv 2308.07915

Development Roadmap

IBM **Quantum**



https://www.ibm.com/quantum/blog/ibm-quantum-roadmap-2025

Aplicações candidatas para computação quântica

Simulação Química

Novos catalisadores para fertilizantes
Fixação de nitrogênio
Descoberta de medicamentos
Simulação de reações químicas
Captura de carbono

Otimização

Combinatória
Planejamento da produção
Otimização de rotas, frotas e cadeias logísticas
Alocação de recursos, máquinas e equipes
Otimização de operações portuárias e terminais

Materiais e Energia

Desenvolvimento de baterias
Descoberta de novos materiais
Armazenamento de hidrogênio
Supercondutores
Captura de carbono

Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina Quântico

Classificação e reconhecimento de padrões
Detecção de anomalias
Diagnóstico de imagens
Modelos generativos e descoberta de estruturas moleculares

THE QUANTUM APPLICATIONS LANDSCAPE

Wide breadth of commercial use cases derived from types of problems out of reach of classical computers

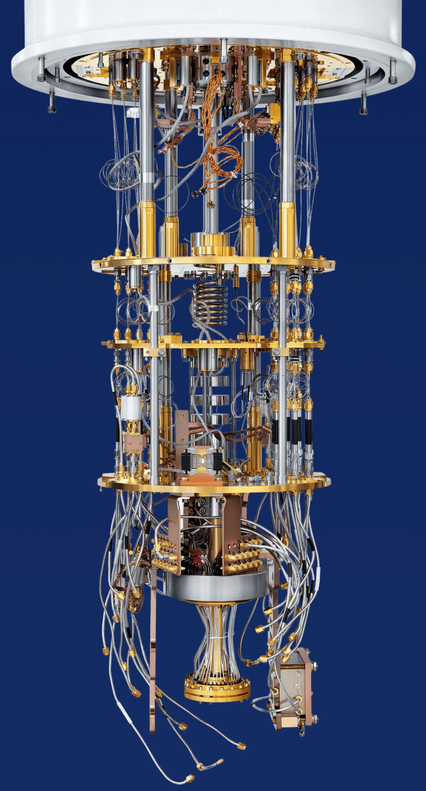
Problem Class	Simulation	Optimization	Machine Learning
The Math	Nature is quantum, so quantum computers model it natively.	Finding the best configuration among an explosive number of possibilities.	Finding patterns in high-dimensional data.
Real World Applications	**Molecular ground-state estimation**	**Portfolio optimization**	**LLM fine-tuning**
	Catalyst design	**Vehicle routing**	**Fraud / anomaly detection**
	Battery chemistry discovery	**Supply chain network design**	**Image analysis**
	Materials science	**Manufacturing scheduling**	**Image change detection**
	Carbon capture	**Job shop problems**	**Classification of high-dimensional spaces**
	Protein folding for drug discovery	**Power grid balancing**	**Time-series forecasting**
	Structural analysis in CAE	**Traffic flow optimization**	**Synthetic data generation**
		and more...	

Copyright © 2026 IonQ, Inc. All Rights Reserved.

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP



Exemplos de problemas em operações portuárias candidatos para **otimização quântica**

Algumas operações candidatas para quantum









BAP / STS

espera • atraso • moves/h

QCSP

makespan • ociosidade • interferência

Yard

reshuffles • distância • ocupação

TMP/TUSP

manobras • quebras • tempo de pátio

Possuem Métricas transversais

Qualidade
gap / objetivo

Tempo
TTS end-to-end

Factibilidade
% válido

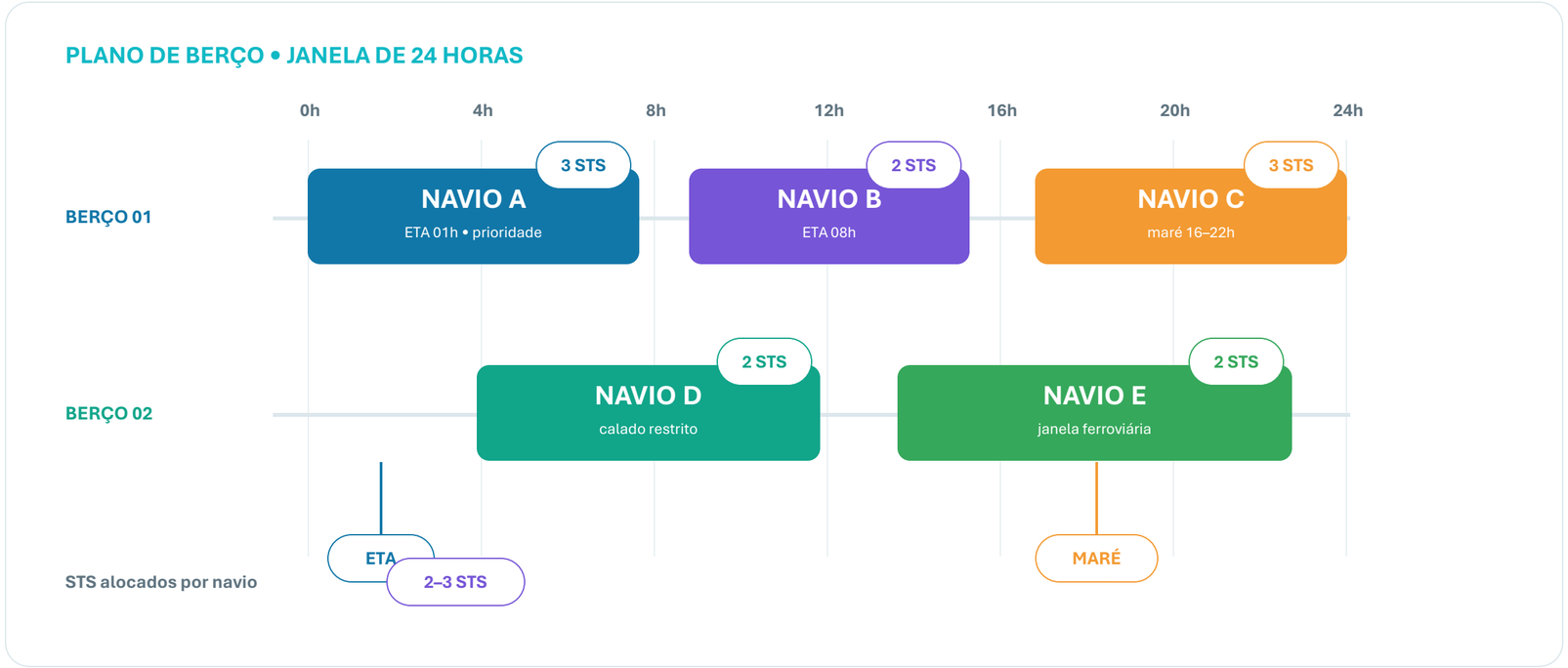
Robustez
pior caso

Custo
por decisão

Go/no-go baseado em ganho incremental, integração, estabilidade e capacidade de operar dentro da janela real.

BAP + STS: sincronizar berço, janela e produtividade

Alocar navios e guindastes considerando ETA, maré, calado, prioridade e tempo de operação.



DECISÕES

Navio → berço → janela

STS → navio • prioridade • maré

OBJETIVOS

Minimizar espera e atraso

maximizar produtividade e uso de berço

MÉTODOS

Plano mestre + subproblemas

MILP/CP-SAT • QUBO • annealing/QI

Evitar QUBO monolítico: discretizar navios × berços × slots pode multiplicar rapidamente as variáveis.

1. **ETA + regras** — dados e restrições
2. **Plano mestre** — MILP / CP-SAT
3. **Subproblema QUBO** — QI / annealing
4. **Simular + validar** — twin + operador

Resultado esperado: menor espera de navios, maior produtividade STS e uso eficiente do cais.

Métricas de otimização na logística portuária

Berth Allocation Problem (BAP)

No contexto do Problema de Alocação de Berços (BAP):

- **Minimizar o tempo de espera dos navios:** reduzir o tempo médio de espera em 47%, de 8,1 h para 4,2 h, melhorando a responsividade dos berços e reduzindo o congestionamento nas filas.
- **Reduzir atrasos operacionais:** cortar o tempo médio de atraso em 37%, de 11,5 h para 7,2 h, aumentando a confiabilidade do cronograma e a eficiência operacional no lado portuário.
- **Reduzir o impacto ambiental por escala:** diminuir as emissões de gases de efeito estufa por navio em 41%, apoiando operações mais limpas e melhor desempenho no uso de energia.
- **Promover uma gestão portuária sustentável** e alinhada à regulação, por meio de uma estratégia de alocação de berços aderente às metas globais de sustentabilidade e descarbonização marítima.



Pereira MT, Rocha N, Silva FG, Moreira MÂL, Altinkaya YO, Pereira MJ. Process Optimization in Sea Ports: Integrating Sustainability and Efficiency Through a Novel Mathematical Model. Journal of Marine Science and Engineering. 2025; 13(1):119. https://doi.org/10.3390/jmse13010119

Abordagem de otimização para BAP

Berth Allocation Problem (BAP)

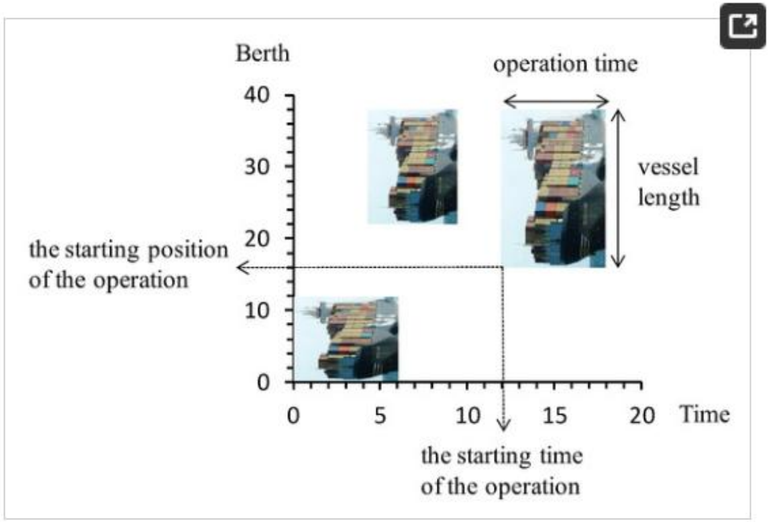


Figure 1. Time-space graph for berth allocation.

