

díxitos

CESGA
GALICIA SUPERCOMPUTING CENTER

Centro de Supercomputación de Galicia

Especial Cuántica

Outubro 2023

O FUTURO É

CUÁN TICO

*O POLO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS DE GALICIA,
NO CAMIÑO DE SER REFERENTE EUROPEO EN 2030*

A computación e a comunicación cuánticas marcan
a nova era da economía do coñecemento

Os cúbits abren oportunidades de negocio para os
sectores estratéxicos en Galicia

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

**XUNTA
DE GALICIA**

díxitos

Fundación Pública Galega Centro Tecnolóxico de Supercomputación de Galicia

DIRECCIÓN: Lois Orosa Nogueira

COORDINACIÓN: Fernando Bouzas Sierra

DESEÑO E ELABORACIÓN DE CONTIDOS: Sandra Rodríguez. Growcom

DESEÑO E MAQUETACIÓN: María Domínguez

FOTOMECÁNICA E IMPRESIÓN: Editorial MIC

DEPÓSITO LEGAL: C 1604-1998

ISSN: 1139-563X

EDITA: FUNDACIÓN CESGA

Avenida de Vigo, s/n (Campus Vida), 15705 Santiago de Compostela,

Telf. 981 569 810 - Fax. 981 594 616

dixitos@cesga.gal

A Fundación CESGA é unha organización sen ánimo de lucro ao servizo da investigación científica, o desenvolvemento tecnolóxico e a innovación dende 1993. Participan na Fundación CESGA a Xunta de Galicia e o Consello Superior de Investigacións Científicas (CSIC).

As infraestruturas xestionadas pola Fundación CESGA foron parcialmente financiadas pola Unión Europea, a través do Fondo Europeo de Desenvolvemento Rexional (FEDER) e do Goberno de España, a través do Ministerio de Ciencia, Innovación e Universidades, así como pola Xunta de Galicia e o CSIC.

A Fundación CESGA xestiona unha infraestrutura integrada na Rede Española de Supercomputación, unha Infraestrutura Científico Tecnolóxica Singular (ICTS) do Estado.



O FUTURO É

CUÁNTICO

AS TECNOLOXÍAS QUE MARCAN A CARREIRA CARA A NOVA ERA CUÁNTICA

As tecnoloxías cuánticas están chamadas a protagonizar unha revolución que terá un impacto significativo sobre a industria de numerosos sectores e na vida cotiá.

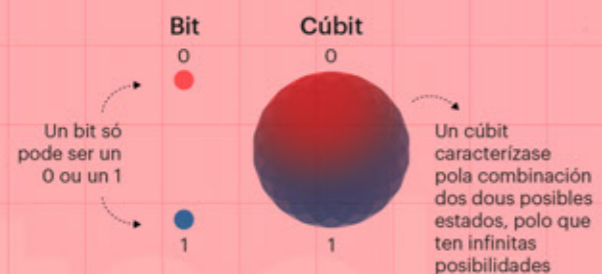
O seu carácter disruptivo inicia unha nova era na que as capacidades das tecnoloxías da información aumentan exponencialmente en alcance e eficiencia. Por este motivo, a era cuántica identifícase cunha nova era da economía do coñecemento.

Que son

As tecnoloxías cuánticas baséanse nos principios da física cuántica, que estuda a materia e a enerxía no seu nivel máis fundamental co obxectivo de descubrir as propiedades e os comportamentos dos compoñentes básicos da natureza.

O escenario cuántico abre oportunidades impensables ata agora. A grandes liñas, os fenómenos dos que se nutren estas tecnoloxías para realizar tarefas de maneira máis eficiente e para realizar cálculos difíciles ou imposibles mediante as tecnoloxías clásicas son dous:

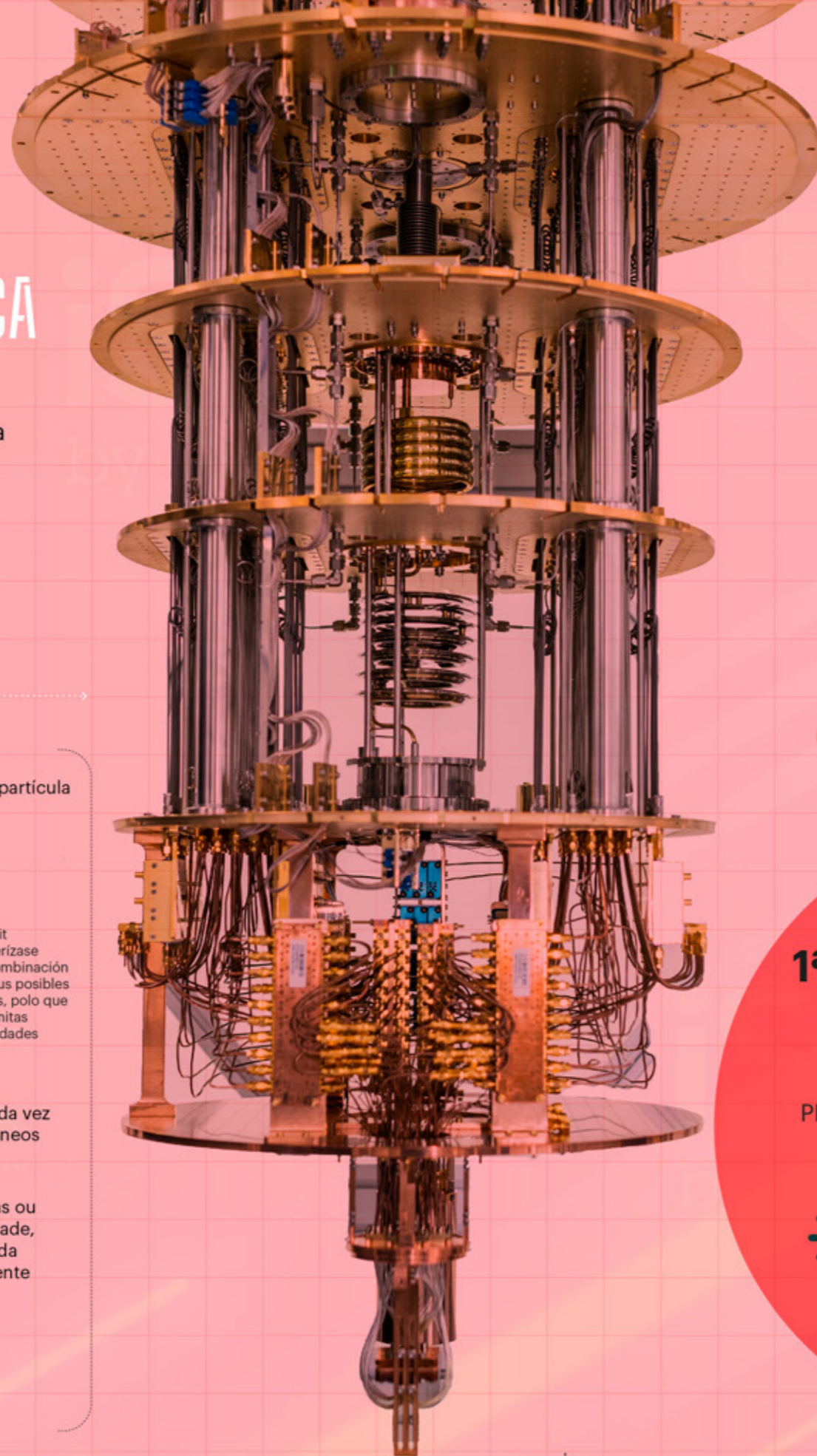
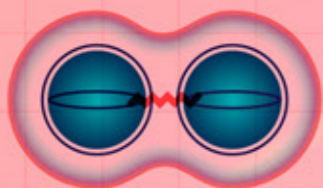
▶ A **superposición cuántica**, na que unha partícula pode estar en diferentes estados á vez.



Con máis partículas, o número de posibilidades crece exponencialmente:

10 bits → 1 estado de 10 bits cada vez
10 cúbits → 1.024 estados simultáneos

▶ O **entrelazamento cuántico**, no que dúas ou máis partículas perden a súa individualidade, de maneira que o comportamento de cada unha depende da outra independentemente da distancia que as separa.



Como evolucionaron

A súa orixe coincide co inicio do século XX e na súa evolución destacan dous fitos:



Cal é a súa dimensión*

VOLUME DE NEGOCIO ESTIMADO



INVESTIMENTO PÚBLICO COMPROMETIDO A NIVEL MUNDIAL

33.700 M\$

UNIVERSIDADES QUE OFRECEN MÁSTERS EN TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS



* Quantum Technology Monitor, McKinsey&Company, Abril 2023.

UN ECOSISTEMA CUÁNTICO EN CONTINUO CRECIMENTO PARA SER LÍDERES

As tecnoloxías cuánticas xa se consideran estratéxicas a nivel global. As principais potencias mundiais e as grandes multinacionais asumen que se trata dunha tendencia que vai moito máis alá dun nicho tecnolóxico no que convén posicionarse. Dado o seu carácter disruptivo, transformador e transversal, a carreira está sendo moi competitiva.

Na primeira década deste século XXI, Canadá e Singapur construíron os primeiros centros de investigación en tecnoloxías cuánticas: o Institute for Quantum Computing (IQC) en Waterloo e o Centre for Quantum Technologies (CQT) de Singapur. En paralelo, xigantes tecnolóxicos como IBM e Google apuraban xa o investimento de grandes cantidades neste ámbito.

O Reino Unido foi o primeiro país en lanzar un programa nacional sobre tecnoloxías cuánticas, o UK National Quantum Technologies Programme, creado en 2014. Catro anos despois, a Unión Europea poñía en marcha a súa grande iniciativa de carácter transnacional, a Quantum Flagship, case de xeito simultáneo á National Quantum Initiative dos Estados Unidos.



Iniciativas singulares en Europa



Iniciativa a 10 anos dotada con 1.000 M€ para impulsar a soberanía europea na investigación e a aplicación industrial das tecnoloxías cuánticas.

Rede formada por 31 países –entre eles, España– que dá soporte financeiro a proxectos de investigación internacionais en tecnoloxías cuánticas a través de convocatorias anuais dende 2017.

Futura infraestrutura paneuropea de comunicacións cuánticas, que se integrará coas redes de comunicación existentes para protexer a súa seguridade.

Proxecto para establecer unha infraestrutura europea híbrida na que se unen as capacidades das comunidades de tecnoloxías de computación de alto rendemento e as de tecnoloxías cuánticas e simulación.

Redes en expansión en España

A vocación de España de unirse a este esforzo global materialízase principalmente en dúas iniciativas colaborativas postas en marcha en 2022:

Quantum Spain [22 M€]

Configuración dunha infraestrutura competitiva e completa de computación cuántica en España para finais de 2025. Este proxecto inclúe a instalación dun ordenador cuántico no Barcelona Supercomputing Center e de emuladores cuánticos de computación de alto rendemento (HPC) en varios centros –entre eles, o CESGA– para ser utilizados en proxectos sobre tecnoloxías cuánticas. Estas infraestruturas serán accesibles a través das canles da Rede Española de Supercomputación (RES).



