

POSITION PAPER

TECNOLOGIAS CRÍTICAS PARA A SOBERANIA DIGITAL:

Chips, comunicações, inteligência artificial, robótica e tecnologias quânticas

Resultado Iniciativa Bottom-Up AI² promovida pelo INESC TEC

Autores: Ademar Aguiar; Betina Campos Neves; Filipe Ribeiro; Luís Barbosa; Luís Miguel Pinho; Manuel Ricardo; Rita Ribeiro; Gabriel David; Lia Patrício.

30 de setembro de 2026

Enquadramento

Este *position paper* apresenta um contributo do INESC TEC para a iniciativa *bottom-up*, no âmbito da Avaliação Estratégica para a definição das prioridades nacionais de investigação e inovação (AI²). Reconhece a visão e os objetivos do exercício e destina-se a contribuir para a definição dos domínios estratégicos nacionais, reunindo contributos científicos e tecnológicos em torno das “Tecnologias críticas para a soberania digital”.

Sumário executivo

Propõe-se reconhecer as Tecnologias Críticas para a Soberania Digital como uma prioridade estratégica nacional e um domínio de excelência, articulando *chips*, comunicações, inteligência artificial (IA), robótica e tecnologias quânticas para reforçar a capacidade de Portugal contribuir para a autonomia, a resiliência e a competitividade europeias.

A soberania digital é o desafio que organiza a presente reflexão para a avaliação estratégica constituindo uma prioridade nacional de relevo: assegurar capacidade efetiva de escolha e intervenção sobre tecnologias de que dependem a economia, os serviços públicos, a ciência e os direitos dos cidadãos. A resposta exige combinar investigação fundamental, desenvolvimento tecnológico, inovação empresarial e políticas públicas.

As cinco áreas constituem capacidades complementares e não uma soma de agendas independentes. A ambição é identificar posições diferenciadoras nas cadeias de valor europeias, sem procurar autossuficiência nacional nem competir em todos os segmentos.

Os contributos identificam competências relevantes, mas também fragmentação, dificuldades de acesso continuado a infraestruturas, de retenção de talento e de passagem do conhecimento a produtos e serviços. Propõe-se um roteiro até 2036, assente em especialização seletiva, infraestruturas partilhadas e demonstração com utilizadores.

Com base nesta análise, propõe-se à AI² o reconhecimento do domínio e a promoção de um programa plurianual que coordene estas capacidades, mobilize investimento empresarial e europeu e estabeleça compromissos verificáveis de criação de conhecimento, de valor e de redução de dependências críticas.

1. A área e a sua ambição

1.1. Proposição e ambição

O domínio situa-se na interseção de um desafio societal, a soberania digital, com um conjunto delimitado de capacidades científicas e tecnológicas críticas. Adota uma perspetiva inspirada na *Critical Technology Initiative* da *Carnegie Mellon University*: avaliar a importância das tecnologias para a segurança, a prosperidade e o bem-estar, as suas interdependências e as intervenções de investimento e política necessárias. Nesta proposta, a criticidade resulta da combinação entre relevância para o desafio, potencial de desenvolvimento e vulnerabilidades que importa reduzir.

Soberania digital significa capacidade de decidir e agir, não isolamento tecnológico. Inclui compreender, conceber, testar, adaptar, integrar, operar e substituir componentes essenciais; governar dados e propriedade intelectual; assegurar continuidade operacional; e participar na definição de normas. A localização de uma infraestrutura, por si só, não satisfaz esta ambição quando persistem dependências decisivas de software, modelos ou fornecedores sem alternativas credíveis.

Para 2036, ambiciona-se que Portugal disponha de uma comunidade de I&I mais articulada, empresas capazes de colocar tecnologia própria nos mercados europeus e utilizadores públicos e privados capazes de avaliar e integrar soluções críticas. O posicionamento nacional deverá combinar liderança em nichos selecionados, capacidade própria nas interfaces essenciais e acesso a recursos de grande escala através de cooperação europeia.