Open Access Article

An Optimization Approach to Berth Allocation Problems

by **Shu-Chuan Chang** [1], **Ming-Hua Lin** [2] and **Jung-Fa Tsai** [3,*]

[1] College of Management, National Taipei University of Technology, Taipei 106344, Taiwan
[2] Department of Urban Industrial Management and Marketing, University of Taipei, Taipei 111036, Taiwan
[3] Department of Business Management, National Taipei University of Technology, Taipei 106344, Taiwan
* Author to whom correspondence should be addressed.

Mathematics **2024**, *12*(5), 753; **https://doi.org/10.3390/math12050753**

Submission received: 28 December 2023 / Revised: 29 February 2024 / Accepted: 29 February 2024 / Published: 2 March 2024

(This article belongs to the Special Issue **Mathematical Approaches Applied in Operations Research, Logistics and Inventory**)

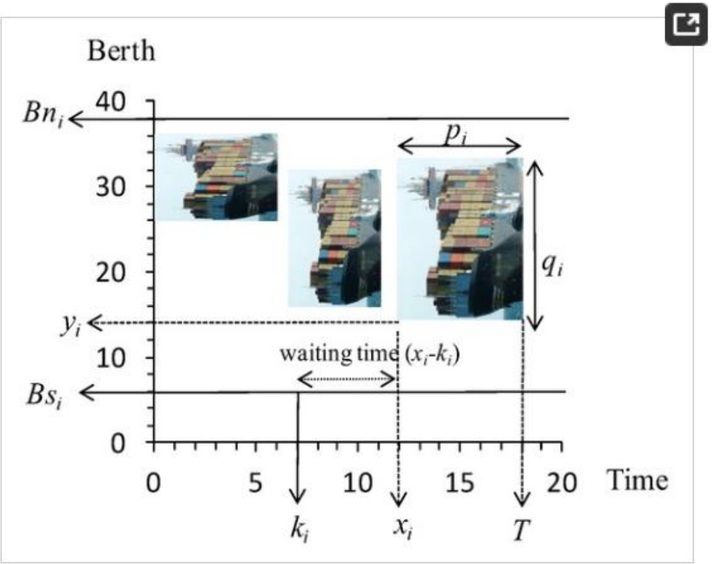


Figure 2. Variables used in the proposed model.

www.mdpi.com/2227-7390/12/5/753

Explorando BAP como micro-instância de QAOA

Objetivo: mostrar uma modelagem completa, didática e executável de Berth Allocation Problem — da decisão portuária ao QUBO e ao circuito QAOA (Quantum Approximate Optimization Algorithm).

BAP → **variáveis binárias** → **restrições** → **QUBO** → **Hamiltoniano** → **QAOA em Ket** → **amostras + validação**

Escopo da micro-instância

3 navios • 2 berços • 3 slots de tempo • duração simplificada em slots discretos • execução local simulada.

Premissa técnica

QAOA recebe uma função de energia: soluções melhores têm energia menor. Restrições são preservadas por penalidades no QUBO.

Benchmark clássico

Obrigatório para comparação e definição de vantagens obtidas com cada cenário de otimização.

QAOA entra como experimento quantum-ready, sempre comparado com MILP, CP-SAT e heurísticas.

GUROBI OPTIMIZATION

Google OR-Tools

CHOCO

HiGHS - High Performance Optimization Software

Micro-instância BAP: dados e hipóteses

Vamos discretizar o horizonte em 3 slots. Cada navio escolhe exatamente uma combinação berço–início factível.

Navio	ETA	Duração	Priorid.	Compatibilidade
A	0	1 slot	alta	B1, B2
B	1	1 slot	normal	B1, B2
C	0	1 slot	normal	B2 preferencial

Berços	Slots	Observações
B1, B2	T = {0,1,2}	Um navio por berço em cada slot
Horizon	3 slots	Ex.: cada slot = 2h ou 4h
Objetivo	espera + preferências + penalidades	Minimizar energia total

Simplificação didática

Para explicar a primeira versão QAOA, usamos duração 1. O mesmo padrão suporta duração >1 criando conflitos de ocupação por intervalo.

Micro, mas completa

Mesmo pequena, a instância contém os componentes essenciais: alocação, janela, compatibilidade, conflito de berço, objetivo e validação.

Próximo passo: transformar “navio → berço → slot” em variáveis binárias.

Micro-instância BAP: exemplo de QAOA com KET

Simulação do Algoritmo Quântico de Otimização Aproximada (QAOA) no Problema do BAP

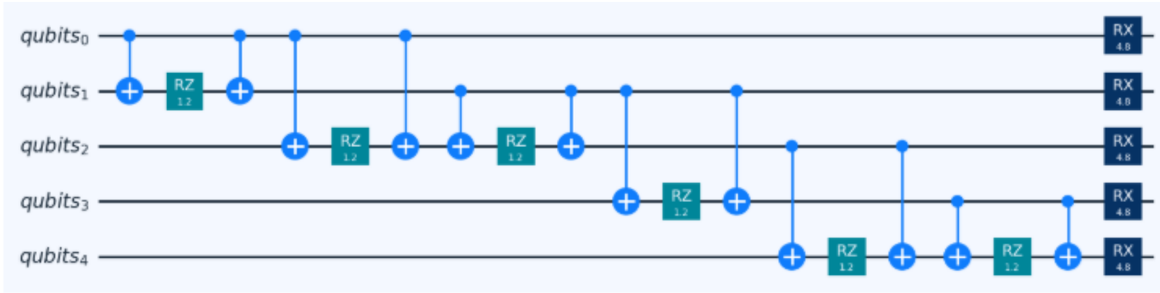
[6]
✓ 0s

```python
from itertools import combinations, product
import numpy as np
from scipy.optimize import minimize
from ket import Process, X, B, evolve, RXX, RYY, dump

P, N, SHOTS, SEED = 3, 16, 4096, 42
RUN_OPTIMIZER = False
SHIPS = ("A", "B", "C")
COMPAT = {"A": ("B1", "B2"), "B": ("B1", "B2"), "C": ("B2",)}
WEIGHTS = {"A": 4, "B": 1, "C": 1}
PENALTY = 8
OPTIONS = [(v, b, t) for v in SHIPS for b in COMPAT[v] for t in range(3)]
INDEX = {option: i for i, option in enumerate(OPTIONS)}
GROUPS = {v: [i for i, option in enumerate(OPTIONS) if option[0] == v]
          for v in SHIPS}
LINEAR = [WEIGHTS[v] * t for v, b, t in OPTIONS]
CONFLICTS = [(i, j) for i, j in combinations(range(15), 2)
             if OPTIONS[i][0] != OPTIONS[j][0]
             and OPTIONS[i][1:] == OPTIONS[j][1:]]
INITIAL = [("A", "B1", 0), ("B", "B1", 1), ("C", "B2", 2)]
REFERENCE_THETA = np.array([0., 0., 0., np.pi/2, np.pi/2, np.pi/2])


def bits_of(z):
    return [int(c) for c in format(int(z), "016b")]
```

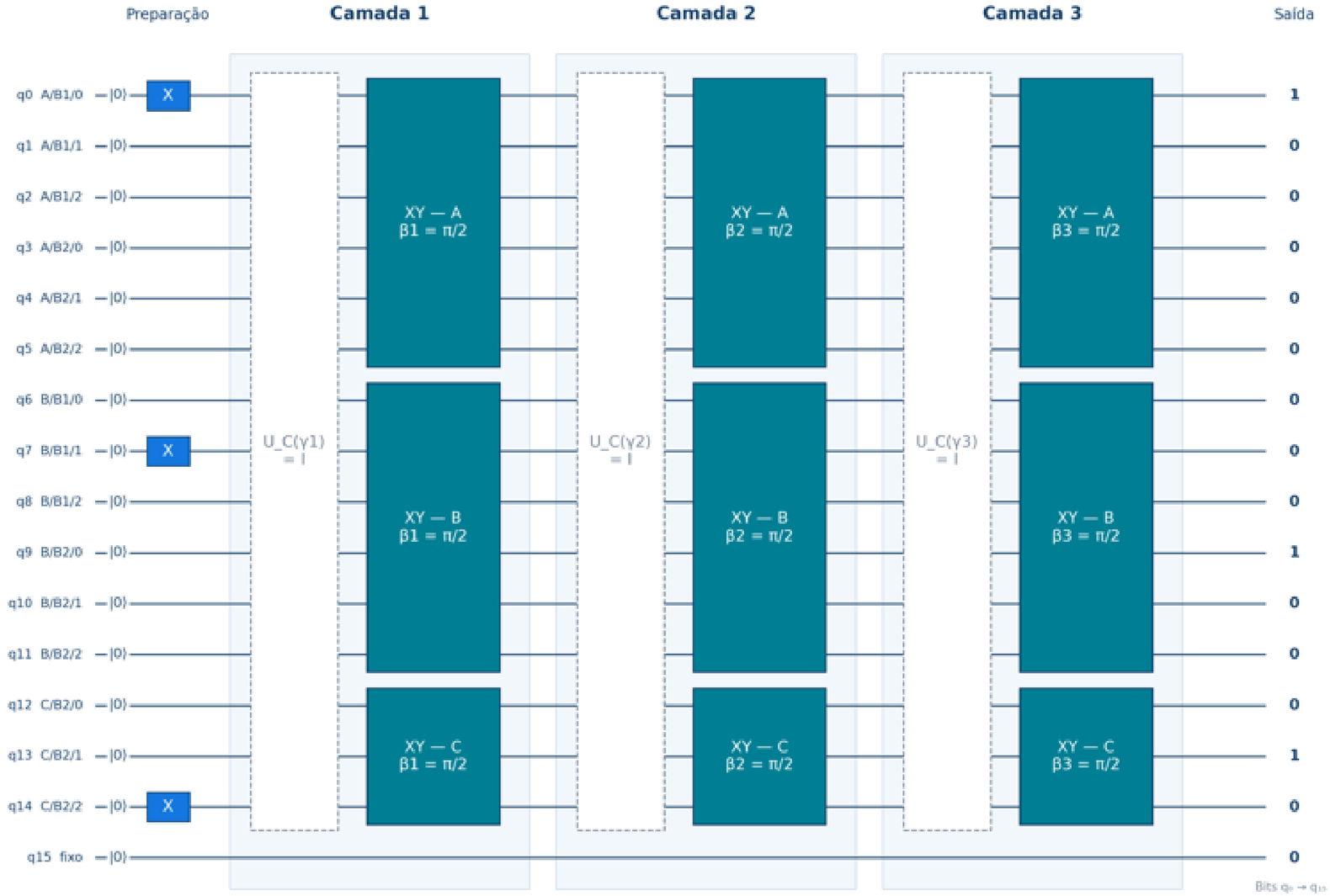
```python
def optimize(restarts=4, maxiter=200):
    if restarts < 1:
        raise ValueError("restarts deve ser positivo")
    rng = np.random.default_rng(SEED)
    # Inclui uma solucao ja conhecida; nao e uma busca independente.
    starts = [REFERENCE_THETA.copy()]
    starts += [rng.uniform(-np.pi, np.pi, 2 * P) for _ in range(restarts-1)]
    best = REFERENCE_THETA.copy()
    best_energy = objective(best)
    for k, theta0 in enumerate(starts, start=1):
        # gamma1 e fase global: fixar em zero reduz para 5 parametros.
        unpack = lambda v: np.r_[0., v]
        result = minimize(lambda v: objective(unpack(v)), theta0[1:],
                          method="COBYLA",
                          options={"maxiter": maxiter, "tol": 1e-5})
        print(f"Reinicio {k}: E={result.fun:.8f}; {result.message}")
        if result.fun < best_energy:
            best, best_energy = unpack(result.x), result.fun
    return best
```