Plan Complementario de Comunicación Cuántica [73 M€]

Programa de investigación cofinanciado entre o Goberno central e varias comunidades autónomas co fin de impulsar o desenvolvemento das comunicacións cuánticas para reforzar a ciberseguridade en España. Ten como obxectivo crear unha infraestrutura de comunicación de alta seguridade no país e impulsar a actividade industrial neste ámbito.



+ Os PERTE

No marco dos Proxectos Estratéxicos para a Recuperación e Transformación Económica (PERTE) promovidos polo Goberno de España baixo a fórmula da colaboración público-privada, dous deles inclúen de xeito específico o desenvolvemento de tecnoloxías cuánticas:

► **PERTE de Microelectrónica e Semicondutores.** 12.250 M€. Contempla o desenvolvemento de chips cuánticos.

► **PERTE Aeroespacial.** 4.533 M€. Incorpora un sistema de satélite e terrestre para comunicacións cuánticas.



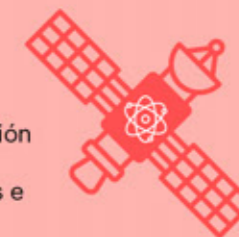
O esforzo colaborativo en Galicia

En 2022, Galicia pon en marcha o seu propio *hub* para aglutinar todas as capacidades públicas e privadas neste ámbito. O Polo de Tecnoloxías Cuánticas de Galicia é o eixe no que conflúen Administración, centros tecnolóxicos e de innovación, universidades, empresas, institucións e entidades asociativas para sumar forzas en dous campos de especialización que se materializan en dúas áreas de actividade:



Computación cuántica

Liderada polo CESGA. Centro de innovación con experiencia en computación de altas prestacións dende 1993. Traballa en computación cuántica dende 2017, incluíndo a participación en proxectos estatais e europeos neste eido.



Comunicacións cuánticas

Liderada polo Vigo Quantum Communication Center, formado por grupos de investigación da UVigo de recoñecido prestixio internacional e integrado por expertos que desexan as futuras redes de comunicacións cuánticas.





O POLO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS DE GALICIA

O Polo de Tecnoloxías Cuánticas de Galicia é un esforzo colaborativo liderado polo Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA) coa misión de conseguir un impulso disruptivo das tecnoloxías cuánticas que o sitúe como un referente europeo no horizonte do ano 2030.

Desafíos



Realizar I+D excelente en computación, comunicacións e sensórica cuánticas.



Atraer talento cualificado e investimento a Galicia.



Contribuír ao desenvolvemento de solucións innovadoras para os retos empresariais, especialmente dos sectores estratéxicos para a economía galega.

Plan de acción

O plan de acción do polo está deseñado para sacarlle o máximo partido ás capacidades dos axentes do ecosistema galego de tecnoloxías cuánticas:



UNIVERSIDADES

Formar aos profesionais do futuro en tecnoloxías cuánticas, reter e atraer talento e impulsar a investigación e o coñecemento cuántico multidisciplinar e transversal:

Impulso da investigación excelente en tecnoloxías cuánticas.

Elaboración dun mapa de coñecemento tecnolóxico.

Financiamento de teses, traballos de fin de grao e másters.

Deseño de cursos específicos de metroloxía, computación cuántica, sensórica, simulación, comunicacións e internet cuántica.

Incorporación das tecnoloxías cuánticas nos graos de Física, Matemáticas e Enxeñaría.

Creación do Máster Oficial Interuniversitario en Ciencia e Tecnoloxías de Información Cuántica.



CENTROS TECNOLÓXICOS E DE INVESTIGACIÓN E ENTIDADES SINGULARES

Potenciar a xeración de coñecemento novo en tecnoloxías cuánticas e facilitar o desenvolvemento de novos produtos e servizos a partir dese coñecemento:

Vixilancia da evolución tecnolóxica.

Impulso da investigación excelente en tecnoloxías cuánticas.

Participación en proxectos singulares e de fomento da internacionalización.



EMPRESA

Impulsar a innovación e o uso de tecnoloxías cuánticas en sectores económicos estratéxicos:

Vixilancia da evolución da implantación tecnolóxica.

Desenvolvemento de casos de uso específicos e proxectos singulares.

Estimular a colaboración en proxectos con universidades e centros tecnolóxicos e de investigación.

Fomento da propiedade intelectual e de patentes.

Creación dun *venture capital* público/privado e dunha incubadora-aceleradora especializada.

Financiamento da incorporación de profesionais científico-técnicos especializados nas empresas.



SOCIEDADE

Difundir as tecnoloxías cuánticas e o seu potencial positivo entre a cidadanía e fomentar as vocacións en tecnoloxías cuánticas:

Deseño dun programa de difusión das tecnoloxías DARQ (tecnoloxías distribuídas, intelixencia artificial, realidade estendida e desafío cuántico) entre o alumnado de secundaria.

Divulgación das tecnoloxías cuánticas na sociedade a través de iniciativas artísticas.

INFRAESTRUTURAS

Computación cuántica no CESGA >> 47,5 M€

- Computador cuántico
- Emuladores cuánticos

Novo edificio CESGA >> 30 M€

Comunicación cuántica no Vigo Quantum Communication Center (VQCC) >> 23 M€

- Enlace seguro de telecomunicacións cuánticas entre Vigo e Santiago de Compostela (100 km)

100,5 M€

TALENTO

Programas de captación e retención de talento (QTalent) >> 20 M€

Novo Grupo de Investigación en Computación Cuántica (CESGA) >> 3,3 M€

- Produción de algoritmos híbridos, cuánticos e *quantum inspired*
- Creación dun sistema de *benchmarking* de computación cuántica

Cinco novos laboratorios no VQCC >> 2,8 M€

- Satellite Quantum Hub
- Quantum Communication Technology Group
- Quantum Hacking & Certification Lab
- Quantum Communication Theory Group

26,1 M€

TOTAL
153,7 M€

PROXECTOS SINGULARES DE I+D+I

Proxectos de tecnoloxías cuánticas en colaboración entre empresas e centros tecnolóxicos e de investigación >> 26 M€

26 M€

XESTIÓN DO POLO

1,1 M€

A REVOLUCIÓN CUÁNTICA É CLAVE NO FUTURO DA INDUSTRIA

As expectativas sobre as aplicacións disruptivas das tecnoloxías cuánticas son moi elevadas na práctica totalidade dos sectores industriais. O seu impacto global terá un efecto transformador en todos os ámbitos económicos estratéxicos para Galicia, así como tamén sobre a calidade de vida das persoas, especialmente no relativo á saúde e á sustentabilidade medioambiental.

Aínda é difícil predicir con precisión cal será o alcance do seu desenvolvemento, pero tanto centros de coñecemento como empresas están xa a describir aplicacións e casos de uso que permiten albiscair o enorme potencial da nova era cuántica.



Bioteconoloxía, medicina e xenética

- ▲ A simulación e a computación cuánticas permitirán recrear de xeito preciso e áxil a interacción e o efecto dun fármaco sobre un determinado organismo, o que acelerará o descubrimento de medicamentos e minimizará a necesidade de testalos en animais e humanos.
- ▲ A óptica cuántica terá un impacto moi relevante na medicina de precisión, xa que fai posible realizar estudos e medicións moi precisas da dinámica de células vivas, o que facilitará a realización de diagnoses non invasivas e manipulación a nivel molecular, por exemplo para o tratamento de tumores.
- ▲ A comunicación cuántica garantirá a seguridade na transmisión dos datos médicos, o que evitará o roubo de información para usos ilícitos.

Enerxía e agricultura sostible

- ▲ Os computadores cuánticos farán posible entender a nivel molecular a síntese do amoníaco, esencial para a elaboración de fertilizantes agrícolas. Isto permitirá paliar o 2 % da enerxía mundial que consume o proceso convencional de fabricación destes produtos.
- ▲ A capacidade de procesamento dos computadores e simuladores cuánticos resultará nunha distribución moito máis eficiente dos recursos enerxéticos.
- ▲ A simulación cuántica permitirá axilizar o descubrimento de combustibles limpos e materiais con maior capacidade de almacenamento de enerxía.

Automoción e aeronáutica

- ▲ A mobilidade sostible experimentará un salto diferencial grazas ao deseño da tecnoloxía que substituirá as baterías dos vehículos eléctricos por dispositivos de alta eficiencia e mínimo impacto ambiental.
- ▲ A conducción autónoma gañará en seguridade grazas á expectativa de habilitar conexións neuronais cuánticas híbridas para mellorar o recoñecemento de imaxes por parte do vehículo.
- ▲ A computación cuántica permitirá optimizar operacións críticas para a eficiencia económica e ambiental do sector aeronáutico, como a distribución da carga nas aeronaves, a planificación das rutas aéreas e a redución no consumo de combustible.

Transporte e loxística

- ▲ Os simuladores cuánticos poderán modelizar en tempo real a circulación tanto de vehículos como de persoas utilizando as enormes cantidades de datos que xa están captando actualmente aplicacións como Google Maps. Isto permitirá unha xestión intelixente do tráfico para, por exemplo, coordinar de xeito automático os semáforos co fin de habilitar unha vía de emerxencia en caso necesario.
- ▲ As cadeas de subministración de mercadorías serán moito máis eficientes a través da optimización dos procesos de almacenamento, distribución e entrega.

Teleco

- ▲ A comunicación e a criptografía cuánticas permitirán crear redes de transmisión de datos ultraseguras baseadas nun proceso denominado distribución de claves cuánticas.
- ▲ As plataformas de vídeo baixo demanda poderán obter predicións sobre a calidade da experiencia de usuario, o que permitirá maximizar a eficiencia na toma de decisións sobre o deseño dos seus servizos.

Finanzas

- ▲ Os computadores e simuladores cuánticos terán a capacidade de resolver problemas complexos e realizar grandes cantidades de cálculos moi rápidos, o que permitirá construír, modelar e mellorar modelos financeiros usando algoritmos cuánticos. Isto inclúe a optimización de carteiras e a predición de crisis financeiras.
- ▲ As operacións bursátiles estarán encriptadas de maneira extremadamente segura fronte a ciberataques e poderanse detectar movementos bancarios sospeitosos, compras online fraudulentas ou calquera outro tipo de operacións ilegais.

CONVERSAS CON

6677

16

VICENTE MORET

Catedrático no Departamento de Computación e
Tecnoloxías da Información da Universidade da Coruña

22

JOAQUÍN OSSORIO

Desenvolvedor de software
en Mestrelab Research

28

REBECA GARCÍA FANDIÑO

Promotora principal de
MD.USE Innovations

34

MIGUEL FERREIRA CAO

Responsable de Tecnoloxías
Cuánticas de Gradient

40

AITOR MORENO

Responsable do Departamento de Intelixencia Artificial
e Quantum Computing en Ayesa-Ibermática



PRETENDEMOS QUE O MÁSTER
INTERUNIVERSITARIO EN CIENCIA E
TECNOLOXÍAS DE INFORMACIÓN
CUÁNTICA DE GALICIA SE CONVERTA
NUN REFERENTE INTERNACIONAL



VICENTE MORET

Catedrático no
Departamento de
Computación e Tecnoloxías
da Información da
Universidade da Coruña



TEMPO LECTURA: 3'



PALABRAS CLAVE:
intelixencia artificial,
computación cuántica,
aprendizaxe automática,
universidade.