Em 2030, esta trajetória deverá ser verificável em resultados científicos diferenciadores, plataformas utilizadas por entidades externas, tecnologias validadas em contextos reais, primeiros contratos e licenças e participação qualificada em programas e normas europeus. A ambição é adquirir capacidade de contribuição e de escolha, não apenas aumentar a utilização de tecnologia.

1.2. Contributo para domínio estratégico

A pertinência da Soberania Digital assenta em cinco dimensões. A **importância nacional** decorre da dependência transversal de sistemas digitais para atividades económicas e funções coletivas. A **credibilidade da aposta** assenta nas competências descritas abaixo, embora a sua distribuição não deva ser confundida com massa crítica já coordenada.

A **necessidade de ação pública** resulta, nesta proposta, da combinação de ousadia científica, investimento de longo prazo em inovação, infraestruturas partilhadas e benefícios de resiliência que uma organização dificilmente consegue apropriar na totalidade. Acrescem problemas de coordenação entre investigação, fornecedores, utilizadores, financiadores e decisores públicos, salientados nos contributos.

A **seletividade** exige escolher os segmentos em que Portugal pode produzir conhecimento e tecnologia diferenciadores, distinguindo-os daqueles em que deve assegurar acesso por cooperação. A **complementaridade e a sinergia** residem em gerir interdependências e transições entre conhecimento,

tecnologia e utilização que não são resolvidas por uma carteira de projetos isolados. Não se propõe substituir agendas existentes, mas dar coerência à sua contribuição para a soberania digital.

A maioria das medidas tomadas na Europa e em Portugal na área de soberania digital e liderança tecnológica são ainda muito recentes, o que, aliado ao forte carácter multidisciplinar e multisectorial do tema, leva a que não haja uma solução rápida ou uma mitigação simples que consiga emergir de uma normal auto-regulação isolada de todos os tipos de atores necessários.

Para melhorar a soberania digital e tecnológica é, por isso, indispensável uma visão sistémica e sustentável, políticas públicas e incentivos setoriais, envolvendo todos o ecossistema: Academia, Entidades do Sistema Científico e Tecnológico, Indústria, Governo, Sociedade civil e recursos naturais.

A condição para reconhecer a soberania digital é, portanto, uma estratégia comum que agregue e alavanque capacidades e resultados.

1.3. Definição, interdependências e fronteiras

A soberania digital abrange capacidades de base e interfaces tecnológicas cuja disponibilidade, compreensão ou controlo condicionam a autonomia digital. As cinco áreas têm papéis distintos e complementares. A sua inclusão é coerente com a identificação europeia de áreas tecnológicas críticas, nomeadamente semicondutores, IA, robótica, tecnologias quânticas e conectividade avançada.

Capacidade	Papel na arquitetura do domínio	Interdependências a trabalhar
<i>Chips</i>	Base material da computação e dos sistemas digitais.	Co-desenho com <i>software</i> e IA; integração de eletrónica e fotónica para comunicações e sensorização.
Comunicações	Ligação entre dados, pessoas, máquinas e computação distribuída.	Redes programáveis e resilientes; IA na gestão; articulação com chips, fotónica e computação na periferia.
IA	Aprendizagem, inferência, adaptação e apoio à decisão.	Dependência de chips, dados e redes; otimização dessas infraestruturas e apoio ao desenho e à verificação de circuitos.
Robótica	Autonomia em ambientes hostis e sem GNSS, perceção multimodal, intervenção e operações prolongadas, manipulação.	Necessidade de IA para as funções autónomas, de dados para os gémeos digitais, de chips para a computação na periferia; adição de capacidades ciberfísicas à IA por agentes, comunicação entre robots para coordenação.
Tecnologias quânticas	Novas capacidades de computação e comunicação, com diferentes horizontes de maturidade.	<i>Software</i> e algoritmos, integração quântico-clássica e ligação a infraestruturas de comunicação.