Micro-instância BAP: exemplo de QAOA com KET

Circuito utilizado no BAP — QAOA com p = 3

16 qubits: 15 variáveis de decisão + q_{15} fixo em $|0\rangle$ • $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = 0$ • $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \pi/2$



Exemplo de circuito quântico QAOA para benchmark de BAP

Cada bloco XY aplica os pares abaixo, da esquerda para a direita:

Navio A: (0,1) → (1,2) → (2,3) → (3,4) → (4,5) → (5,0)

Navio B: (6,7) → (7,8) → (8,9) → (9,10) → (10,11) → (11,6)

Navio C: (12,13) → (13,14) → (14,12)



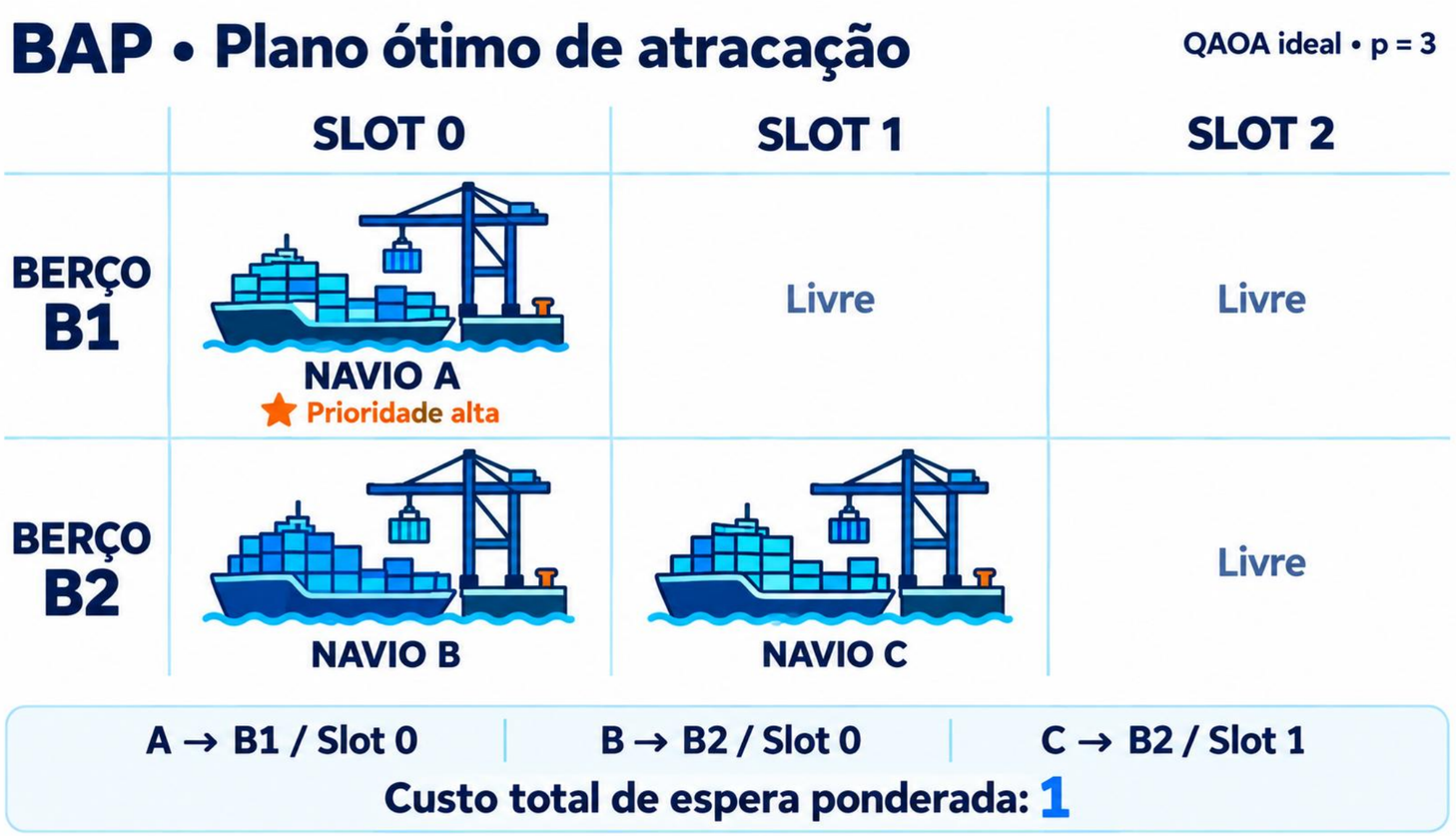
Saída: 1000000001000100 → A/B1/0, B/B2/0, C/B2/1 • Custo = 1

Micro-instância BAP: exemplo de QAOA com KET

Simulação do Algoritmo Quântico de Otimização Aproximada (QAOA) no Problema do BAP

```
[10]
✓ 0s
if __name__ == "__main__":
    main()

...
p= 3 qubits= 16 variaveis= 15
Planos factiveis: 60 otimo classico: 1
Numero de planos otimos: 4
gamma1,gamma2,gamma3,beta1,beta2,beta3: [0
Energia=1.00000000; P(factivel)=1.00000000
Shots factiveis: 4096 / 4096
Shots otimos: 4096
Melhor plano: [('A', 'B1', 0), ('B', 'B2',
Custo: 1 gap absoluto: 0
Resultados mais frequentes:
1000000001000100 4096 shots; custo= 1 fact
```



https://aprenda.quantumket.org/algoritmos/variacionais/09_4_1-QAOA.html

Porto de Busan | Quantum Annealing for BAP in Busan Port

D-Wave Qubits Asia

October 28, 2026 | Four Seasons Hotel Seoul

Assistant Professor Seon-Geun Jeong of Gyeongsang National University will present research that used **D-Wave technology** to **optimize berth and quay-crane allocation at Busan Port**, successfully scheduling more **than 50 vessels and 15 quay cranes** using real operational data.

https://qubitsasia26.dwavequantum.com/

11:50 AM - 12:10 PM GMT +9 / Tue Oct 27, 11:50 PM - Wed Oct 28, 12:10 AM Your local time (20 Min)

Hybrid Quantum Annealing for Berth Operations Optimization in Busan Port



Prof. Seon-Geun Jeong
Assistant Professor
Gyeongsang National University,

Wed Oct 28, 11:50 AM - 12:10 PM GMT +9 / Tue Oct 27, 11:50 PM - Wed Oct 28, 12:10 AM Your local time (20 Min)