A intelixencia artificial é un dos ámbitos tecnolóxicos máis efervescentes na actualidade e a computación cuántica xa se posicionou como a ferramenta máis prometedora para permitirlle desenvolver todo o seu potencial. As universidades son neste momento un dos principais focos de coñecemento para sentar as bases desta sinerxía tan disruptiva.

VICENTE MORET BONILLO É CATEDRÁTICO NO DEPARTAMENTO DE COMPUTACIÓN E TECNOLOXÍAS DA INFORMACIÓN DA UNIVERSIDADE DA CORUÑA E MEMBRO DO LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E DESENVOLVEMENTO EN INTELIXENCIA ARTIFICIAL DESTA INSTITUCIÓN ACADÉMICA. DENDE A SÚA POSICIÓN COMO RECOÑECIDO ESPECIALISTA EN APLICACIÓNS MÉDICAS DA INTELIXENCIA ARTIFICIAL, EMPREGA XA OS POSTULADOS DA COMPUTACIÓN CUÁNTICA PARA ATOPAR SOLUCIÓNS A RETOS DE CARÁCTER GLOBAL COMA O CANCRO.



QUE PODEN ESPERAR AS EMPRESAS DA COMPUTACIÓN CUÁNTICA NO FUTURO? POR QUE DEBERÍAN INCLUÍLA NA SÚA CARTEIRA DE TECNOLOXÍAS CRÍTICAS PARA SER COMPETITIVAS?

Facer predicións é moi difícil, pero poderíamos ilustrar isto cunha historia. O positrón é unha partícula subatómica misteriosa, practicamente igual ao electrón, pero con carga positiva. Estamos a falar de física de partículas, é dicir, de algo moi abstracto e teórico. O caso é que esta partícula foi predita por Paul Dirac en 1928, para logo ser descuberta experimentalmente en 1932. Pois ben, na actualidade, os positróns son utilizados en medicina nuclear de xeito rutinario. Por exemplo, a tomografía por emisión de positróns é unha tecnoloxía que salva moitísimas vidas ao ano e move montañas de diñeiro. Con isto

quero dicir que investir en ciencia é unha necesidade e, aínda que non vexamos unha rendibilidade a curto prazo, hai que ser valentes e emprendedores. Temos que tratar de minimizar a obsesión pola inmediatez dos resultados e, sobre todo, as empresas deberían –na medida das súas posibilidades– ser capaces de facer investimentos a fondo perdido para adquirir un mínimo de coñecementos que lles permita subirse ao tren das novas tecnoloxías. Dende logo, a computación cuántica é unha delas e hai que subir ao seu tren antes de que pase de longo. Isto último que acabo de dicir é moi importante, dende un punto de vista tanto social como económico. Se o tren pasa de longo quedamos nunha situación de dependencia tecnolóxica e isto é moito máis caro que investir agora a fondo perdido. Con todo, é evidente que as institucións e os centros de I+D temos a obriga de colaborar xenerosamente co tecido empresarial da nosa contorna.

COMO EXPLICARÍAS O SALTO QUE A COMPUTACIÓN CUÁNTICA SUPÓN SOBRE A COMPUTACIÓN CLÁSICA, EN TERMOS DE POSIBILIDADE?

A gran vantaxe da computación cuántica é que permite realizar moitos cálculos ao mesmo tempo. Por esta razón, pódese dicir que é intrinsecamente paralela. Esta propiedade supón que podemos manexar enormes cantidades de información de forma simultánea. Neste contexto, na miña opinión particular, a aprendizaxe automática ou o deseño de novos fármacos definitivamente son campos que poderían beneficiarse dela. Con todo, tamén considero que a computación cuántica non exclúe á computación convencional. Hai que aproveitar o mellor de ambos os paradigmas de computación e tratar de establecer sinerxías entre eles.

POR QUE A COMPUTACIÓN CUÁNTICA SUPÓN UN AVANCE DISRUPTIVO PARA A INTELIXENCIA ARTIFICIAL?

Precisamente polo que acabo de comentar. Actualmente estase prestando unha grande atención a temas como a aprendizaxe automática ou a aprendizaxe profunda, que son áreas vinculadas á intelixencia artificial conexionista. A diferenza da intelixencia artificial simbólica –máis enfocada cara á lóxica matemática, a representación do coñecemento e os modelos de razoamento–, a conexionista necesita manipular grandes cantidades de datos para identificar patróns e, en definitiva, para aprender cousas a partir dos datos fornecidos. É aquí onde a computación cuántica pode ser unha ferramenta extraordinariamente útil, xa que é capaz de traballar de maneira moi eficiente con enormes cantidades

de datos. Isto non significa que a computación cuántica non sexa válida para resolver problemas da intelixencia artificial simbólica, todo o contrario, pero esta é outra historia.

EN 2018 IMPULSACHES COMO MEMBRO FUNDADOR O QUANTUM COMPUTING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH GROUP. CALES SON AS SÚAS PRINCIPAIS LIÑAS DE INVESTIGACIÓN E A APLICABILIDADE DOS SEUS RESULTADOS A MEDIO PRAZO?

Como xa comentei, estamos convencidos da importancia de establecer sinerxías entre tecnoloxías complementarias. En concreto, e por esta razón o grupo chámase así, investigamos posibles conexións entre a intelixencia artificial simbólica e a computación cuántica. Actualmente, traballamos na definición de modelos cuánticos para a representación de coñecemento impreciso e no deseño cuántico de técnicas avanzadas de razoamento en situacións de incerteza. Esta é a parte teórica da nosa investigación, na que estamos a obter moi bos resultados. En canto á parte práctica, estamos a aplicar as ideas que acabo de mencionar para resolver un problema concreto, de gran repercusión social e económica, como é a determinación do estadio no que se atopa un cancro de mama, para o cal xa dispoñemos dun prototipo funcional.

O TEU GRUPO PARTICIPA NO PROXECTO NEASQC (NEXT APPLICATIONS OF QUANTUM COMPUTING). ESTÁ A FLUIR BEN O BINOMIO ACADEMIA-INDUSTRIA Á HORA DE

DESENVOLVER FERRAMENTAS DE APLICACIÓN?

O proxecto NEASQC reúne a expertos académicos e usuarios finais da contorna industrial para investigar e desenvolver unha nova xeración de aplicacións cuánticas nun futuro próximo. NEASQC baséase en casos de uso e aborda problemas prácticos como o descubrimento de fármacos, a captura de CO₂, a xestión intelixente da enerxía, o procesamento da linguaxe natural, a detección do cancro de mama, a avaliación probabilística de riscos para as infraestruturas enerxéticas ou a xestión de inventarios. O proxecto ten a ambición de iniciar unha comunidade europea cuántica activa, proporcionando un conxunto de ferramentas comúns para atraer novos usuarios industriais. Neste contexto, a colaboración entre o mundo académico e o mundo empresarial está a xerar aplicacións extraordinarias.

“O Polo Galego de Tecnoloxías Cuánticas é imprescindible para conectar os centros de investigación coas empresas e terá unha proxección internacional”



AFONDANDO UN POUCO NESTA CUESTIÓN DAS APLICACIÓNS DA COMPUTACIÓN CUÁNTICA NA CONTORNA INDUSTRIAL, CALES SON AS MÁIS PROMETEDORAS, SEGUNDO O TEU CRITERIO?

Hai que partir da base de que, no que respecta ás aplicacións, non é o mesmo unha peme que unha grande empresa, pero, en xeral, eu salientaría as que requiren manexar moitos datos ou tratar con información imprecisa. Se teño que ser máis concreto, destacaría aplicacións en optimización, xestión de recursos, planificación e deseño, química industrial e medio ambiente.

“A aprendizaxe automática ou o deseño de novos fármacos definitivamente son campos que poderían beneficiarse da computación cuántica”

UN DOS ASPECTOS CLAVE PARA O DESENVOLVEMENTO E APLICACIÓN DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS É CONTAR CON TALENTO CUALIFICADO. EN GALICIA ACÁBASE DE POÑER EN MARCHA O PRIMEIRO MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN CIENCIA E TECNOLOXÍAS DE INFORMACIÓN CUÁNTICA. QUE EXPECTATIVAS TES EN RELACIÓN A EL?

Como membro da comisión redactora deste máster, as miñas expectativas son moi optimistas. De feito, pretendemos que se converta nun referente internacional. Para iso, as tres universidades galegas realizamos un esforzo considerable e coherente, co fin de aproveitar ao máximo as capacidades de cada unha. Con esta formulación, deseñamos un plan de estudos moi aberto no que, tras a troncalidade necesaria, se establecen tres especializacións: física da información cuántica; comunicacións cuánticas e seguridade; e computación cuántica. Sen dúbida, os estudantes que cursen este máster adquirirán unha sólida formación nas tecnoloxías cuánticas que, nun futuro próximo, demandará o tecido empresarial.

COMO VALORAS A INICIATIVA DO POLO GALEGO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS EN CANTO Á SÚA VOCACIÓN DE CONECTAR A UNIVERSIDADE E A INDUSTRIA?

As institucións galegas comprenderon moi ben a mensaxe: ou te sobes ao tren das novas tecnoloxías ou quedas na estación. Pero isto non é suficiente: hai que actuar. E Galicia actuou e creou, cunha encomiable visión de futuro, o Polo Galego de Tecnoloxías Cuánticas. Na miña opinión, esta iniciativa é imprescindible para conectar os centros de investigación coas empresas e terá unha proxección máis alá do ámbito local ou nacional, xa que tamén se proxecta a nivel internacional, o que supón para Galicia unha gran visibilidade, á vez que nos posiciona mundialmente como un referente en tecnoloxías cuánticas. Non hai que esquecer que Galicia posúe hoxe todos os ingredientes para iso: primeiro, vontade institucional; segundo, unha infraestrutura de primeira magnitude no CESGA; e terceiro, coñecemento de altísimo nivel nas tres universidades galegas. Persoalmente, opino que todo o conxunto da sociedade galega debería estar orgulloso desta iniciativa.





QUEREMOS IR SENTANDO
OS CIMENTOS DA
PARTE ALGORÍTMICA
PARÁ QUE CANDO
ESTEAN DISPOÑIBLES
OS COMPUTADORES
CUÁNTICOS XA SE SAIBA
COMO SACARLLES PARTIDO



TEMPO LECTURA: 3'



PALABRAS CLAVE:
computación cuántica,
start-up, software,
biotecnología, química,
farmacia, enerxía.

JOAQUÍN OSSORIO

Desenvolvedor de software
en Mestrelab Research



O desenvolvemento de software específico avanzado vén impulsando dende hai xa décadas a competitividade de múltiples sectores empresariais. No caso das industrias farmacéutica, química e biotecnolóxica, supuxo un antes e un despois no procesamento da enorme cantidade de datos que determina os seus avances.