A integração concretiza-se em interfaces como o co-desenho de *chips* e modelos de IA para computação na periferia, a ligação entre fotónica e comunicações óticas, a incorporação de IA em dispositivos robóticos, e a articulação de *software* quântico com computação clássica. Não se pressupõe que cada projeto utilize as cinco tecnologias, nem que todas as relações tenham igual maturidade. A articulação entre microeletrónica e comunicações 6G, nas iniciativas da *Smart Networks and Services Joint Undertaking* (SNS JU) e da Chips JU, exemplifica o alinhamento entre desenvolvimento, experimentação e cadeias de valor.

Dados, *software*, cibersegurança, computação avançada, interoperabilidade e atuação ciberfísica constituem dimensões transversais, e não subdomínios adicionais. Saúde, energia, oceano, indústria, mobilidade, educação, Administração Pública e Defesa são contextos de procura, experimentação e validação, sem serem absorvidos pelo domínio. Nos *chips*, o domínio cobre desenho, verificação, prototipagem, teste e integração de circuitos eletrónicos e fotónicos, incluindo encapsulamento avançado e integração heterogénea. O foco está nas competências e ferramentas para conceber e validar soluções diferenciadoras, em articulação com IA, comunicações e sistemas embebidos.

Propõe-se a seguinte regra de fronteira: o domínio integra iniciativas e projetos cujo resultado principal é uma capacidade tecnológica crítica reutilizável ou uma redução demonstrável de dependências.

2. Prioridades e desafios a dez anos

2.1. Ponto de partida de Portugal

O ponto de partida combina uma base de ativos que são relevantes, mas que apresentam dificuldades de articulação e valorização. O Relatório da Década Digital de 2026 reconhece a boa conectividade e o desempenho dos serviços públicos digitais portugueses, mas identifica atraso empresarial na adoção de **IA e computação na cloud** e necessidades de reforço das competências e da capacidade de crescimento das empresas. Infraestrutura instalada e adoção são, assim, condições importantes, mas diferentes da capacidade de produzir tecnologia.

Nos **chips**, existe uma base consolidada em circuitos analógicos e de sinal misto, com competências adicionais em desenho digital e sistemas embebidos. Na fotónica integrada, existem capacidades de projeto, fabrico experimental e caracterização, mas a passagem a componentes adotados industrialmente ainda exige consolidação. No encapsulamento avançado, a presença industrial e a investigação não equivalem, por si só, a capacidade conjunta de desenvolvimento tecnológico.

A lacuna comum é a capacidade continuada de realizar projetos completos, desde a conceção e verificação até ao protótipo, teste e integração, com acesso para *startups* e PME. A Estratégia Nacional para os Semicondutores identifica o desenho de chips como capacidade a expandir.

Não se propõe reproduzir em Portugal uma cadeia completa de fabrico de semicondutores. O acesso a processos e infraestruturas industriais, incluindo linhas piloto, deverá ser assegurado através de cooperação europeia, a par do desenvolvimento de competências nacionais diferenciadoras.

Nas **comunicações**, existem oportunidades em software, algoritmos, arquiteturas abertas, integração e experimentação. A geografia atlântica, as ligações entre continente e ilhas, os territórios de baixa densidade e os utilizadores de infraestruturas críticas oferecem contextos exigentes de validação, não uma vantagem tecnológica automática.

Na **IA**, existe uma base científica distribuída e um ecossistema empresarial em desenvolvimento. A Agenda Nacional de IA (ANIA), aprovada em 2026, constitui um enquadramento com o qual esta proposta se deve articular. O *Deucalion* e a participação portuguesa na *BSC AI Factory*, associada ao *MareNostrum* 5, ilustram a combinação entre capacidade nacional e acesso europeu; o *AMALIA* exemplifica o desenvolvimento de modelos adaptados à língua e ao contexto portugueses. Estes ativos não dispensam o acesso continuado a recursos, investigação e validação com utilizadores.