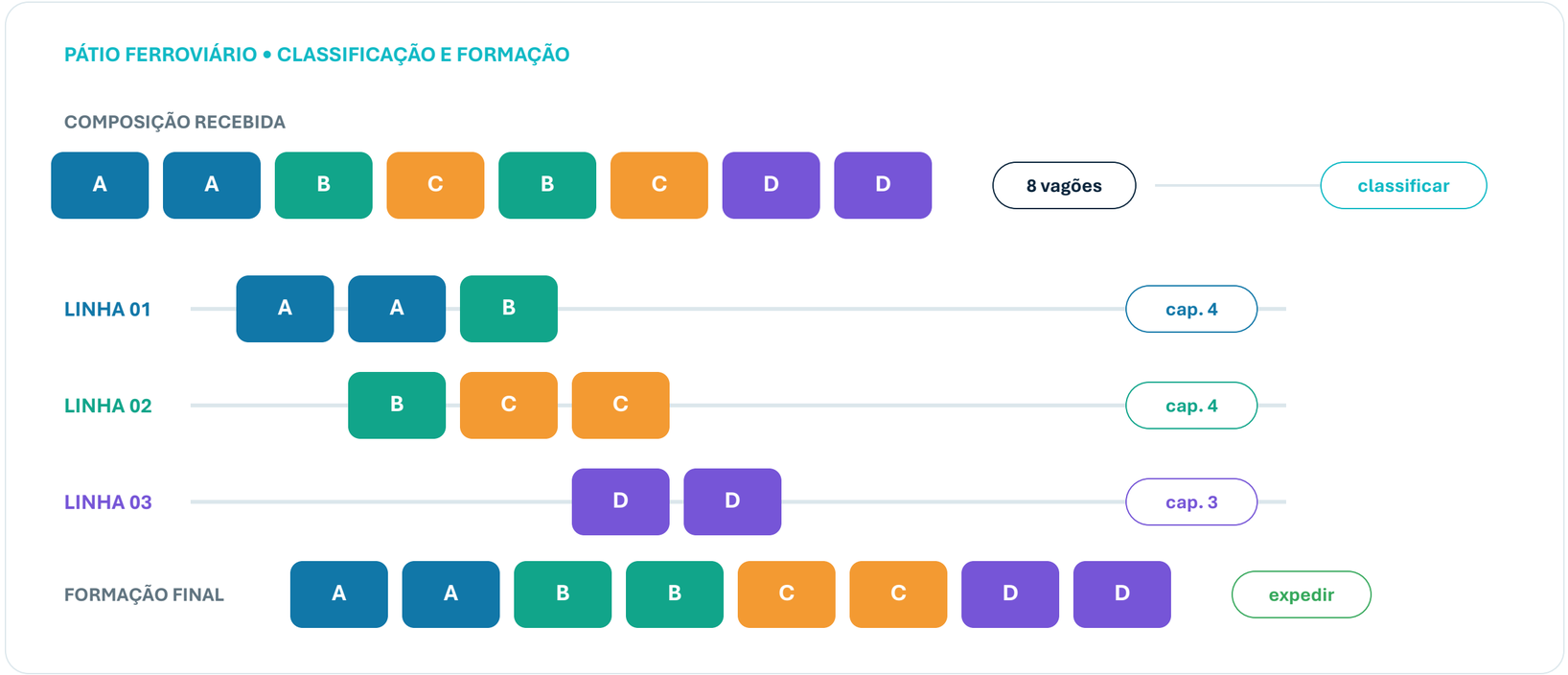
Hybrid Quantum Annealing for Berth Operations Optimization in Busan Port

This study presents a hybrid quantum optimization algorithm leveraging D-Wave's quantum solver to address joint berth and quay crane allocation using real operational data from Busan Port. The proposed approach fully satisfies real-world terminal operational constraints and scales effectively to practical requirements, successfully optimizing schedules for over 50 vessels and 15 quay cranes.



TMP / TUSP: formar trens com menos manobras

Reordenar vagões por destino e bloco, respeitando capacidade de linhas, consistência e sequência de expedição.



DECISÃO

Vagão → linha → posição

bloco • destino • ordem • capacidade

OBJETIVO

Minimizar manobras

quebras de bloco • tempo de pátio

DIFERENCIAL

RCM-QAOA

Mixer explora apenas permutações factíveis, reduzindo soluções inválidas.

BASELINE — **CP-SAT** — restrições e ótimo conhecido

QUBO / ISING — **QI + annealing** — penalidades e subproblemas

GATE-BASED — **RCM-QAOA** — factibilidade por construção

– moves	manobras
– breaks	quebras de bloco
+ valid	soluções factíveis
– dwell	tempo de pátio

Métricas de otimização na logística portuária

Train Marshalling Program (TMP)

No contexto do Problema de Formação/Classificação de Trens (TMP):

- **Redução do tempo de permanência dos vagões** e do tempo de ocupação das vias, apoiada diretamente pelo resultado de 49,1% reportado por Chen et al. [1];
- **Redução dos atrasos em trens de saída** e das conexões perdidas, apoiada por Preis et al. [2];
- **Redução do esforço de manobra**, reclassificação e rearranjo, aspecto central em formulações com locomotiva única e em pátios do tipo flat-shunting;
- **Melhor utilização das vias de classificação** e dos recursos do pátio, que constitui o objetivo central nos trabalhos canônicos sobre TMP e nos estudos integrados de planejamento de pátio.



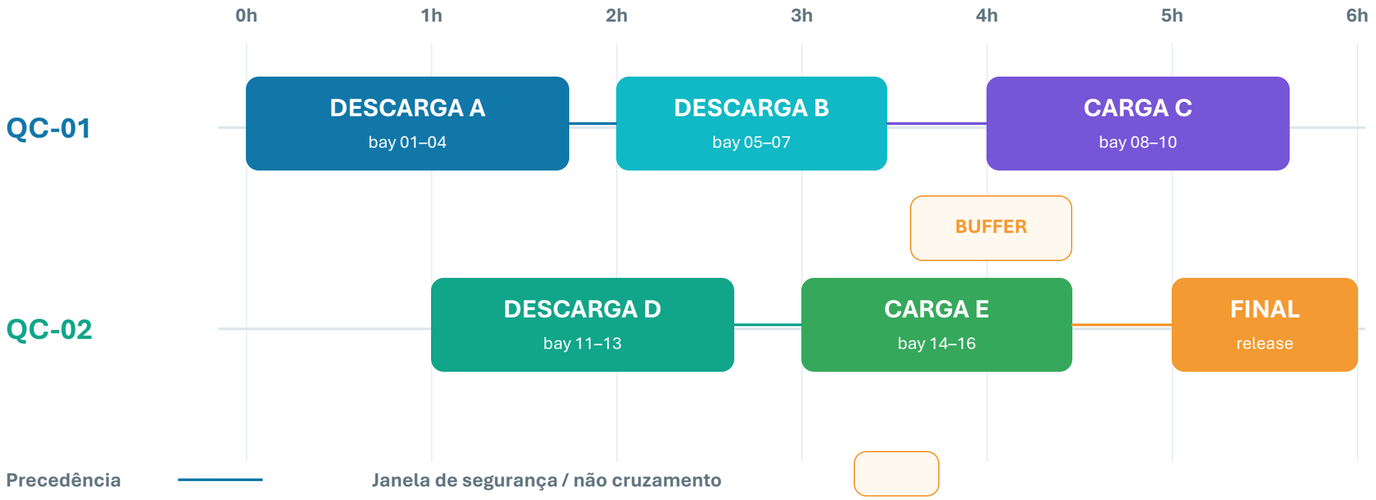
[1] Chen, W.; Yang, W.; Zhang, G. Track Utilization Optimization Method for Arrival Yard of Marshalling Station Considering Arrival and Break-Up Coordination Operation. Mathematics 2022, 10, 3289. https://doi.org/10.3390/math10183289

[2] Henning Preis, Tobias Pollehn, Moritz Ruf, Optimal resource rescheduling in classification yards considering flexible skill patterns, Journal of Rail Transport Planning & Management, Volume 26, 2023,100390, ISSN 2210-9706, https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2023.100390.

QCSP: coordenar guindastes sem conflitos

Sequenciar tarefas de carga e descarga, respeitando precedências, segurança e produtividade do navio.

PLANO DE OPERAÇÃO • JANELA DE 6 HORAS



POR QUE QUBO?

Assignment + scheduling binário

Boa correspondência entre decisões 0/1, conflitos e penalidades de tempo.

OBJETIVO

Minimizar

makespan • ociosidade • interferência • atraso do navio

ARQUITETURA RECOMENDADA

1. **CP-SAT** — precedências globais
2. **QUBO / annealing** — sequenciar lotes
3. **Digital twin** — validar segurança
4. **TOS + operador** — aprovar e executar

Resultado esperado: menor tempo de operação com plano factível, explicável e reotimizável.

Porto de Los Angeles | Operações de guindaste no Pier 300



METHOD	RESULTS	
Per Day	Before HONE	After HONE
Deliveries Per Crane (Per Day)	60	97
Truck Turn Time (Minutes)	66	58
Crane Utlization	45%	72%
Average Crane Distance	8900 M	6200 M

Abril 2025



At the Port of Los Angeles—the nation's largest facility for handling shipborne cargo—time is literally money. In 2021 alone, the equivalent of more than 10 million twenty-foot container units were transferred from ships to the trucks that convey them to their inland destinations.

The extra minutes and hours squandered in this process can create an immense drain in terms of wasted manpower and dollars. And at a time where supply chains for many essential goods are being stretched to their breaking point, there is little room to compromise on efficiency.

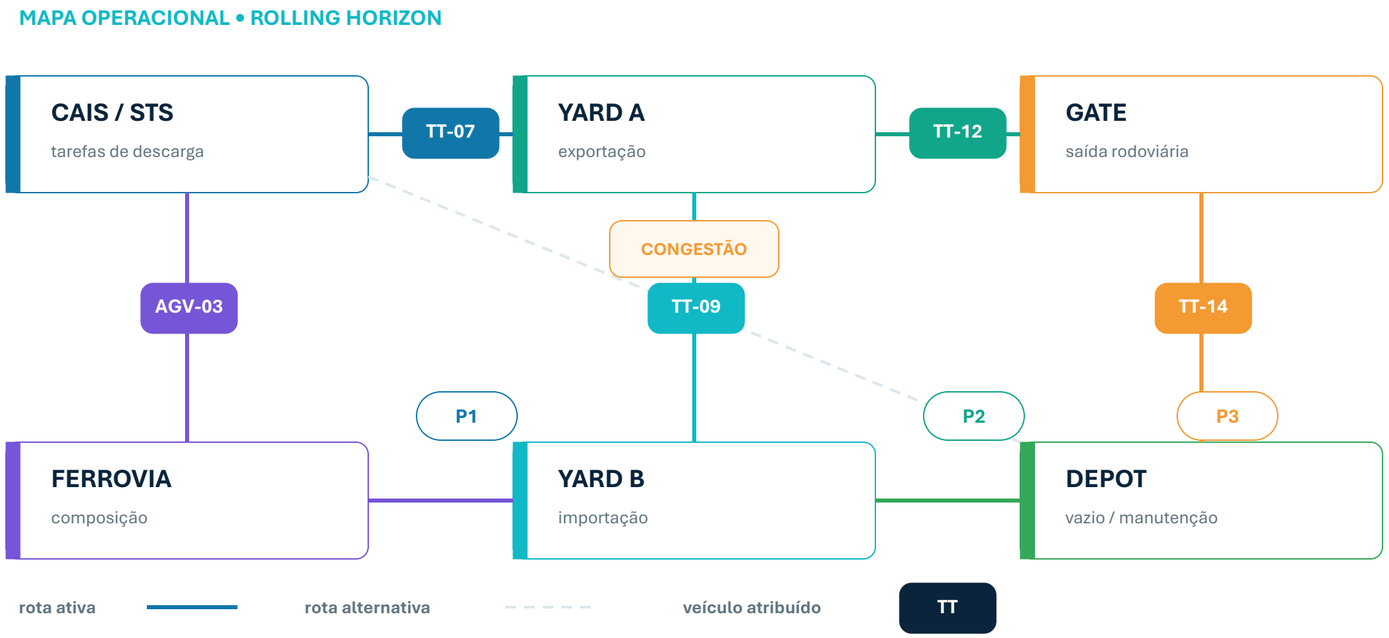
Quantum computing offers an ideal tool for identifying optimal solutions to such complex logistical problems. A recent initiative at Pier 300, one of the port's largest terminals, demonstrated the efficiency gains that can be realized from optimizing equipment usage and personnel while ensuring that containers are cleared from the port as quickly as possible.



https://www.dwavequantum.com/media/y3hl22va/dwave_port_of_la_case_story_v7.pdf

Dispatch interno: separar assignment de routing

Atribuir veículo–tarefa e calcular rotas sob congestionamento, prioridade e disponibilidade operacional.