MESTRELAB RESEARCH É UNHA START-UP NACIDA EN 2004 NA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO QUE NESTAS DÚAS DÉCADAS CONSEGUIU POSICIONAR AS SÚAS SOLUCIÓNS TECNOLÓXICAS NO MÁIS ALTO DO MERCADO INTERNACIONAL. O SEU SOFTWARE PERMITE CUANTIFICAR A PUREZA E CONCENTRACIÓN DOS COMPOSTOS QUÍMICOS LENDO, PROCESANDO E INTERPRETANDO DE XEITO RÁPIDO E FIABLE OS DATOS QUE SAEN DOS DISTINTOS INSTRUMENTOS E TÉCNICAS DE LABORATORIO. A EFICACIA DESTA FERRAMENTA COLOCOU NA SÚA CARTEIRA DE CLIENTES A MULTINACIONAIS COMO PFIZER, BAYER, ROCHE, JOHNSON & JOHNSON E UNILEVER, XUNTO COAS UNIVERSIDADES MÁIS PRESTIXIOSAS DO MUNDO, ENTRE AS QUE SE ATOPAN PRINCETON, HARVARD, OXFORD, STANDORD, BERKELEY E CAMBRIDGE. GRAZAS Á SÚA TRAXECTORIA, JOAQUÍN OSSORIO, DESENVOLVEDOR DE SOFTWARE DA EMPRESA, LIDERA A INVESTIGACIÓN DE MESTRELAB RESEARCH NO CAMPO DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS.



¿CAL É O TEU CAMPO CONCRETO DE INVESTIGACIÓN NO ÁMBITO DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS?

Eu empecei nisto hai xa algúns anos na Universidade de Sevilla, co profesor José María Tornero, buscando aplicacións teóricas da computación cuántica ao ámbito do álgebra e, máis concretamente, aos problemas relacionados cos semigrupos numéricos. Máis adiante trasladeime aquí, contratado polo antigo Instituto Tecnolóxico de Matemática Industrial (ITMATI) –hoxe integrado no Centro de Investigación e Tecnoloxía Matemática de Galicia (CITMAga)– e pola empresa Repsol para investigar aplicacións da computación cuántica á resolución de problemas de optimización, xunto co profesor Francisco Pena da Universidade de Santiago de Compostela. Como parte deste proxecto, tiveron a oportunidade non só de desenvolver algoritmos de forma teórica con aplicacións específicas no ámbito industrial, senón tamén de probar a súa validez na práctica usando a máquina D-Wave 2X da Universidade do Sur de California. En 2018 comecei a traballar en Mestrelab Research e na actualidade as miñas liñas de investigación sobre computación cuántica van enfocadas ás súas posibles aplicacións na espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN), unha técnica capaz de xerar imaxes a partir do rexistro dos cambios no campo magnético do obxecto de estudo e que permite analizar dende moléculas ata tecidos e organismos completos, polo que se usa moito en diagnóstico médico.

COMO DESCRIBIRÍAS O POTENCIAL DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS PARA ACELERAR A INNOVACIÓN NOS SECTORES INDUSTRIAIS QUE APLICAN INTELIXENCIA ARTIFICIAL E TÉCNICAS DE APRENDIZAXE PROFUNDA?

En calquera área limitada pola capacidade de procesamento de datos, a aparición dunha nova tecnoloxía capaz de aumentar esa capacidade supoñerá sen dúbida un avance disruptivo. No ámbito da intelixencia artificial e, en particular, no da aprendizaxe profunda, os algoritmos son incrivelmente custosos, así que poder adestrar unha rede en segundos en lugar de en días supoñerá un enorme cambio no panorama actual. Unha das vantaxes que nos proporcionará a computación cuántica será precisamente esa, a de acelerar os algoritmos de aprendizaxe.

ONDE ESTÁ A ENFOCAR MESTRELAB RESEARCH OS SEUS ESFORZOS SOBRE COMPUTACIÓN CUÁNTICA?

O proxecto que estamos a levar a cabo en Mestrelab sobre computación cuántica atópase na súa primeira etapa, pero xa temos varios obxectivos sobre a mesa e empezamos a avanzar nun deles: a posibilidade de simular espectros de resonancia magnética nuclear por medio dun computador cuántico. Este tipo de simulacións teñen un custo moi alto a nivel computacional, sobre todo a medida que a molécula sobre a que se quere simular o espectro empeza a ter un tamaño considerable, polo que acelerar este proceso sería moi beneficioso. Ademais, agora mesmo, para liquidar o problema

computacional cando o tamaño da molécula se fai intratable, o que aplicamos son diversas técnicas de separación e fragmentación que permiten dividir o problema en varios subproblemas, pero a cambio pagamos un custo indesexado: a exactitude do espectro simulado pérdese polo camiño. Neste sentido, o beneficio dun proxecto así sería dobre: gañaríamos en rendemento á hora de simular os espectros mencionados e, ao mesmo tempo, garantiríamos a exactitude do resultado da simulación. Estes avances permitirían, por poñer un exemplo, reducir os prazos e o custo de creación de novos medicamentos na investigación farmacéutica. Neste proxecto colaboramos co CESGA e esperamos que non só xermine nun algoritmo cuántico teórico de simulación de espectros de RMN, senón que poida ser posto a proba na práctica por medio do computador cuántico que OQC e Fujitsu instalarán na sede do CESGA este ano.

QUE ESPAZO SE RESERVA PARA AS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS NO CENTRO DE INVESTIGACIÓN MESTRELAB (CIM) QUE PUXESTES EN MARCHA RECENTEMENTE? ?

Aínda que cremos que podemos beneficiarnos do uso da computación cuántica en calquera dos nosos ámbitos de investigación, probablemente o impacto máis notable darase inicialmente nunha das principais liñas do Centro de Investigación Mestrelab: a de sustentabilidade e circularidade. A aplicación desta nova tecnoloxía supoñerá un avance no desenvolvemento de solucións máis eficientes e tamén na redución dos tempos necesarios na investigación, o que se traducirá nunha mellora importante na sustentabilidade

“Investigamos

co CESGA a

posibilidade de

simular espectros

de resonancia

magnética nuclear

por medio dun

computador

cuántico”

global. Nós tentaremos contribuír todo o posible nun contexto moi específico: as posibles aplicacións da computación cuántica no ámbito da espectroscopía de RMN e na cromatografía de masas, alomenos na primeira etapa do CIM.

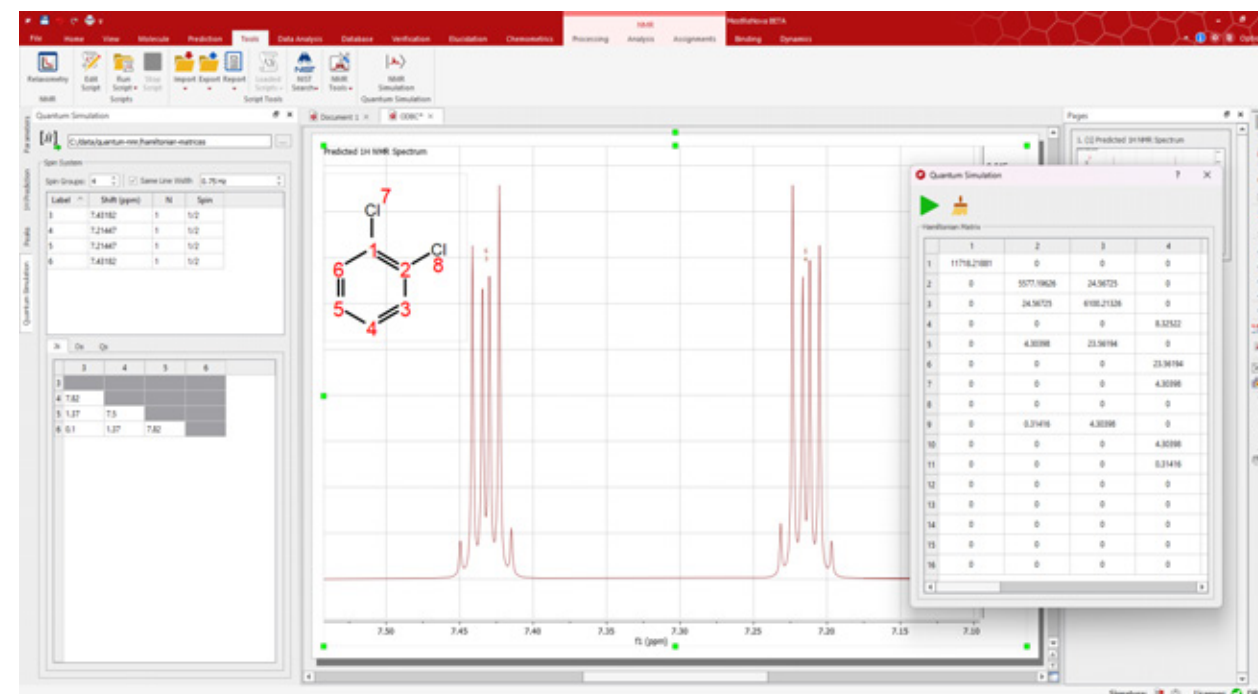
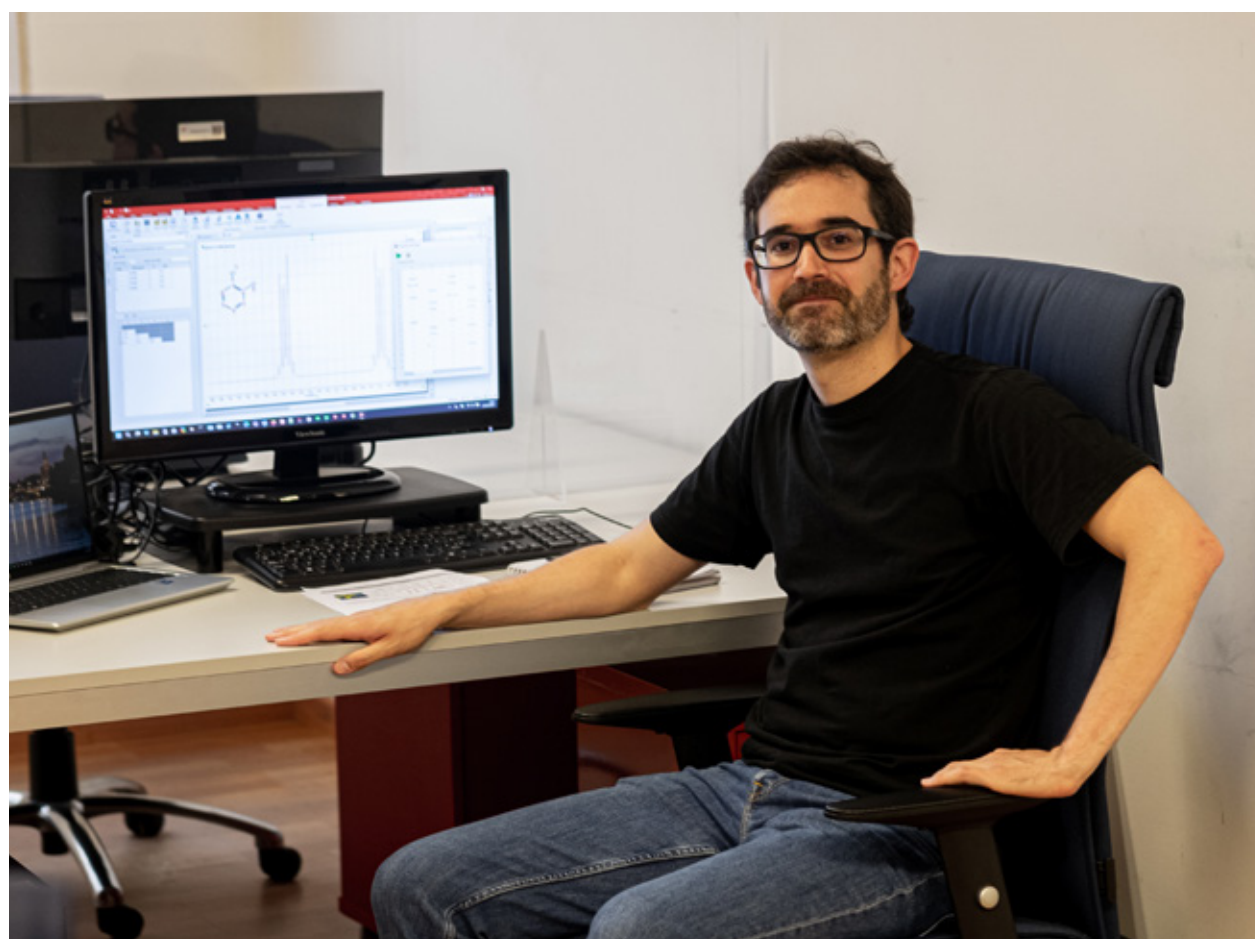
QUE APLICACIÓNS E CASOS DE USO DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS DESTACARÍAN NO CAMPO DA BIOTECNOLOXÍA E DAS CIENCIAS DA VIDA?