Na **robótica**, Portugal dispõe já de uma base credível e complementar, em autonomia em ambientes hostis e sem GNSS, perceção multimodal, intervenção e operações prolongadas. Também há já uma base em robótica industrial, agrícola e florestal, interação humano-robô, autonomia e manipulação, gémeos digitais, simulação, teleoperação, localização e mapeamento simultâneo de longo prazo e coordenação de frotas heterogéneas.

Nas **tecnologias quânticas**, existem competências em teoria, algoritmia, *software*, integração quântico-clássica e comunicações, sendo a engenharia de *software* quântico uma especialização promissora. No entanto, a fragmentação, limitações de infraestrutura e experimentação, dificuldades de retenção de talento e fraca transferência para aplicações industriais civis são barreiras à sua realização.

Propõe-se, por isso, consolidar no arranque um mapa verificável de capacidades e dependências: equipas e competências, infraestruturas e acesso efetivo, propriedade intelectual, empresas fornecedoras e utilizadoras, participação europeia e custos de substituição tecnológica. Este mapa deverá distinguir capacidades demonstradas, potencial e lacunas, incluindo onde se perde valor entre investigação, engenharia, validação e mercado.

2.2. Posições portuguesas a avaliar e prioridades científicas

Chips: desenho, fotónica integrada e encapsulamento avançado

Nos *chips*, propõem-se quatro prioridades: **desenho e integração de circuitos**: a partir de circuitos analógicos e de sinal misto, desenvolver a integração com processamento digital, sensores e *software*, com destaque para IA na periferia (*Edge AI*). O desafio científico é compatibilizar desempenho, consumo, custo, correção e fiabilidade através do co-desenho de hardware e software.

Ferramentas abertas de desenho e verificação: investigar métodos e ferramentas interoperáveis, incluindo a sua integração com IA, que reduzam barreiras ao projeto de chips por equipas pequenas. A valorização exige competências especializadas, prototipagem e adoção por *startups* e PME.

Circuitos fotónicos integrados: articular fotónica e eletrónica em componentes e transdutores para comunicações óticas e sensorização, investigando integração, encapsulamento ótico, teste e fiabilidade. A diferenciação exige demonstradores validados com utilizadores e processos compatíveis com a adoção industrial.

Encapsulamento avançado e integração heterogénea: construir capacidade conjunta de investigação e engenharia para integrar e testar componentes distintos, a partir de problemas industriais. Esta posição requer acesso a salas limpas e linhas piloto, demonstradores e compromissos empresariais; não decorre automaticamente da presença de produção no país.

Comunicações: redes programáveis, resilientes e integradas

Propõem-se quatro prioridades interligadas: **redes programáveis e AI-native**, com arquiteturas abertas e automação verificável; **comunicações resilientes e autónomas**, capazes de antecipar falhas, manter serviços essenciais e recuperar; **integração de comunicações, sensorização e computação**, para processar e interpretar informação próximo da origem; e **convergência de redes terrestres, não terrestres e óticas**, assegurando continuidade e redundância.

As questões de investigação transversais nas comunicações incluem a coordenação de recursos distribuídos, a automação segura, a interoperabilidade e os compromissos entre desempenho, energia e resiliência. O posicionamento proposto concentra-se em componentes, algoritmos, software e integração exportáveis, sem procurar competir na produção generalista de equipamentos completos. A ação pública deverá sustentar investigação, plataformas experimentais abertas, ensaios com operadores e utilizadores críticos e participação na normalização.

IA: eficiência, confiança, adaptação e especialização

A prioridade é desenvolver capacidade científica e tecnológica própria em quatro problemas interligados.

IA eficiente e sustentável: reduzir necessidades de dados, computação e energia, através de novas arquiteturas, aprendizagem eficiente, compressão e otimização, modelos especializados e computação na periferia. A avaliação deve explicitar os compromissos com o desempenho, articulando modelos e hardware com a área de chips.