AI / AGENTS

Prever o próximo estado

demanda • duração • congestionamento

QUBO / QI

Selecionar veículo–tarefa

assignment • lotes • prioridades

GPU / cuOpt

Calcular e reotimizar rotas

VRP • restrições • tempo real

Não converter todo o dispatch em um QUBO: decompor assignment, routing e simulação preserva escala e velocidade.

1 **Prever**
estado + demanda

2 **Atribuir**
veículo + tarefa

3 **Rotear**
GPU / cuOpt

4 **Reotimizar**
evento / exceção

Resultado esperado: menos quilômetros vazios, menor espera de STS e maior utilização da frota.

Porto de Hamburgo | Agendamento e despacho de rebocadores com otimização quântica

Outubro 2025



QTs - Quantum Tug Scheduling

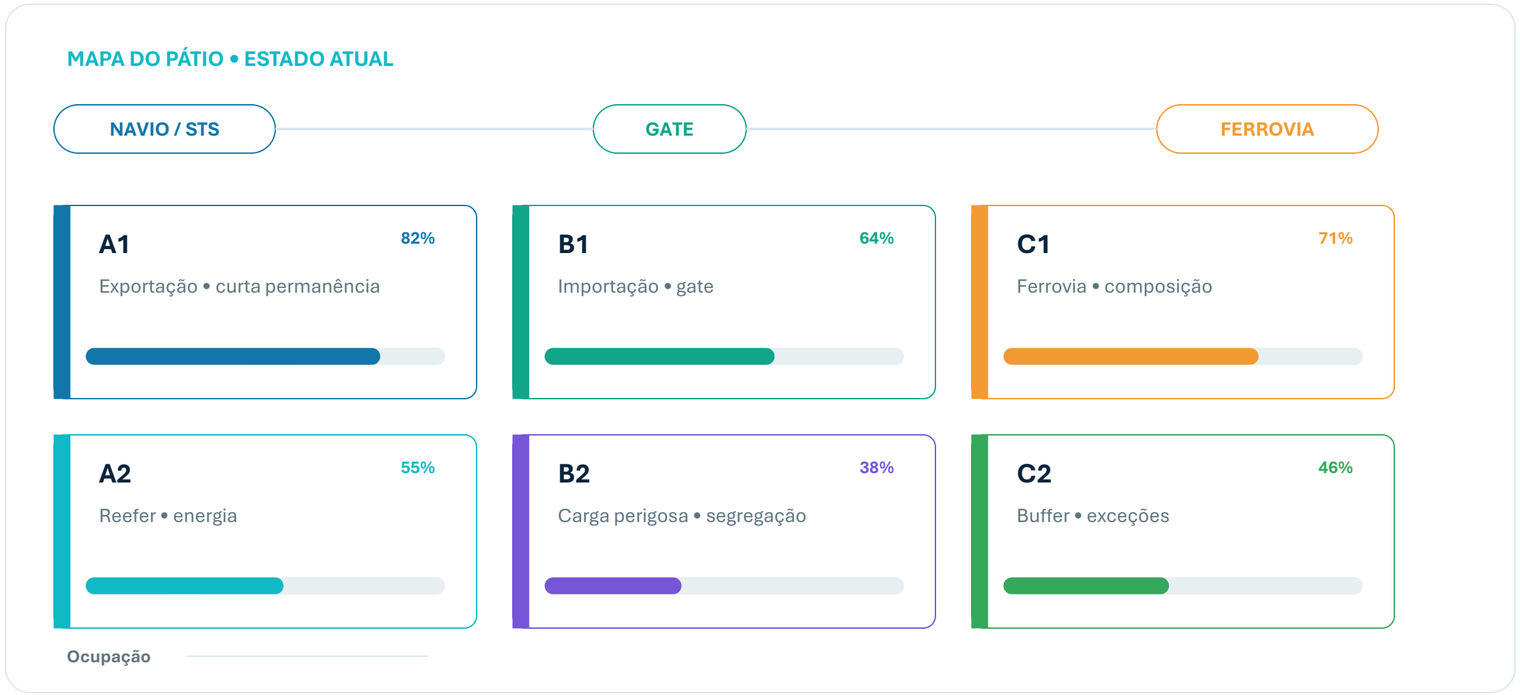
- **Smart tugboat dispatching in the Port of Hamburg through hybrid optimization with quantum computing**

  Parceria entre o operador de rebocadores Fairplay Towage, o Fraunhofer Center for Maritime Logistics and Services (Fraunhofer CML) e outras partes interessadas, usando **algoritmos quânticos (híbridos quantum-ready) para decompor e resolver subproblemas de agendamento** que são difíceis para métodos clássicos.

https://www.cml.fraunhofer.de/en/research-projects/quantum_tug_scheduling.html

Yard Allocation: reduzir reshuffles e deslocamentos

Alocar contêineres e reservas por bloco, respeitando capacidade, compatibilidade e sequência de saída.



DECISÃO

Contêiner / grupo → bloco

destino • dwell time • modal de saída

RESTRIÇÕES

Capacidade • compatibilidade

reefer • hazardous • peso • segregação

OBJETIVO QUBO

Minimizar custo operacional

reshuffles • distância • desequilíbrio

Custo = α · reshuffles + β · distância + γ · desequilíbrio + penalidades de restrição

CP-SAT / MILP
baseline e factibilidade

Digital Annealer / SQBM+
QUBO em escala clássica

D-Wave Hybrid
annealing + decomposição

QAOA
instâncias reduzidas / P&D

– moves reshuffles

– km equipamentos

+ flow gate / rail / quay

+ forecast dwell time

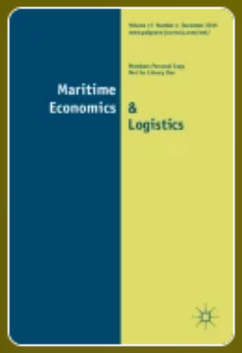
SPRINGER NATURE Link

Dezembro 2025

Find a journal | Publish with us | Track your research | Search | Saved research | Cart

Home > Maritime Economics & Logistics > Article

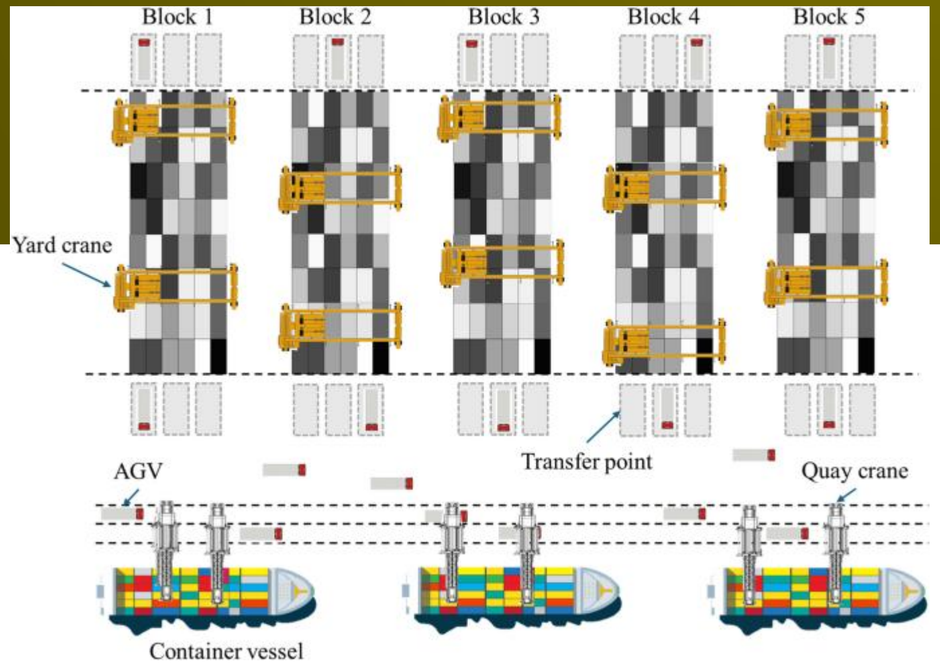
Managing the container premarshalling problem to optimality using quantum-enhanced deep learning



Original Article | Published: 10 December 2025

Volume 28, pages 62–94 (2026) Cite this article

Save article



link.springer.com/article/10.1057/s41278-025-00338-z

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO
Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

Qual é o papel da **computação quântica** na próxima geração de **otimização logística?**

Resposta:

Será um **acelerador para a resolução de problemas complexos de combinatória**, reduzindo o tempo de processamento para solução de problemas, em otimização, simulação, predição, etc.