Como mencionei antes, practicamente calquera proceso que implique unha carga computacional elevada, como as simulacións de sistemas complexos ou a procura de solucións nun problema de

optimización con múltiples parámetros, é susceptible de mellorar o seu rendemento unha vez que as tecnoloxías cuánticas estean dispoñibles a grande escala. Nos campos da biotecnoloxía e das ciencias da vida, destacaría a mellora de procesos químicos, a creación de novos materiais, a modelización de reaccións ou a simulación de procesos. Por exemplo, no campo da química cuántica estanse tentando resolver problemas para os que os computadores clásicos non dan a talla agora mesmo, como a identificación de novos fármacos potenciais ou a construción máis eficiente de células fotovoltaicas, e é inevitable pensar que a computación cuántica poida supoñer un punto de inflexión á hora de abordar eses temas.

PARTINDO DO QUE SABEMOS HOXE, CAL CRES QUE SERÁ O ESCENARIO ABERTO POLAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS DE AQUÍ A DEZ ANOS NO VOSO SECTOR EN TERMOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA Á REALIDADE EMPRESARIAL?

Todo vai vir determinado irremediamente polos avances que haxa no hardware de computación cuántica. A nós gustaríanos contribuír a ir sentando os cimentos da parte algorítmica, para que cando estean dispoñibles os computadores cuánticos xa se saiba de antemán como sacarlles



► Proba de concepto dun simulador cuántico de espectros de RMN dentro do software MestReNova.

“As tecnoloxías cuánticas serán disruptivas na identificación de novos fármacos potenciais ou na construción máis eficiente de células fotovoltaicas”

partido no ámbito no que traballamos. Hai moito esforzo dedicado agora mesmo por todas as partes involucradas na construción de computadores cuánticos cada vez máis eficientes e fiables, seguindo distintos modelos de implementación, pero aínda ningún deles chegou a cotas que impliquen o que se coñece como supremacía cuántica nos problemas que manexamos nós.

COMO VALORAS QUE PODEN CONTRIBUÍR A ESTE ESCENARIO FUTURO INICIATIVAS COMO O POLO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS DE GALICIA?

Tendo en conta o papel que se prevé para a computación cuántica no futuro, este tipo de proxectos supón un elo máis na cadea de avances que aínda son necesarios para alcanzar os obxectivos marcados. Neste sentido, o investimento neste tipo de iniciativas é crucial para as nosas opcións de que de aquí a dez anos a computación cuántica sexa unha solución aplicable a problemas do mundo real.



REBECA GARCÍA FANDIÑO

Promotora principal de
MD.USE Innovations



O POLO GALEGO DE
TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS
TRAERÁ BENEFICIOS CLAVE
PARA AS *START-UPS* GALEGAS
PORQUE PERMITIRÁ ACCEDER
A NOVAS OPORTUNIDADES DE
NEGOCIO



TEMPO LECTURA: 3'



PALABRAS CLAVE:
simulación molecular,
computación cuántica,
start-up, fármacos,
materiais.

O deseño, desenvolvemento e aplicación de ferramentas de simulación computacional para explorar como as moléculas interactúan entre elas e co seu contorno representou unha verdadeira revolución no descubrimento de fármacos, pero tamén noutros ámbitos como a fabricación de novos materiais e de novos produtos cosméticos, de alimentación ou de limpeza.

ESTE É O CAMPO DE TRABALLO DE MD.USE INNOVATIONS SL, UNHA START-UP NACIDA EN 2015 NA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA GRAZAS Á INICIATIVA DE REBECA GARCÍA FANDIÑO, DOUTORA EN QUÍMICA E EMPRENDEDORA. AS SOLUCIÓNS QUE DESENVOLVEN BASÉANSE NAS VANTAXES QUE A SIMULACIÓN POR ORDENADOR SUPÓN COMO FERRAMENTA PARA EXPERIMENTAR DE FORMA EFICIENTE E FIABLE, O QUE PERMITE AFORRAR TEMPO E RECURSOS. A COMPUTACIÓN CUÁNTICA PROMETE SIMULACIÓNS MÁIS PRECISAS, RÁPIDAS E DETALLADAS. INTEGRALAS COMO UNHA FERRAMENTA PRÁCTICA A MEDIO PRAZO É O RETO QUE SE MARCA MD.USE.

““““

COMO EXPLICARÍAS A DISRUPCIÓN QUE PODE SUPOÑER A COMPUTACIÓN CUÁNTICA NOS VOSOS PRODUTOS E SERVIZOS DE SIMULACIÓN DE MOLÉCULAS?

Dende os inicios da simulación molecular, vimos un aumento constante na capacidade de simular sistemas cada vez máis grandes. Nos primeiros anos, só era posible simular sistemas cuns poucos átomos. Agora, grazas aos avances na tecnoloxía, no hardware

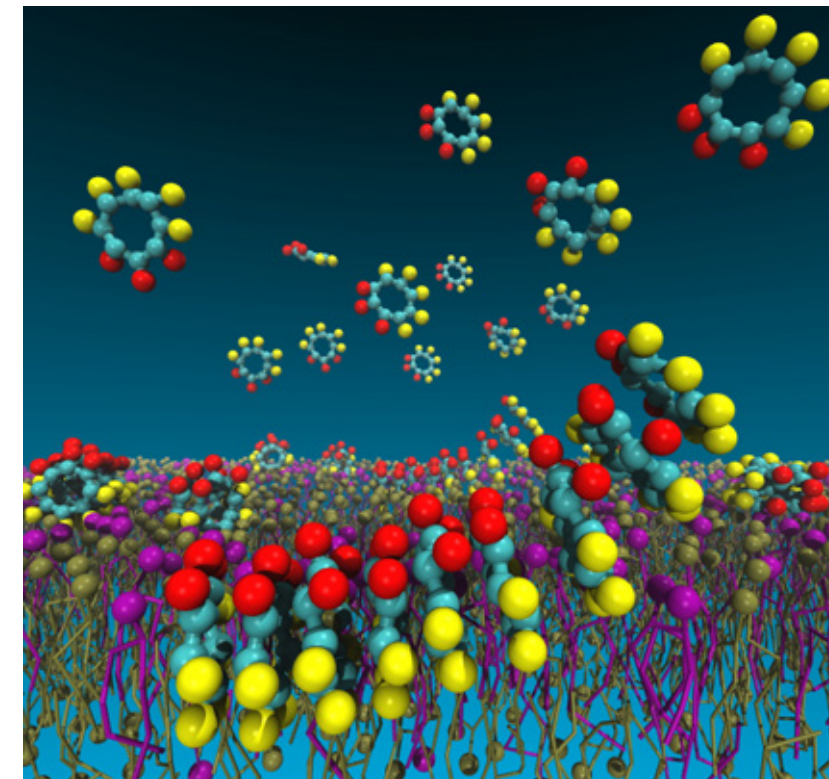
e nos algoritmos, podemos simular estruturas tan grandes e complexas como a cápside (cobertura proteica) dalgúns virus, cun nivel de detalle que permite visualizar cada átomo individual. Coa chegada da computación cuántica, esta capacidade podería ampliarse aínda máis, permitindo a simulación de sistemas maiores, como células, organelos, órganos e, quizais algún día, seres vivos completos. Este nivel de detalle podería ter aplicacións asombrosas en moitas áreas, dende o deseño de medicamentos ata a comprensión de enfermidades complexas e a creación de novos materiais.

DE QUE FORMA ESTADES A EXPLORAR ESTAS TECNOLOXÍAS EN MD.USE PARA INTEGRALAS NOS VOSOS PRODUTOS E SERVIZOS?

En MD.USE temos plena consciencia do cambio radical que a computación cuántica pode supoñer no noso campo. Xunto co Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA), estamos a poñer en marcha un proxecto piloto sobre a súa aplicación ao estudo do dobramento dos péptidos antimicrobianos, que son moléculas fundamentais do sistema inmune. Este proxecto servirá como un experimento pioneiro para analizar o que a computación cuántica lle pode achegar á simulación computacional. Para avanzar cara aos nosos obxectivos, será necesario adaptar os algoritmos e os métodos convencionais á computación cuántica, así como aprender a explotar de xeito eficiente a combinación de métodos de computación clásicos e cuánticos. Enfrontámonos decididamente aos desafíos técnicos e conceptuais que xorden neste proceso innovador cunha enorme motivación polas posibilidades desta tecnoloxía. Aínda que é só o comezo, temos un firme compromiso de seguir avanzando nesta traxectoria de investigación e de contribuír ao progreso que estas novas tecnoloxías cuánticas lles poden achegar ao noso sector.

COMO GRES QUE IMPACTARÁ A ECLOSIÓN DA COMPUTACIÓN CUÁNTICA NA INDUSTRIA FARMACÉUTICA E NA BIOTECNOLOXÍA EN XERAL?

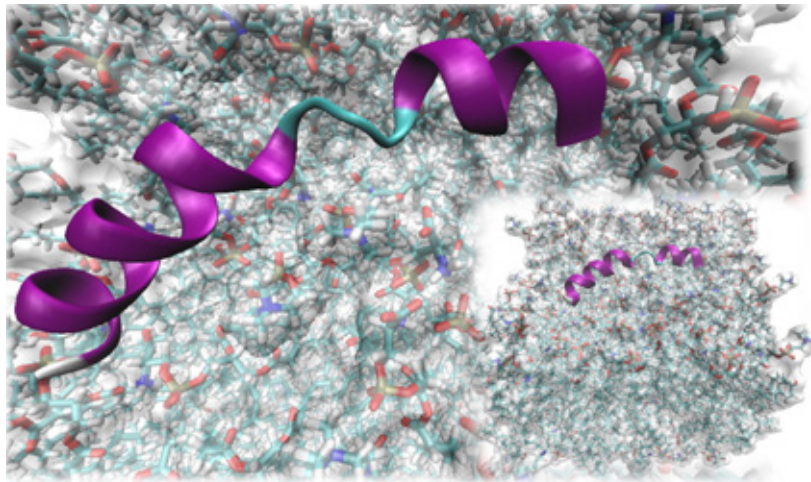
Estamos vivindo un momento emocionante, no que a computación cuántica promete avances revolucionarios para



► Interaccións de péptidos cíclicos e a membrana celular: resultados de simulacións de dinámica molecular.

a investigación e innovación na industria farmacéutica e biotecnolóxica, acelerando o ritmo dos descubrimentos e abrindo novas posibilidades. Para comezar, como xa dixen, podería permitir simulacións máis rápidas e detalladas de moléculas complexas, facilitando a identificación de novas dianas para fármacos e o deseño áxil de medicamentos máis efectivos e seguros. Nunha escala máis ampla, a computación cuántica tamén podería axudar a optimizar procesos biotecnolóxicos, como a produción de enzimas ou a fermentación a escala industrial, a través da modelización e simulación máis precisa de sistemas biolóxicos. Por outra banda, as súas posibilidades esténdense máis alá do laboratorio. Nas áreas que manexan grandes volumes de datos –como a secuenciación xenómica, proteómica, metabolómica ou lipidómica–,

“Espero ver o crecemento dun ecosistema de empresas e servizos ao redor da computación cuántica”



► Simulación de dinámica molecular da interacción entre un péptido antimicrobiano e unha membrana celular.

a computación cuántica pode proporcionar unha análise máis eficiente destes datos, acelerando a I+D. Finalmente, tamén pode influír nos avances da intelixencia artificial e da aprendizaxe automática, campos cada vez máis empregados na biotecnoloxía. Estamos presenciando unha transformación que promete levar a nosa comprensión e capacidade de acción ao seguinte nivel nesta área.