IA confiável e segura: incorporar estas questões desde a conceção: robustez, explicabilidade, quantificação da incerteza, equidade, privacidade, segurança e supervisão, com métodos rigorosos de validação e testes de esforço.

IA adaptativa: aprender ao longo do tempo e responder a alterações dos dados e condições de operação, incluindo situações não representadas no treino, sem perda de conhecimento relevante ou degradação da segurança.

IA especializada: reutilizar e especializar modelos pré-treinados para domínios, línguas, tarefas e requisitos específicos, com aprendizagem de representações, multimodalidade e incorporação de conhecimento. O desenvolvimento responsável é transversal às quatro prioridades.

A diferenciação deverá traduzir-se em métodos, modelos e ferramentas reutilizáveis, e não apenas em demonstrações de ferramentas existentes. O apoio público deve combinar investigação fundamental, acesso continuado a dados e computação e avaliação prolongada em contextos reais. Nas infraestruturas e modelos de fronteira cuja escala excede a nacional, privilegia-se cooperação europeia, mantendo competências próprias de especialização, avaliação e operação.

Robótica: autonomia, presença persistente, intervenção

Apresentam-se quatro linhas de estruturação da atividade de I&I.

Autonomia robusta, cooperativa e verificável: investigar como combinar aprendizagem, modelos físicos, estimação de incerteza e controlo para decidir e agir com dados escassos, ambientes mutáveis e comunicações intermitentes. A questão central não é apenas executar uma tarefa, mas reconhecer limites e manter comportamentos seguros perante situações imprevistas. Devem ser priorizadas perceção multimodal, localização sem GNSS, long-term SLAM, planeamento adaptativo, cooperação entre veículos e coordenação de frotas heterogéneas. A ação pública deve sustentar os fundamentos científicos e os módulos de autonomia reutilizáveis por várias empresas e setores.

Presença persistente, operações residentes e autonomia de longo alcance: desenvolver sistemas capazes de operar durante períodos prolongados e a grandes distâncias das suas bases, com níveis progressivamente menores de supervisão humana, suportados por atracagem autónoma a estações de apoio, recarga, autodiagnóstico, gestão inteligente da energia, adaptação e retoma de missão e cooperação entre plataformas submarinas, de superfície, aéreas e terrestres. O desafio científico e tecnológico consiste em otimizar conjuntamente autonomia energética, alcance, disponibilidade, manutenção, comunicações e qualidade da informação, permitindo evoluir de veículos autónomos individuais para sistemas distribuídos e infraestruturas robóticas residentes. Esta prioridade é particularmente relevante para a robótica marinha e de campo, mas os princípios de gestão de frotas, autonomia operacional, manutenção e gestão energética são também transferíveis para ambientes industriais, agrícolas e florestais.

Da observação à intervenção: priorizar manipulação e contacto seguro a partir de plataformas móveis, em condições dinâmicas e com objetos deformáveis ou pouco conhecidos. Inspeção, recolha de amostras, manutenção, operações industriais, tarefas agrícolas e de construção devem evoluir para níveis de autonomia ajustáveis e supervisão humana adequada ao risco. A combinação de manipulação avançada, interação humano-robô, teleoperação e aprendizagem por demonstração é central para transformar *embodied* AI e plataformas humanoides em soluções produtivas, e não apenas em demonstradores. Nos domínios marinho e ambiental, esta evolução deve ainda permitir passar de missões de aquisição pré-programadas para observação adaptativa, em que os próprios sistemas interpretam a informação adquirida, identificam fenómenos relevantes e ajustam autonomamente trajetórias, sensores e estratégias de amostragem.

Confiança, dados e validação como capacidade comum: investigar a transferência entre simulação e operação real e a validação de sistemas que aprendem. Criar conjuntos de dados, gémeos digitais, ambientes de simulação e protocolos de ensaio reutilizáveis, com rastreabilidade e regras de acesso que protejam dados sensíveis. Integrar cibersegurança, supervisão humana e avaliação ambiental desde a conceção. A ação pública deve financiar bens comuns e validação independente, reduzindo o custo de qualificação, certificação e adoção pelas PME.