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

4

O que são arquiteturas híbridas **clássica-quântica?**

Um problema, múltiplas famílias de solver

Soluções clássicas



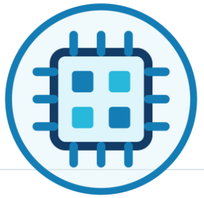
Exato

MILP • CP-SAT
garantias / limites de escala



Heurístico

LNS • tabu • GA
velocidade / qualidade prática



GPU

cuOpt • paralelismo
routing e busca em escala



Quantum-inspired

Ising • QUBO • SBM
hardware clássico especializado



Annealing

D-Wave QPU + hybrid
amostragem e otimização



Gate-based

QAOA e variantes
programabilidade e IP futuro

Soluções quânticas

Um solver-agnostic de Optimization Intelligence

HYPAQ

01 MODELAR UMA VEZ

Modelo canônico do problema — **Variáveis • restrições • objetivos • dados • KPIs operacionais**

A modelagem do problema de otimização deve ser independente do hardware e do fornecedor.

02 SELECIONAR O MELHOR BACKEND

PRODUÇÃO

Classical + GPU

MILP • CP-SAT • cuOpt

ESCALA CLÁSSICA

Quantum-inspired

Ising • QUBO • SBM

ANNEALING

Quantum annealing

D-Wave QPU • hybrid

ROADMAP

Gate-based

QAOA • mixers • FTQC

03 COMPARAR POR EVIDÊNCIA

BENCHMARK • ROI • GOVERNANÇA

Qualidade | tempo end-to-end | factibilidade | robustez | custo

Trocar o backend sem perder o ativo de modelagem, integração e conhecimento do domínio.

O porto opera como um único sistema de decisões

Cada decisão local altera capacidade, sequência e nível de serviço nas demais operações.



01

Berço de atracação

Alocar posição e janela

fila • maré • calado



02

Navio

Priorizar chegada e operação

ETA • prioridade • janela



03

Guindastes STS

Sequenciar movimentos

produtividade • interferência • segurança

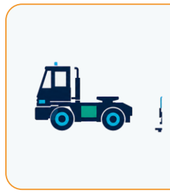


04

Pátio de contêineres

Reservar bloco e capacidade

ocupação • reshuffle • compatibilidade



05

Veículos internos

Despachar frota e tarefas

demanda • percurso • congestionamento



06

Ferrovia

Formar blocos e manobras

linhas • slots • conexão

SINCRONIZAÇÃO EM TEMPO REAL

Eventos → restrições compartilhadas → decisão coordenada

O gargalo não é apenas enxergar o que acontece — é recompor o plano dentro da janela operacional.

De porto digital a Hub Port cognitivo

A maturidade evolui de enxergar a operação para coordenar decisões em todo o ecossistema logístico.



ETAPA 1

Digital

Conectar dados e eventos

VISIBILIDADE

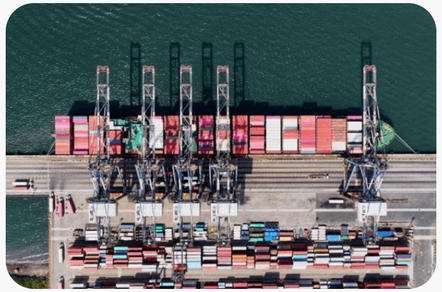


ETAPA 2

Smart

Prever ETA, demanda e falhas

PREDIÇÃO



ETAPA 3

Autônomo

Executar planos locais

EXECUÇÃO



ETAPA 4

Cognitivo

Agentes coordenam decisões

ORQUESTRAÇÃO



ETAPA 5

Hub Port

Otimizar o ecossistema

VANTAGEM SISTÊMICA

dados → inteligência → automação → coordenação → vantagem sistêmica

OPTIMIZATION INTELLIGENCE

A fronteira competitiva passa de “saber o que acontece” para decidir melhor antes do concorrente.

PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

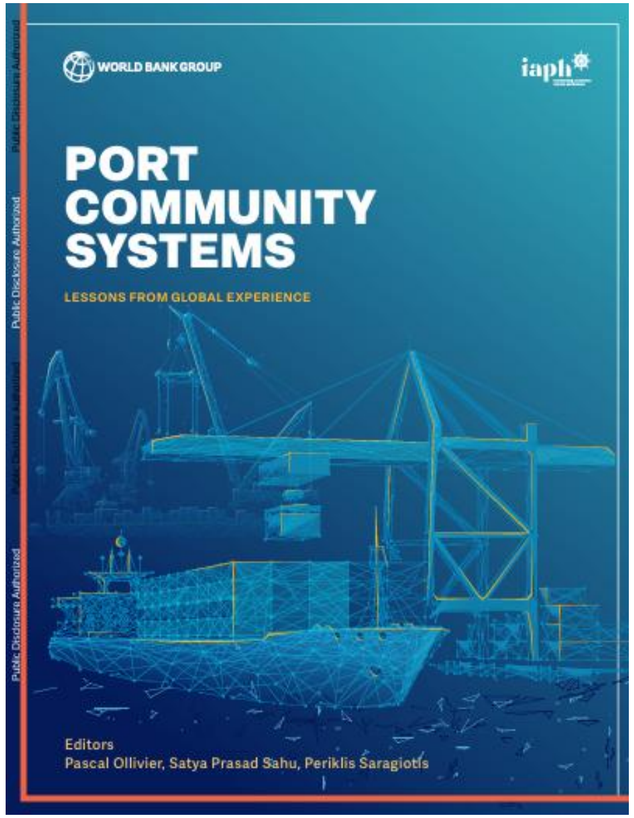
Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

5

Como será a nova **arquitetura de referência** para **Portos Inteligentes?**

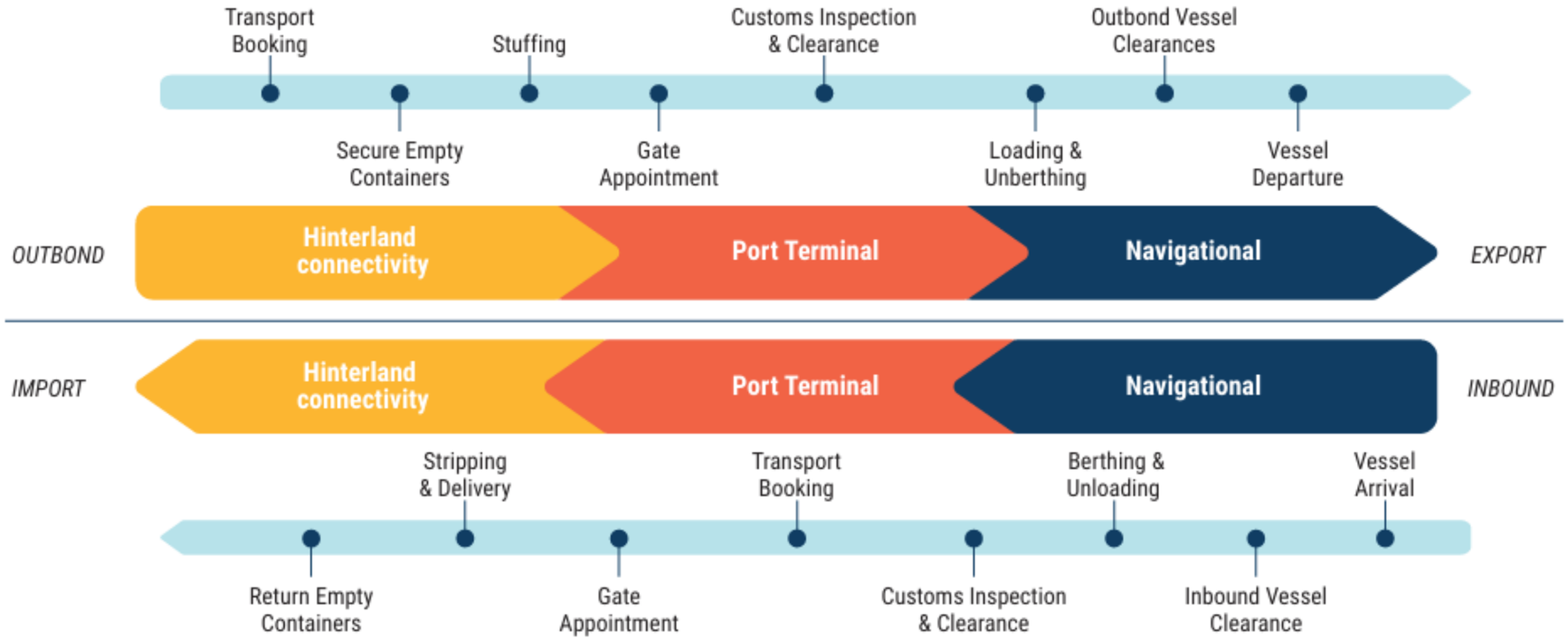
Port Community Systems: Driving Trade in the 21st Century | Nov 2023