COMO VES O FUTURO NO PRAZO DE DEZ ANOS PARA O VOSO SECTOR EN RELACIÓN COAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS?

Dende MD.USE estamos ansiosos por ver como se desenvolve este campo na próxima década, na que penso que terá un impacto significativo sobre o noso sector. En primeiro lugar, cos continuos avances no hardware cuántico e nas técnicas de simulación, esperamos poder simular sistemas moleculares dunha escala e complexidade que actualmente parecen inalcanzables. Ademais, penso que para entón veremos unha integración máis completa da computación cuántica na nosa cadea de valor. En vez de ser unha tecnoloxía de nicho utilizada

en investigacións especiais, converterase nunha ferramenta común empregada en diferentes tarefas, dende o deseño de fármacos ata o desenvolvemento de novos materiais. Isto require non só avances tecnolóxicos, senón tamén cambios na forma na que formamos aos nosos científicos e interactuamos cos nosos clientes. Tamén espero ver o crecemento dun ecosistema de empresas e servizos ao redor da computación cuántica. Isto incluírá empresas que ofrezan hardware cuántico, software de simulación, servizos de consultoría e formación en técnicas cuánticas. Ademais, agardo unha maior colaboración entre empresas, universidades e gobernos para promover o desenvolvemento e a adopción destas tecnoloxías.

CALES SON AS LIMITACIÓNS ACTUAIS DA COMPUTACIÓN CUÁNTICA E COMO PODERÍAN SER SUPERADAS NO FUTURO?

A computación cuántica, a pesar de presentar un potencial enorme a medio prazo, aínda está nos seus primeiros días e enfronta diversos desafíos antes de poder implementarse a nivel

de produción. Os problemas principais teñen que ver co control dos cúbits, co número de cúbits dispoñibles e coa escaseza de algoritmos de cómputo cuántico que poden aplicarse para resolver problemas reais. Están a facerse enormes esforzos, cada vez con mellores resultados, por superar os dous primeiros problemas a través de novos deseños de hardware e control de temperatura nos cúbits para minimizar o ruído ou interferencias do mundo exterior. Respecto do desenvolvemento de novos algoritmos, estes veñen motivados pola proposta dos problemas que se pretenden resolver. En xeral, a programación para a computación cuántica require dun cambio de perspectiva. Os algoritmos e métodos de programación que desenvolvemos para ordenadores convencionais non son directamente aplicables á computación cuántica. Temos que aprender a pensar de forma cuántica e desenvolver novas ferramentas e linguaxes de programación adaptados a esta contorna. Aínda que estamos nos comezos, o que está claro é que temos que pasar por este camiño para chegar ao punto onde se producirá a disrupción que tarde ou cedo terá lugar.

COMO PODEN AS EMPRESAS DE BIOTECNOLOXÍA COMEZAR A PREPARARSE PARA UN FUTURO NO QUE A COMPUTACIÓN CUÁNTICA SEXA MÁIS ACCESIBLE E UTILIZABLE?

Podemos iniciar accións estratéxicas dende agora. En primeiro lugar, deberíamos buscar oportunidades de formación e educación en computación cuántica para capacitar o noso persoal en coñecementos básicos, que é o paso previo para comprender as súas implicacións e aplicacións na nosa industria. Ademais,

“A computación cuántica promete aplicacións asombrosas no deseño de medicamentos, na comprensión de enfermidades complexas e na creación de novos materiais”

sería beneficioso establecer colaboracións e alianzas con institucións académicas e centros de investigación especializados, como o CESGA ou grupos de investigación académicos, para acceder a coñecementos avanzados e recursos necesarios que nos permitan aplicar a computación cuántica aos nosos proxectos. E deberíamos estudar casos de uso potenciais para identificar oportunidades prácticas de aplicación da computación cuántica nas nosas empresas. Investir en investigación e desenvolvemento interno tamén sería un paso importante: ao adaptar algoritmos e modelos cuánticos ás nosas necesidades específicas, poderíamos obter unha vantaxe competitiva cando a computación cuántica se vexa máis integrada na industria. Por último, creo que é importante manternos actualizados sobre os avances e as innovacións, tanto para identificar oportunidades como para axustar as nosas estratexias.

QUE CONSIDERAS QUE PODE ACHEGAR A INICIATIVA DO POLO GALEGO TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS AO ECOSISTEMA DE START-UPS TECNOLÓXICAS COMO A VOSA?

O polo representa unha grande oportunidade porque, a través del, a Xunta está a facer un investimento significativo para situar Galicia na vangarda das tecnoloxías cuánticas e apoiar o desenvolvemento innovador e a atracción de talento investigador. Esta iniciativa traerá beneficios clave para as *start-ups* tecnolóxicas galegas porque permitirá acceder a novas oportunidades de negocio e de creación de valor. En primeiro lugar, ofrecerá acceso a un dos primeiros computadores cuánticos do sur de Europa, o que lles permitirá ás empresas explorar as posibilidades da computación cuántica e desenvolver solucións innovadoras e avanzadas. Ademais, o Polo Galego de Tecnoloxías Cuánticas pode proporcionar un ambiente colaborativo e de intercambio de coñecemento, facilitando a conexión entre as empresas, as universidades e outras entidades do ecosistema tecnolóxico. Estas tecnoloxías ofrecen innumerables aplicacións en campos como a medicina, a biotecnoloxía, a aeronáutica, a automoción e moitos máis. A súa capacidade para resolver problemas de forma máis eficiente e segura, así como a súa velocidade de procesamento, permitirá que as empresas desenvolvan produtos e servizos máis avanzados e competitivos. Estamos preparados para aproveitar ao máximo esta oportunidade e contribuír ao desenvolvemento do noso sector e ao progreso da nosa comunidade.





A INDUSTRIA INTELIXENTE E
SOSTIBLE DO FUTURO DEPENDE
DO INVESTIMENTO EN I+D
PARA EXPLORAR A SOLUCIÓN DE
PROBLEMAS CONCRETOS CON
TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS



TEMPO LECTURA: 3'



PALABRAS CLAVE:
telecomunicacións,
comunicación cuántica,
sensores cuánticos,
computación cuántica,
criptografía.



MIGUEL FERREIRA CAO

Responsable de Tecnoloxías
Cuánticas de Gradiant

As TIC convertéronse nas últimas décadas en tecnoloxías facilitadoras capaces de incrementar a competitividade das empresas de calquera ámbito e tamaño. O seu papel é nuclear na transformación dixital á que están chamados todos os sectores industriais.

OS CENTROS TECNOLÓXICOS POSICIONARONSE COMO UN VÍNCULO CLAVE ENTRE O COÑECEMENTO E A INNOVACIÓN EMPRESARIAL. GRADIENT CUMPRE ESTE PAPEL EN GALICIA NO EIDO DAS TELECOMUNICACIÓN, CO FOCO POSTO EN OFRECER SOLUCIÓN DE CONECTIVIDADE, INTELIXENCIA E SEGURIDADE. EXPLORAR NOVOS NICHOS TECNOLÓXICOS PARA ADIANTARSE ÁS NECESIDADES DAS EMPRESAS É UN DOS SEUS EIXES ESTRATÉXICOS E MIGUEL FERREIRA É O RESPONSABLE DE FACELO NO UNIVERSO CUÁNTICO.



POR QUE CONSIDERAS QUE AS EMPRESAS GALEGAS DEBERÍAN COLOCAR AS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS NO SEU PUNTO DE MIRA?

Os grandes avances tecnolóxicos dos últimos 120 anos están moi conectados a grandes vagas de innovación relacionadas coa física cuántica. A investigación fundamental posibilitou o avance da electrónica e o desenvolvemento do láser, por exemplo. Estes descubrimentos constituíron unha primeira revolución cuántica e facilitaron o crecemento económico a partir da innovación tecnolóxica. Na actualidade, podemos controlar cun altísimo nivel de precisión os niveis enerxéticos dos átomos e doutros materiais e trasladalos a novas tecnoloxías e aplicacións: o desenvolvemento de sensores cuánticos ultraprecisos capaces de medir pequenos efectos que son inaccesibles para os sensores electrónicos, o emprego dos cúbits en computación avanzada ou o uso de luz en estados cuánticos concretos para transmitir información. Estas tecnoloxías constitúen a segunda revolución cuántica, que supón un cambio de paradigma moi rápido na computación, nas comunicacións e na metroloxía. As empresas galegas teñen unha oportunidade fantástica de anticiparse a cambios que permitirán que as máis preparadas prosperen. Hoxe non se entendería a eficiencia dunha empresa sen as TIC. Nuns anos, non será posible o progreso sen as tecnoloxías cuánticas. O rol de Gradient como centro tecnolóxico é xerar novas solucións e crear aplicacións novidosas a partir dos principios fundamentais e das tecnoloxías incipientes co fin de achegalas a niveis de madurez útiles para as empresas.

CALES SON AS LIÑAS E PROXECTOS QUE ESTADES DESENVOLVENDO OU PLANEADES DESENVOLVER NESTE ÁMBITO NO CENTRO?

Gradient provén do ámbito das telecomunicacións, mais ten unha vocación amplamente interdisciplinar dentro do sector TIC. Dende 2020, o centro fixo una aposta potente polas tecnoloxías cuánticas como un dos piares fundamentais do seu futuro. Actualmente, estamos a traballar en proxectos de hardware e software cuántico. No ámbito do hardware, desenvolvemos sensores cuánticos para detectar sinais electromagnéticos con aplicacións na monitorización de espectro de radiofrecuencia en telecomunicacións (por exemplo, orientadas a tecnoloxías 5G e 6G) ou no diagnóstico en neurociencia e cardioloxía. Tamén estamos traballando con este tipo de plataformas para xerar repetidores cuánticos, xa que a comunicación e a computación cuánticas requiren de elementos que posibiliten conexión de rede e comunicación entre dispositivos. A nivel de software, estamos a explorar a aplicación de algoritmos que aproveiten o potencial da computación e da intelixencia artificial cuánticas para xestión de *networks* de comunicacións, a descriptación de información e novas solucións para a industria.