A articulação com as restantes tecnologias deve ser seletiva: IA executável a bordo e auditável; *chips* e sensores eficientes, com alternativas de fornecimento; comunicações seguras e tolerantes a interrupções; e, no caso de Quantum, linhas exploratórias de sensores e temporização condicionadas a vantagens operacionais demonstradas. A robótica deve assumir a integração e validação no sistema físico.

Tecnologias quânticas: engenharia de software e articulação europeia

A especialização proposta centra-se na **engenharia de software quântico**: algoritmos e modelos de recursos; linguagens e compiladores; verificação formal e avaliação comparativa; ambientes de execução híbridos, integração com supercomputação e correção de erros; e aplicações com utilidade demonstrável. Esta opção exige investigação fundamental e capacidade de acompanhar diferentes plataformas de hardware, sem pressupor uma tecnologia dominante.

O objetivo é passar de provas de conceito para software com comportamento verificável, estimativas credíveis de recursos e avaliação face a alternativas clássicas. A vantagem quântica deve ser investigada e demonstrada para problemas e condições concretos, não presumida como ganho generalizado. O roteiro deverá acomodar incerteza sobre maturidade, escalabilidade e calendários de adoção.

A ação pública deverá garantir continuidade das equipas, formação avançada, acesso a infraestruturas europeias e capacidade experimental complementar. As comunicações quânticas articulam-se com as redes seguras. A migração para criptografia pós-quântica deve ser coordenada com esse esforço, distinguindo-a tecnicamente da comunicação quântica.

2.3. Rota até à escala: da investigação à utilização

Propõe-se combinar duas componentes: investigação de longo prazo nas capacidades selecionadas e programas integradores de desenvolvimento e demonstração. A primeira deve preservar espaço para descoberta; a segunda deve aproximar investigadores, empresas tecnológicas e utilizadores desde a definição dos problemas. Uma não substitui a outra.

No **desenho de chips**, a rota de adoção proposta assenta na criação de propriedade intelectual (IP) por *startups* e PME, para venda ou licenciamento a fabricantes, empresas de conceção sem fabrico próprio (*fabless*) e integradores de sistemas, sobretudo internacionais. Exige formação, ferramentas, prototipagem e capacidade comercial.

Na **fotónica integrada**, os primeiros utilizadores são fornecedores de equipamentos de comunicações, sensores e instrumentação. No **encapsulamento avançado**, são empresas que necessitam de integrar e testar componentes distintos. As linhas piloto e os demonstradores aproximam investigação e utilização; a escala depende de processos qualificados, fiabilidade, custos, volumes e compromissos industriais de continuidade.

Como propostas para discussão, identificam-se três contextos integradores, cuja seleção dependerá de procura e capacidades confirmadas. **Indústria e logística com autonomia operacional:** testar a articulação de IA eficiente e adaptativa, comunicações e sistemas embebidos com chips e sensores, tendo empresas industriais e operadores logísticos como primeiros utilizadores. A escala dependerá de integração em instalações existentes, segurança e ganhos económicos verificáveis.

Infraestruturas críticas, território e espaço atlântico: desenvolver e ensaiar continuidade de comunicações, monitorização e recuperação perante falhas, articulando operadores, energia, portos, proteção civil, regiões autónomas e, quando adequado, defesa. A adoção dependerá de interoperabilidade, custo de operação e melhoria demonstrada da resiliência. A proposta desenvolve contextos identificados no contributo de comunicações.