Editors: Pascal Ollivier, Satya Prasad Sahu, Periklis Saragiotis



NOVEMBER 1, 2023

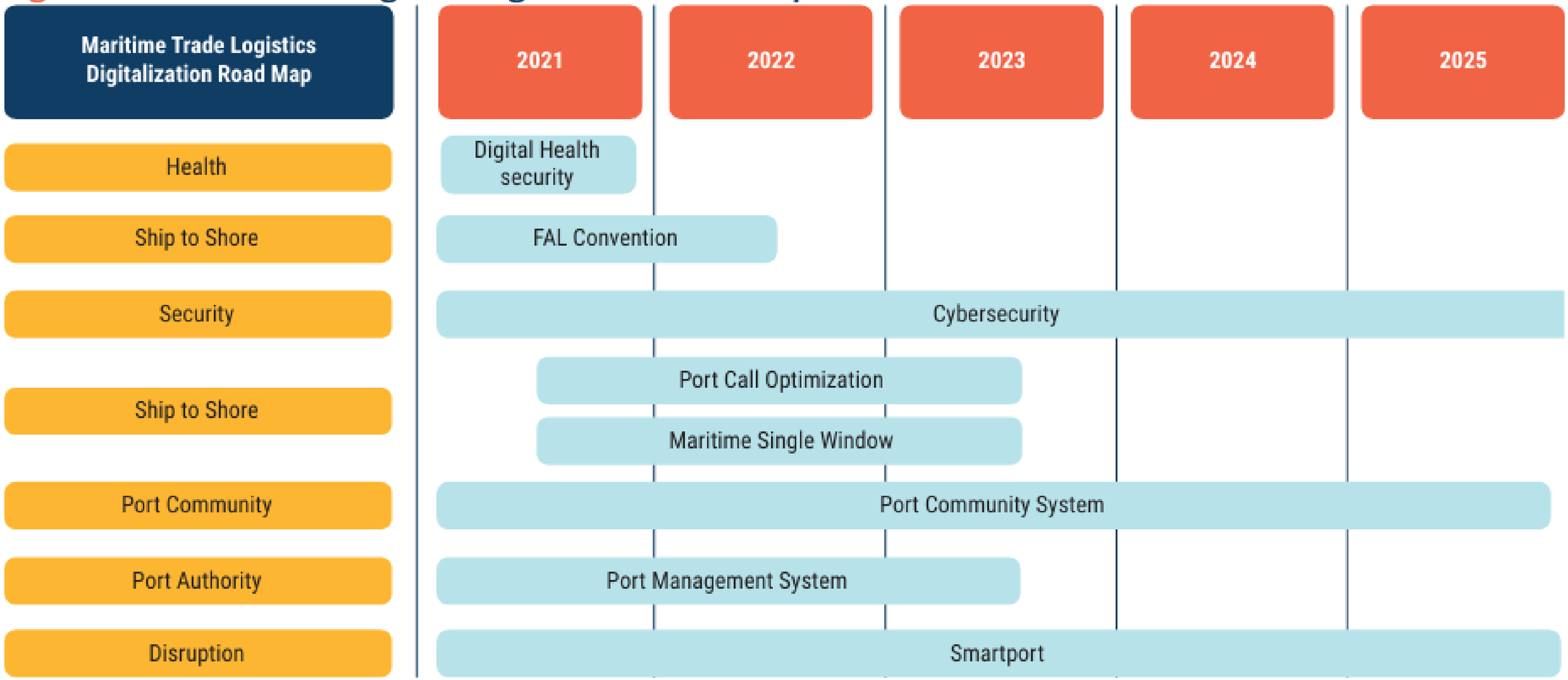
Figure 3. Typical port flows and services



https://www.worldbank.org/en/topic/trade/publication/port-community-systems-driving-trade-in-the-21st-century

Port Community Systems: Driving Trade in the 21st Century | Nov 2023

Figure 6. Maritime Trade Logistics Digitalization Road Map

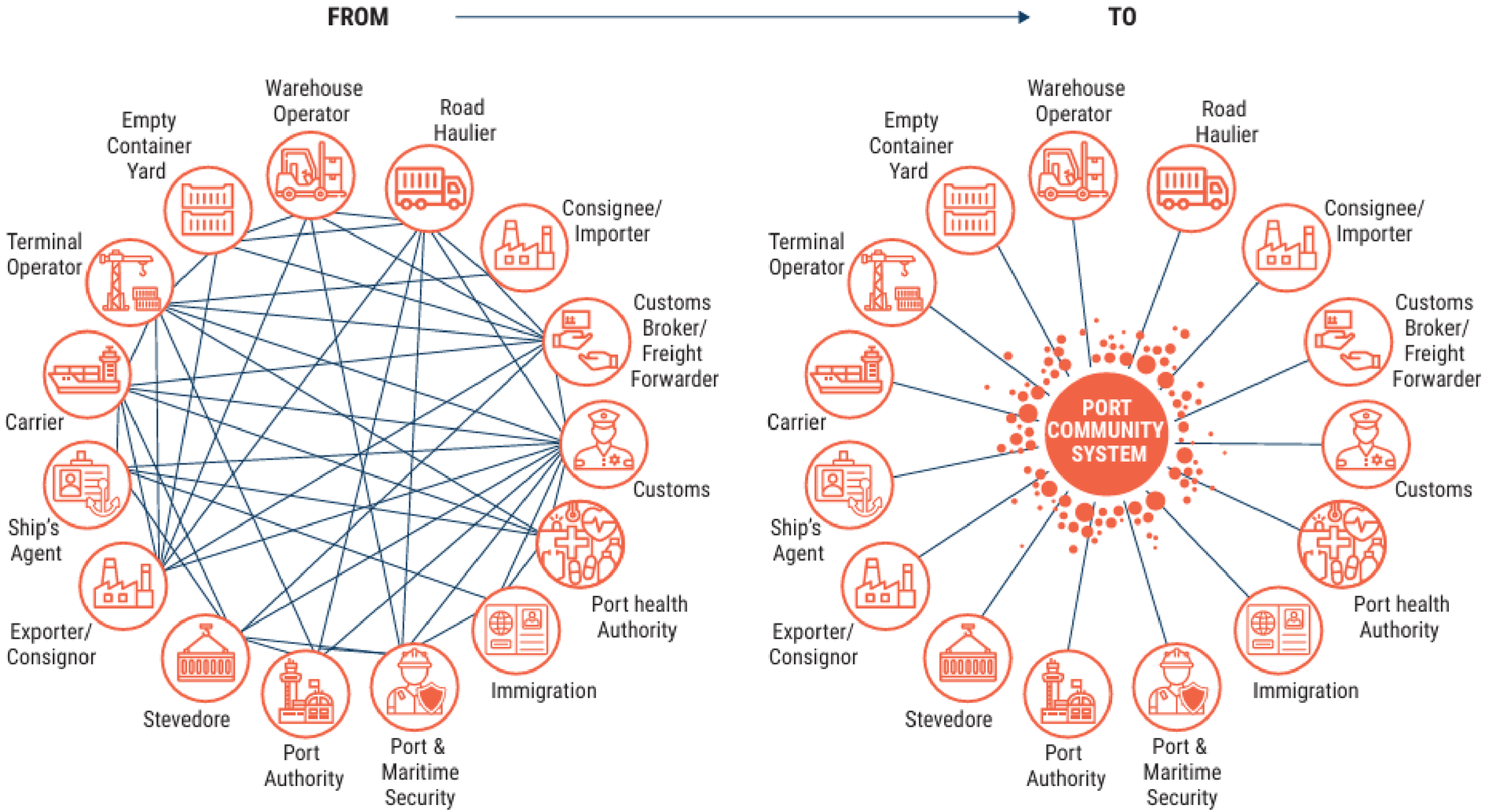


Source: World Bank. (2020). Accelerating Digitalization: Critical Actions to Strengthen the Resilience of the Maritime Supply Chain. World Bank.

https://documents1.worldbank.org/curated/en/099092624152038561/pdf/P176587-54dd3e7b-e083-43cc-9df3-10b441697c0d.pdf

Port Community Systems: Driving Trade in the 21st Century | Nov 2023

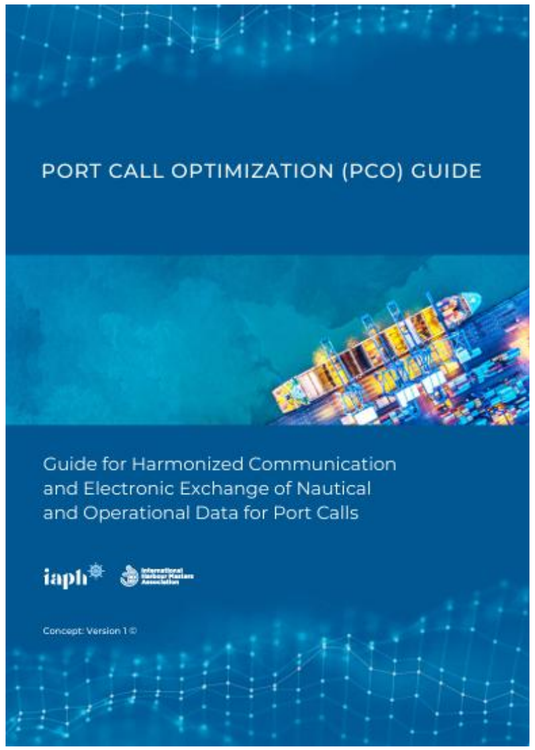
Figure 9. Port Community Members Collaboration prior and post PCS adoption