QUE EXEMPLO ELIXIRÍAS PARA EXPLICARLE A UNHA EMPRESA O SALTO QUE A COMUNICACIÓN E A SENSORIZACIÓN CUÁNTICA SUPOÑEN SOBRE AS TECNOLOXÍAS ACTUAIS?

Un exemplo relevante poderían ser os sensores de radiofrecuencia, que están presentes en calquera dispositivo

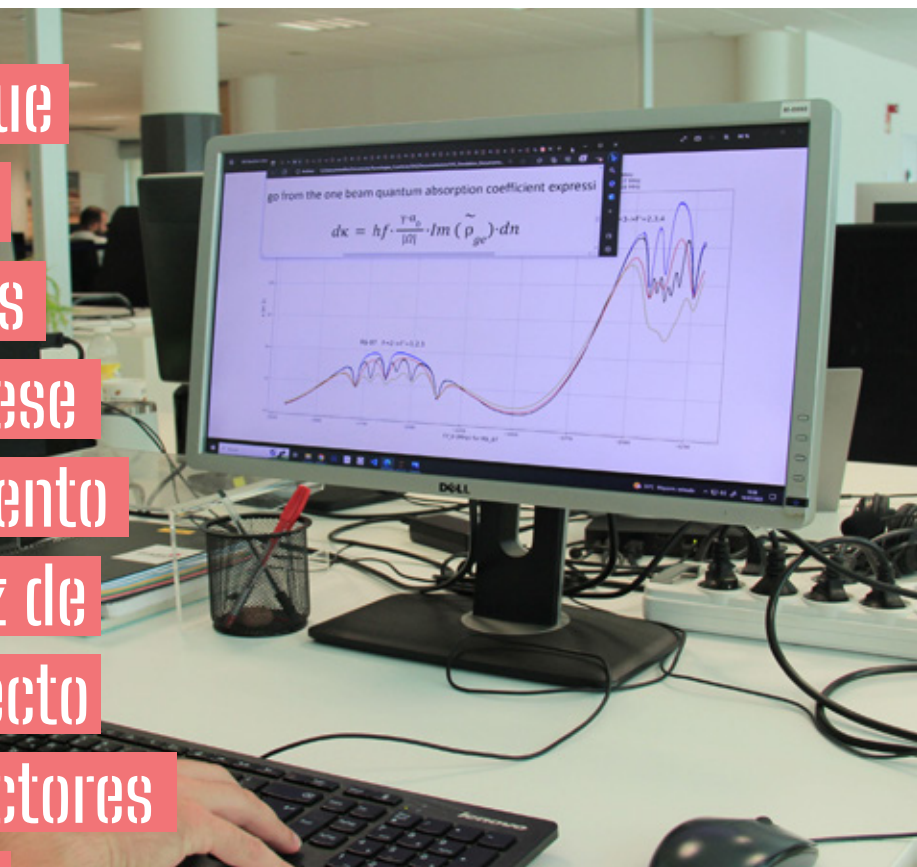
“O rol de Gradient é crear aplicacións novidosas a partir das tecnoloxías incipientes co fin de achegalas a niveis de madurez útiles para as empresas”

receptor de telecomunicacións, como o de WiFi ou a radio. Actualmente está a empregarse un número crecente de canles de frecuencias distintas para as comunicacións. Cun sensor tradicional, baseado en antenas clásicas, é extraordinariamente difícil abranguer todo o rango de sinais cunha solución hardware única. Porén, os sensores atómicos permiten controlar as resonancias electrónicas sensibles a radiofrecuencias distintas nun único dispositivo. Por outra banda, o feito de usar a propia estrutura fundamental da materia para medir campos electromagnéticos externos permite ter un sensor universal que non se descalibra, xa que os átomos non cambian as súas propiedades fundamentais. Isto é importante, por exemplo, en aplicacións para defensa, onde a chamada guerra electrónica se emprega para inhabilitar a recepción de comunicación do inimigo. Cos sensores cuánticos é moito máis difícil facelo, xa que un elemento atómico é dificilmente perturbable. Outro aspecto moi relevante é a capacidade de detección. Os sensores cuánticos teñen un potencial de optimización moi superior, que permite acceder a medicións de sinais moito menores e que expande o rango de intensidades detectables.

QUE EXPECTATIVAS TEDES SOBRE ESTAS TECNOLOXÍAS NO ÁMBITO CRÍTICO DA CIBERSEGURIDADE?

No ámbito da ciberseguridade, as tecnoloxías cuánticas implican perigos para a criptografía clásica, pero tamén novas solucións. A computación cuántica espera acadar unha capacidade significativa de descriptar claves criptográficas baseadas en algoritmos clásicos. A comprensión de como a computación cuántica pode crebar os algoritmos de encriptación permite xerar algoritmos criptográficos clásicos máis robustos e difíciles de atacar. Este é un dos ámbitos de traballo claves para o noso centro nos próximos anos. Ao mesmo tempo, as comunicacións cuánticas están a xerar metodoloxías completamente novas para mandar información e claves criptográficas a partir do envío de fotóns individuais entrelazados, a coñecida como distribución cuántica de claves. Os principios de actuación xa están ben demostrados e hai un gran traballo da comunidade científica para establecer comunicacións cuánticas a distancias cada vez maiores. Porén, as perdas de información e a dificultade

“Sería moi importante que o Polo Galego de Tecnoloxías Cuánticas tivese un financiamento sostido capaz de afianzar o efecto tractor en sectores transversais”



► O gráfico mostra os estados cuánticos detectados dun átomo controlado por láser, que se usan como sensores de sinais electromagnéticos.



de expandir a comunicación entre dous puntos a redes máis grandes limita na actualidade o rango de actuación. O desenvolvemento de repetidores cuánticos compatibles coas técnicas físicas de comunicacións ten o potencial de ampliar o uso da distribución cuántica de claves como un novo estándar en ciberseguridade de uso maioritario no futuro.

QUE PODEN AGARDAR AS EMPRESAS A MEDIO PRAZO SOBRE AS APLICACIÓNS DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS Á INDUSTRIA INTELIXENTE?

As tecnoloxías cuánticas están a mudar o xeito de desenvolver problemas de optimización, que son esenciais para a industria intelixente. A xestión loxística, a optimización da utilización de redes, a conducción autónoma, a fabricación intelixente... todas elas se benefician do uso de algoritmos cuánticos e de intelixencia artificial cuántica. Explorar a aplicación destes novos métodos computacionais para a resolución eficiente dos problemas industriais permite anticipar solucións que, na práctica, acaban resultando en aforro de tempo, enerxía e gasto, así como en maiores beneficios económicos potenciais. A industria intelixente e sostible do futuro depende, en boa medida, do investimento en I+D para explorar xa no presente a solución de problemas concretos con tecnoloxías cuánticas.

EN GRADIANT ESTADES A REALIZAR ESTUDOS SOBRE APLICABILIDADE DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS NO CONTORNO DAS TELECOMUNICACIÓNS. QUE USOS DESTACARÍAS?

Si, estamos a realizar un profundo estudo por encargo do CESGA. Moitas das aplicacións de interese están orientadas ao desenvolvemento de redes 5G e 6G. O sensado cuántico fornecerá metodoloxías novidasas para a monitorización espectral destas redes e para o seu uso en ámbitos como o aeroespacial e a defensa. Ademais, a xestión das canles de comunicación en tempo real e a optimización do seu uso requirirán un esforzo computacional titánico que é posible tratar dende a computación e a intelixencia artificial cuánticas. Outras aplicacións son máis coñecidas,

como o uso de plataformas cuánticas na xeración de claves aleatorias para criptografía, o fortalecemento da criptografía clásica a partir da comprensión dos riscos da computación cuántica e o desenvolvemento das comunicacións cuánticas en toda a súa extensión, dende a distribución cuántica de claves á Internet cuántica, pero debe reforzarse a investigación para chegar a un nivel de funcionalidade óptimo que permita acadar vantaxes efectivas no seu uso.

COMO VALORAS O PAPEL DO POLO GALEGO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS SOBRE O ECOSISTEMA DE AXENTES CAPACES DE IMPULSAR UN ESFORZO DISRUPTIVO DENDE GALICIA?

O Polo Galego de Tecnoloxías Cuánticas é unha iniciativa moi importante para darlle pulo a un sector absolutamente esencial no futuro da industria mundial. A pesar de ser recente, xa se poden ver éxitos importantes que están atraendo interese social e empresarial e permiten orientar a algúns axentes do sector privado cara ás tecnoloxías cuánticas. Sería moi importante conseguir que o polo tivese un financiamento sostido capaz de afianzar o efecto tractor en sectores transversais. Ata agora, téñense feito grandes esforzos en impulsar a computación cuántica e tamén como elemento de tracción do sector privado. Ademais, hai grandes iniciativas académicas en comunicacións cuánticas na Universidade de Vigo e en formación, como o Máster Interuniversitario en Ciencia e Tecnoloxía da Información Cuántica, que desexamos que permitan formar especialistas sólidos. O polo ten varios retos por diante, como a consolidación a longo prazo e a interconexión con outras grandes iniciativas tecnolóxicas do noso país. Por unha banda, expandir o ámbito de actuación e financiamento tamén ao sensado e á metroloxía cuánticos é a clave para conectar as tecnoloxías cuánticas cos sectores aeroespacial, biotecnolóxico e da fotónica integrada, estratéxicos para a Galicia do futuro. Por outra, o efecto propulsor debe trasladarse tamén ao sector privado para crear tecnoloxía propia en Galicia. Os centros tecnolóxicos como Gradiant son actores fundamentais para trasladar o coñecemento fundamental en física cuántica a solucións aplicadas para a industria e fomentar a creación de novas empresas tecnolóxicas.



AITOR MORENO

Responsable do Departamento
de Intelixencia Artificial e
Quantum Computing en
Ayesa-Ibermática



É O MOMENTO IDÓNEO PARA
COMEZAR A INTEGRAR AS
TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS NOS
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN E
REINXEÑERÍA DE PROCESOS



TEMPO LECTURA: 3'



PALABRAS CLAVE:
computación cuántica,
reinxería de procesos,
optimización industrial,
competitividad
empresarial, intelixencia
artificial, *quantum machine
learning*.

A necesaria maduración das tecnoloxías cuánticas para que desenvolvan todo o seu potencial como ferramentas de innovación e competitividade industrial non é excusa para que as empresas retrasen a súa inmersión progresiva nelas. Esta é a visión de Aitor Moreno, doutor en Intelixencia Artificial e responsable desta área e de computación cuántica en Ayesa-Ibermática.

NA SÚA EMPRESA, DESENVOLVERON UNHA METODOLOXÍA COA QUE ACOMPAÑAN OS CLIENTES EN TODO O PROCESO ATA O MODELADO, INTEGRACIÓN E DESPREGAMENTO DOS SISTEMAS CUÁNTICOS NOS SEUS PROCESOS DE NEGOCIO.



COMO LLES EXPOÑEDES VÓS ÁS EMPRESAS O IMPACTO POSITIVO DAS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS SOBRE A COMPETITIVIDADE E A PRODUTIVIDADE INDUSTRIAL?