Presença persistente no oceano profundo e mapeamento da plataforma continental: O ponto de partida permite afirmar uma trajetória de especialização que não se restringe ao mar nem à robótica de campo. Existe uma oportunidade de ligar o conhecimento em autonomia e operações persistentes à capacidade de levar robótica inteligente, *embodied AI* e interação humano-robô para a indústria, construção, agricultura, floresta, reciclagem e remanufatura. O principal défice comum está na transformação sistemática de resultados de investigação em produtos replicáveis, qualificáveis e mantidos ao longo do ciclo de vida, com fornecedores, integradores e clientes de referência.

A esta capacidade científica e tecnológica acresce uma base crescente de infraestruturas de experimentação que permite aproximar investigação e operação real. Portugal dispõe de condições para estruturar uma cadeia contínua de experimentação e validação, desde laboratório e ambientes aquáticos controlados até portos, zonas costeiras e oceano aberto. Infraestruturas como TEC4SEA e o Hub Azul de Leixões constituem exemplos desta capacidade e podem suportar desenvolvimento, integração, ensaio

repetido, demonstração com utilizadores e progressiva qualificação de sistemas robóticos em condições representativas e operacionais.

Serviços públicos e infraestruturas científicas confiáveis: testar modelos especializados, dados governados, software e interfaces interoperáveis, com capacidade de auditoria, operação e substituição. Organismos públicos, instituições científicas e empresas fornecedoras seriam utilizadores e parceiros de desenvolvimento. A escala dependerá da reutilização entre organizações e da capacidade de contratar, manter e evoluir as soluções.

As tecnologias quânticas deverão entrar nestes contextos apenas onde exista uma hipótese tecnicamente fundamentada. Em paralelo, importa explorar com potenciais utilizadores os problemas referidos no contributo, designadamente em logística, indústria farmacêutica e serviços financeiros, através de benchmarking e validação progressiva. Não se deve condicionar a adoção de soluções maduras a avanços quânticos futuros.

Cada iniciativa de demonstração deverá identificar um utilizador comprometido, o componente reutilizável a desenvolver, as dependências a reduzir, os dados e infraestruturas necessários, os requisitos de validação e a entidade responsável pela operação. O financiamento deverá permitir atravessar prova de conceito, engenharia, validação independente, primeira utilização e replicação, sem tratar o primeiro piloto como prova de escala.

2.4. Seleção e decisões estratégicas no contexto europeu

Propõe-se distinguir quatro modalidades de intervenção: **liderar ou procurar liderança em nichos** com diferenciação demonstrável; **construir capacidade própria** para compreender, adaptar e operar componentes críticos; **assegurar acesso por cooperação europeia** quando a escala o exige; e **difundir tecnologia madura** através de instrumentos de adoção, sem a confundir com nova investigação. Não se recomenda competir pela escala na reprodução de grandes plataformas globais de IA ou de toda a cadeia de valor digital.

As *policy windows* europeias devem ser utilizadas para participar na definição de agendas, normas e cadeias de fornecimento, e não apenas para procurar financiamento. O quadro disponível em setembro de 2026 oferece as seguintes oportunidades:

Policy window europeia	Implicação proposta para Portugal
<i>Chips Act</i> e proposta <i>Chips Act 2.0</i> , apresentada em junho de 2026.	Articular o POEMS, APECS, PIXEurope e ODE4EC com projetos de desenho, prototipagem, teste e integração e com parceiros industriais europeus.
EuroHPC e AI Factories; proposta <i>Cloud and AI Development Act</i> .	Combinar acesso a computação de grande escala com software, competências, dados e participação empresarial; não limitar a ambição ao alojamento de infraestrutura.
SNS JU e articulação com Chips JU para microeletrónica e 6G.	Preparar consórcios e plataformas que liguem comunicações, chips e IA, contribuindo para tecnologias interoperáveis e normalização.

<i>Policy window europeia</i>	Implicação proposta para Portugal
<i>Quantum Europe Strategy, EuroHPC e EuroQCI.</i>	Especializar software e integração, assegurar acesso a plataformas e articular computação e comunicações seguras.
Estratégia europeia de <i>software</i> aberto, apresentada em junho de 2026.	Desenvolver componentes reutilizáveis e ferramentas de desenho e verificação, incluindo a experiência do ODE4EC-PIV, com manutenção e serviços para empresas e Administração Pública.