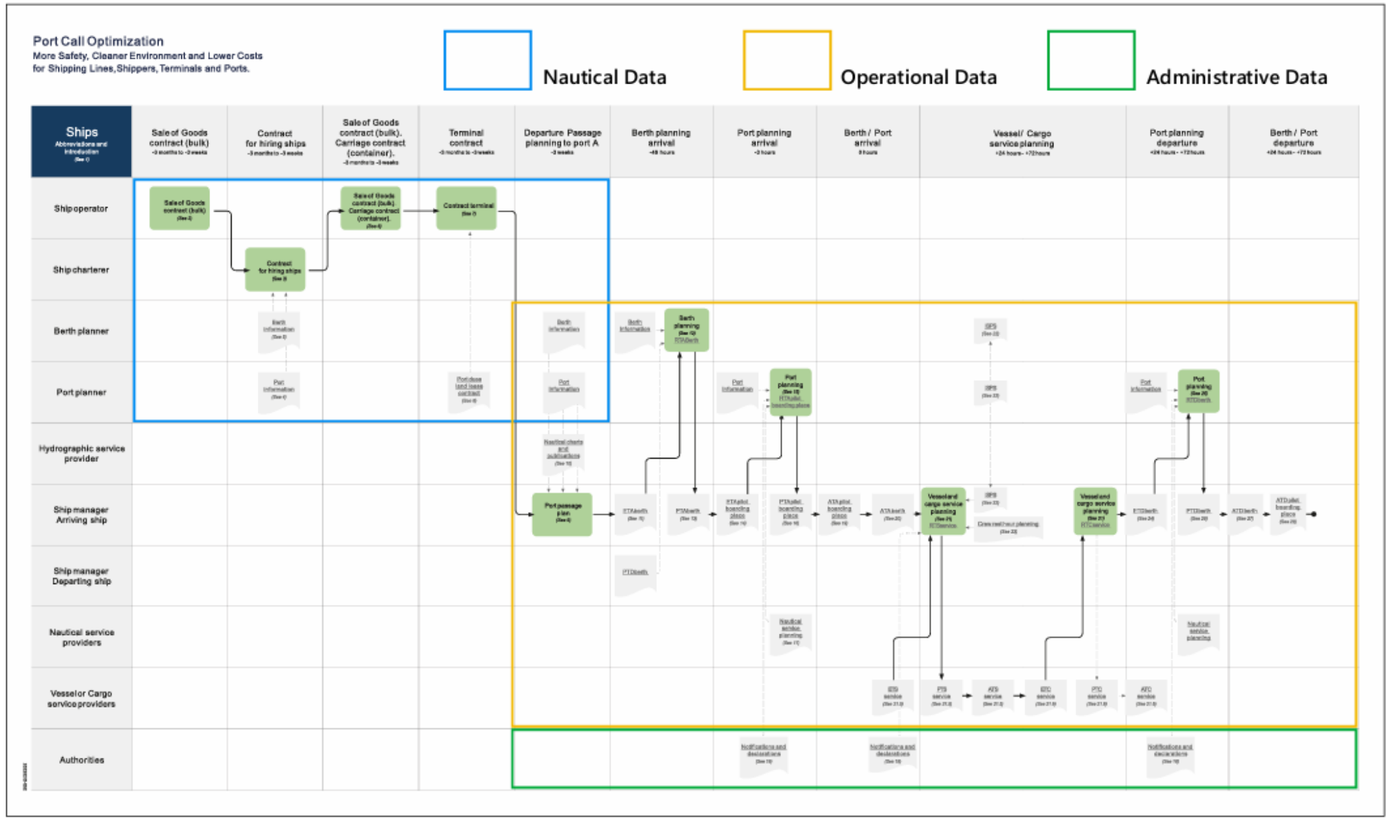
Source: Carlan, V., Christa, S., & Vanelslander, T. (2016). Port Community Systems costs and benefits: from competition to collaboration within the supply chain. Hellenic Institute of Transport.

The definitive Port Call Optimization (PCO) guide | Março 2026

Produced by the International Association of Ports & Harbors (IAPH) and the International Harbour Masters Association (IHMA), the *Guide for Harmonized Communication and Electronic Exchange of Nautical and Operational Data for Port Calls* – abbreviated to the *Port Call Optimization (PCO) Guide*



MARCH 25, 2026



A port call is the arrival and departure of a ship at a particular port as part of its journey or itinerary. During a single port call, the ship may call at one or multiple berths. **Port call optimization** is the name of optimizing this process.

https://www.iaphworldports.org/pickup/21900/

Nova Arquitetura de Referência para Portos Inteligentes

ECOSSISTEMA CONECTADO

DADOS COMPARTILHADOS

COORDENAÇÃO E PLANOS COMPARTILHADOS

INTELIGÊNCIA E OTIMIZAÇÃO

GOVERNANÇA

RESPONSABILIDADES

RESULTADOS

Nova Arquitetura de Referência para Portos Inteligentes



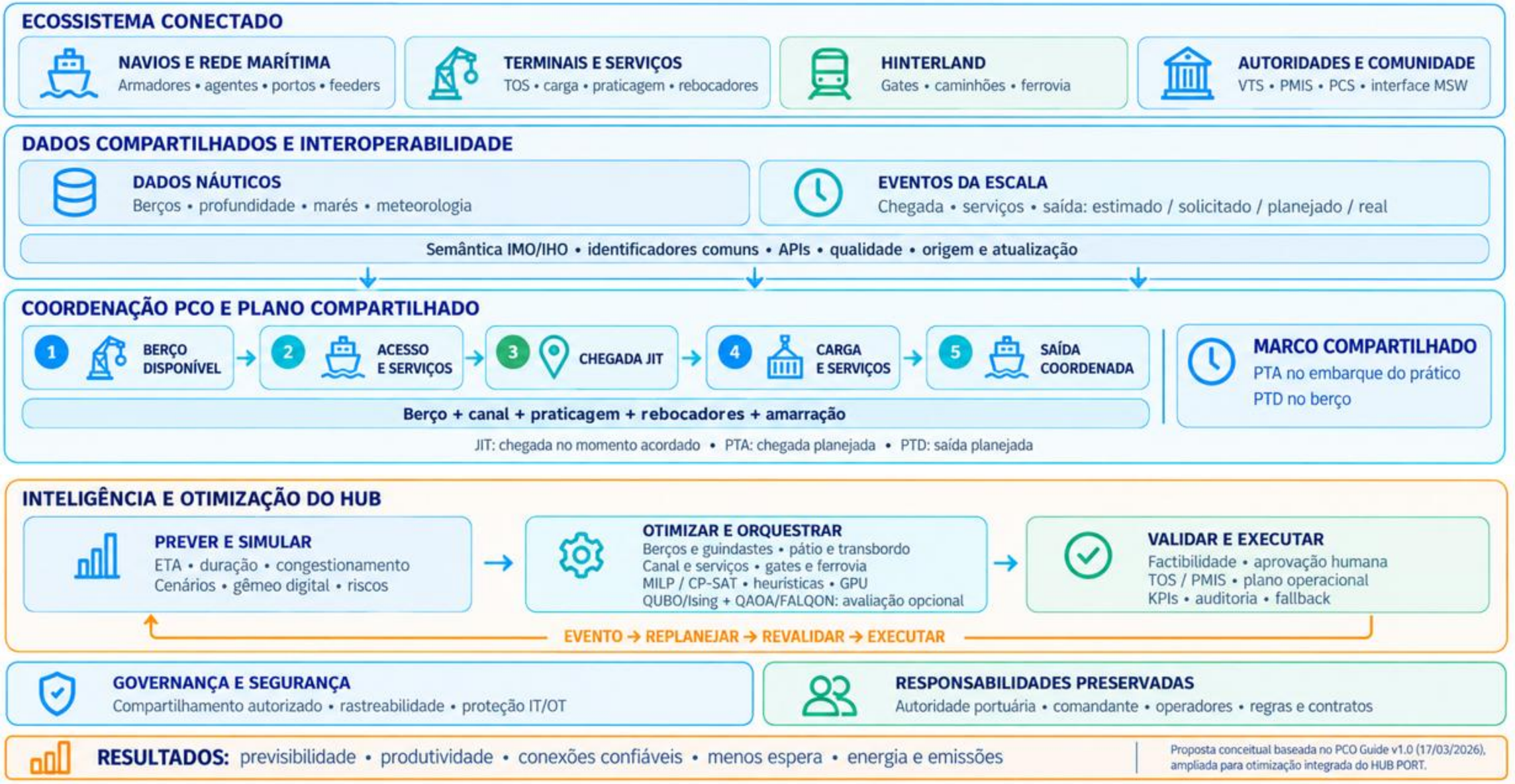
INTELIGÊNCIA E OTIMIZAÇÃO

GOVERNANÇA

RESPONSABILIDADES

RESULTADOS

Nova Arquitetura de Referência para Portos Inteligentes



PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

HYPAQ

Considerações finais

www.portperformancesummit.com.br

Uma Arquitetura AI-FIRST QUANTUM-READY

HYPAQ

A melhor tecnologia é escolhida para cada decisão, com evidência e fallback operacional.

O valor está em selecionar a melhor tecnologia para cada decisão portuária

AI-FIRST	Prever, detectar disrupções e explicar recomendações
OPTIMIZATION	Comparar planos sob restrições operacionais reais
DIGITAL TWIN	Capturar o campo e simular impacto antes da execução
QUANTUM-READY	Benchmark de novos backends para otimização com o mesmo modelo do mundo real



Produção segura = baseline clássico + benchmark reproduzível + fallback + autoridade humana

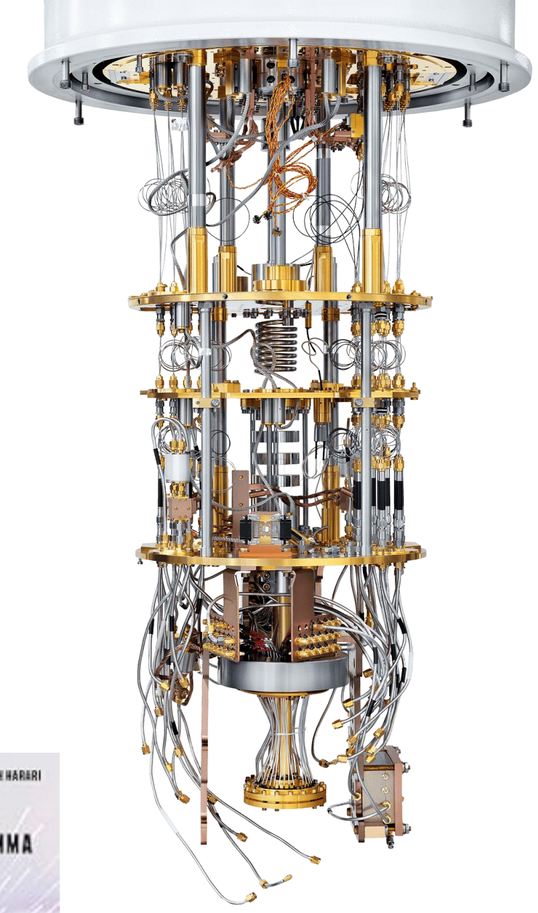
Prepare-se para a Próxima Onda de Tecnologias para Portos Inteligentes

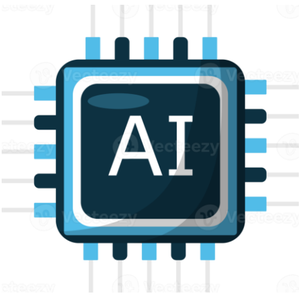












PORT PERFORMANCE SUMMIT BRASIL 2026

07 a 08 OUTUBRO

Milenium Centro de Convenções
São Paulo | SP

HYPAQ

Obrigado!

Waldemir Cambiucci, Ph.D
Founder & CEO na HYPAQ
waldemir@hypaq.com.br
Linkedin.com/in/wcamb