Os computadores cuánticos permiten solucionar problemas que de forma clásica non sería posible, pero non só iso. Problemas que actualmente xa se solucionan, pero dunha forma heurística, é dicir, coa que non podemos asegurar que a solución é a mellor de forma obxectiva, poden analizarse dunha maneira exhaustiva coa computación cuántica, asegurando que a solución si que é a mellor. Digamos, por simplificar, que a computación cuántica permite atacar os problemas por forza bruta, pero en tempos similares aos dos algoritmos clásicos actuais. E esta é a vantaxe para a industria. Nos proxectos de optimización, aprendizaxe automática, procuras por

similitude e simulación de sistemas físicos e químicos ou na xeración de novos materiais, os clientes cos que traballamos aseguran que a solución proposta sempre é a mellor, posto que os sistemas cuánticos foron capaces de avaliar todos os escenarios posibles, un por un, seleccionando o mellor, sen aproximacións ou atallos no camiño, como facemos actualmente. As empresas que foron capaces de ver este potencial son as que están xa traballando en proxectos internos de computación cuántica aplicada aos seus procesos de negocio, obtendo unha vantaxe competitiva clara. Doutra banda, existe un indicador claro de que esta tecnoloxía chegou para quedar. O investimento internacional dos últimos anos, tanto en hardware como en software, non se viu nin sequera no ámbito da intelixencia artificial. Claramente, é o momento idóneo para comezar a integrar esta tecnoloxía nos nosos modelos de optimización e reinxeñería de procesos.

ACABAS DE MENCIONAR A INTELIXENCIA ARTIFICIAL, COMO DEFINIRÍAS O POTENCIAL DE ACELERACIÓN QUE AS TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS SUPOÑEN PARA ELA?

Pensemos que, en xeral, os procesos de intelixencia artificial tratan de comprender ou etiquetar un conxunto determinado de datos históricos, co obxectivo de que, cando un novo exemplo ou vector de datos lle sexa presentado ao motor de IA, este prediga ou clasifique a que etiqueta ou clase dos históricos se asemella este novo dato e, en función desta similitude, ofrezca unha conclusión. Na actualidade, estes algoritmos de IA ofrecen varios problemas. En primeiro lugar, no afán de xerar esas guías, camiños ou etiquetas nos históricos, a información que aparece menos veces neses históricos dilúese na xeneralidade, pérdese polo interese dos sistemas en capturar patróns xerais. Doutra banda, existe o problema do rumbo: normalmente, os históricos están desbalanceados en certos atributos e isto tradúcese en predicións ou inferencias prepautadas. Pois ben, un sistema de IA baseado en computación cuántica non necesita xerar estes camiños ou etiquetas no histórico. Podemos aplicar unha función de procura por similitude co cliente que queremos analizar e o sistema cuántico avalía todos os históricos que temos. Á vez, aplicando dita función, podemos seleccionar os n clientes máis similares cotexando un a un os clientes do histórico. Isto ten dúas vantaxes. A primeira é que o sistema cuántico non xeneraliza, analiza exhaustivamente un a un todos os datos do histórico e compáraos co exemplo que queremos predicir, sen atallos. A segunda é que, na análise de similitude dos n datos seleccionados como máis

parecidos, non hai un desbalanceo preestablecido: os que se parecen, parécense, independentemente dos factores que nun principio poderían dirixir a procura inicial. Por tanto, os novos modelos de IA baseados en computación cuántica son moitos máis precisos e específicos, evitan rumbos e garanten que non nos deixamos patróns que, por ser anómalos ou especiais, son podados polo sistema de adestramento, como ocorre na IA clásica.

VÓS TEDES UN LABORATORIO ESPECÍFICO, O LAB QUANTUM COMPUTING, E UNHA PLATAFORMA CUÁNTICA DENDE ONDE XA DESENVOLVESTES EXPERIENCIAS PILOTO EN VARIAS EMPRESAS. PODERÍAS POÑER ALGÚNS EXEMPLOS DAS MÁIS EXITOSAS?

Efectivamente, en Ayesa-Ibermática levamos xa varios anos traballando neste ámbito, en concreto dende o Instituto Ibermática de Innovación (I3b). Unha das liñas estratéxicas dende o ano 2019 é comezar a integrar solucións cuánticas nos nosos clientes, principalmente nos contextos de optimización, en *quantum machine learning* e en simulacións ou xemelgos dixitais cuánticos. Temos a sorte de que contamos con clientes que viron claramente as vantaxes desta nova tecnoloxía e que recorreron a nós para comezar este apaixonante camiño. Por exemplo, xunto co equipo de Once Innova desenvolveuse un proxecto de mellora da reasignación de postos de vendedores, que demostrou a eficiencia da computación cuántica en procesos de optimización. Tamén estamos a colaborar con empresas como Mercedes-Benz, Serikat, ITS, Iberdrola, Lantik, a Deputación de Gipuzkoa, Gaia, CESGA e outros

“Desenvolvemos con Once Innova un proxecto que demostrou a eficiencia da computación cuántica para optimizar a reasignación de postos de vendedores”

moitos, en proxectos nos que buscamos, de forma conxunta, a vantaxe cuántica aplicada aos resultados de negocio, máis que aos resultados académicos.

QUE APLICACIÓNS E CASOS DE USO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS NA CONTORNA EMPRESARIAL CHE PARECEN MÁIS REVELADORAS ATA O MOMENTO?

No caso da computación cuántica, como xa comentei, a aceleración dos procesos de análise e IA –o *quantum machine learning*– aplicada a contextos como a simulación e os xemelgos dixitais é unha realidade que nos permite simular sistemas físicos reais con sistemas físicos cuánticos e non dixitais, como os simuladores actuais. Podemos falar de aplicacións, por exemplo, de xeración de cerebros virtuais para simular enfermidades neurodexenerativas, xemelgos



“Xa se está palpando a demanda industrial de tecnoloxías cuánticas, ao contrario do que ocorreu coa intelixencia artificial, que requeriu un camiño de evanxelización e demostración”

virtuais para optimizar procesos en plantas de fabricación, predición da viabilidade de investimentos industriais, solucións para facer fronte á nova xeración de ciberataques e sistemas de reasignación de postos de traballo segundo a produtividade, entre moitos outros casos. Ademais da computación cuántica, non podemos esquecer outras tecnoloxías como a xeración de claves ultraseguras con base en sistemas físicos e virtuais cuánticos e a integración destas claves na encriptación de servizos de comunicacións, protocolos de transporte e aplicacións de alto nivel, como a identidade dixital, nos denominados protocolos poscuánticos, que xa se están

implementando nas infraestruturas que queren blindarse ante a rotura de claves por medio de algoritmos cuánticos. Outro foco importante está na sensórica cuántica, que xa está xerando dispositivos capaces de medir espectros frecuenciais miles ou millóns de veces máis potentes que os sensores actuais, con aplicacións en seguridade, saúde, navegación GPS, medición de calidade de materiais e un longo etcétera. E, na conxunción destas tres tecnoloxías, está todo o mundo das comunicacións cuánticas –sobre todo, a nivel satelital e de nodos terrestres–, que empezarán a definir a próxima internet cuántica e coas que a industria internacional vai xerar millóns de dólares.

SEGUNDO A VOSA EXPERIENCIA, QUE SECTORES INDUSTRIAIS SERÁN OS PRIMEIROS EN INTEGRAR A COMPUTACIÓN CUÁNTICA DE FORMA SISTEMÁTICA

A resposta é sinxela: todos. Falamos de computación e, hoxe en día, todo se computa, así que as empresas que antes comece a andar son as que van ter unha diferenza competitiva clara. Xa se está palpando esta demanda de tecnoloxías cuánticas, ao contrario do que ocorreu coa intelixencia artificial, na que, durante moitos anos, foi necesario un camiño de

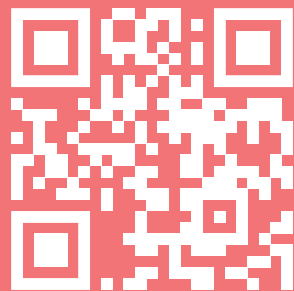
evanxelización e demostración, ata que as industrias viron que é necesaria. Na computación cuántica está a ocorrer ao revés: a demanda de mercado está a provocar que as empresas tecnolóxicas, como Ayesa, e os grandes fabricantes, como IBM, Amazon, Microsoft, Dwave e Fujitsu, estean a acelerar os seus procesos de investigación e innovación para dar resposta a esta demanda crecente e cada vez máis intensiva. Temos a gran sorte de que neste país contamos cun ecosistema de enxeñeiros, informáticos, físicos, matemáticos, lingüistas, economistas e consultores cuánticos de primeira orde a nivel internacional, polo que o impulso de grupos de colaboración é sempre frutífero. Estamos nun momento apaixonante na enxeñería da computación, similar ao que vivimos nos anos 90.

COMO CRES QUE IMPACTAN NA INDUSTRIA INICIATIVAS COMO O POLO GALEGO DE TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS OU O PROXECTO BASQUE QUANTUM, NO QUE VÓS PARTICIPADES ACTIVAMENTE?

Debemos estar presentes no impulso de tecnoloxías cuánticas a nivel internacional, non como meros espectadores e consumidores dos avances doutros, senón como provedores dunha nova industria cuántica. Temos o coñecemento, o potencial, a infraestrutura e as capacidades necesarias, pero é necesario un elemento aglutinador. E aí é onde entran os gobernos autonómicos e as administracións públicas. Sen o apoio institucional correriamos o perigo de dispersar esforzos, duplicar proxectos e ser ineficaces con respecto á competencia. Ademais, cada comunidade ten uns verticais que se deben explorar, de forma que cada unha se especialice nun contexto determinado, co fin de competir de forma global, pero intelixente. Tivemos a sorte de comezar este ano a colaborar co CESGA na implementación de algoritmos de optimización cuánticos sobre os supercomputadores que xestionan. Estes modelos están demostrando ser unha vía de aceleración de solucións cuánticas aplicadas moi potentes. Grazas a esta colaboración, puiden constatar o altísimo nivel técnico, bo facer e paixón que existe ao redor do Polo Galego de Tecnoloxías Cuánticas. No fondo, con eles estamos a crear un novo *big data* cuántico e é un privilexio poder traballar en proxectos tan interesantes e cun impacto internacional tan importante. É un grande exemplo de como ese impulso institucional vai converter a investigación en innovación, que, ao final, non deixa de ser converter o coñecemento en negocio.



Coñece máis sobre o Polo de
Tecnoloxías Cuánticas de Galicia
e segue a súa evolución



AXENCIA
GALEGA DE
INNOVACIÓN



UNIÓN EUROPEA



Fondos Europeos



GALICIA SUPERCOMPUTING CENTER

**DESPREGAMENTO DUNHA INFRAESTRUTURA BASEADA
EN TECNOLOXÍAS CUÁNTICAS DA INFORMACIÓN QUE
PERMITA IMPULSAR A I+D+i EN GALICIA**

Apoiar a transición cara a unha economía dixital

**Operación financiada pola Unión Europea, a través do
FONDO EUROPEO DE DESENVOLVEMENTO REXIONAL
(FEDER) como parte da resposta da Unión á pandemia da
COVID-19**

**PROGRAMA OPERATIVO
FEDER GALICIA
2014-2020**

Unha maneira de facer Europa

O FUTURO É

QUÁNTICO