As propostas legislativas acima identificadas são consideradas janelas de participação, não obrigações já em vigor. O roteiro deverá acompanhar a evolução dos instrumentos e dos futuros quadros financeiros, assegurando cofinanciamento e preparação atempados. A abertura à cooperação internacional deve ser compatível com a gestão proporcionada de riscos e com os compromissos europeus.

A título de exemplo, nos *chips*, esta distinção traduz-se em procurar liderança em IP e circuitos analógicos e de sinal misto, bem como em componentes e processos fotónicos seleccionados; construir capacidade em desenho digital, verificação e integração com IA; e desenvolver engenharia de encapsulamento ligada à indústria. A cooperação europeia assegura acesso a processos e infraestruturas cuja escala excede a nacional.

Não se propõe uma cadeia nacional completa de fabrico nem uma aposta no fabrico de nós avançados. Outros materiais, sensores e famílias de dispositivos poderão ser considerados como prioridades específicas quando demonstrarem massa crítica, diferenciação tecnológica e uma rota de adoção.

3. Valor acrescentado, contributo para o país e autonomia após cinco anos

O **valor científico** esperado é conhecimento novo nas prioridades identificadas, acompanhado por métodos, *software*, propriedade intelectual de circuitos, componentes e competências de engenharia que permitam transformar resultados em capacidades utilizáveis. O **valor económico** deverá materializar-se em contratos de I&D, produtos e serviços, licenciamento, novas empresas e maior participação nas cadeias europeias. Estes resultados são objetivos a demonstrar, não efeitos automáticos do financiamento.

O **contributo societal** inclui continuidade de serviços essenciais, proteção de dados, supervisão e capacidade de decisão pública; a dimensão cultural inclui soluções adequadas à língua e ao contexto portugueses. **Territorialmente**, importa assegurar acesso fora dos principais polos e experimentação em territórios de baixa densidade, regiões autónomas e contextos marítimos. A sustentabilidade exige avaliar energia e recursos ao longo do ciclo de vida, sem presumir que mais digitalização reduz sempre os impactos.

A autonomia após cinco anos deverá traduzir-se em maior capacidade das empresas e das atividades de transferência para gerar receitas, atrair investimento privado e operar para além do apoio inicial. A investigação fundamental e as capacidades de interesse público continuarão a justificar financiamento

público estável. **Captar mais financiamento europeu reforça competitividade e diversifica recursos, mas não equivale, por si só, a reduzir a dependência de financiamento público.**

Valor acrescentado e autonomia após cinco anos	Tipologias de financiamento a articular	Condições para a transição
Conhecimento e talento: equipas competitivas, formação avançada e continuidade científica.	Financiamento nacional de investigação e participação competitiva em programas europeus.	Previsibilidade, carreiras, mobilidade e acesso continuado a meios de investigação.
Tecnologia reutilizável: IP de circuitos, componentes, software e ferramentas com capacidade de transferência.	I&D colaborativa, provas de conceito, prototipagem, engenharia e investimento empresarial.	Ferramentas e linhas piloto acessíveis, manutenção, licenciamento e equipas de engenharia.
Validação e adoção: plataformas utilizadas e soluções replicáveis.	Cofinanciamento de demonstradores, contribuições de utilizadores e contratação de desenvolvimento.	Utilizadores desde o início, validação independente, qualificação industrial quando aplicável, custos de operação e acesso transparente.
Escala empresarial: receitas, exportações, licenças e investimento privado.	Capital empresarial, capital de risco e instrumentos de crescimento e internacionalização.	Produto, primeiros clientes, capacidade comercial, integração industrial e procura internacional.
Soberania e resiliência: alternativas tecnológicas e continuidade de capacidades críticas.	Financiamento de infraestruturas e serviços estratégicos, cooperação europeia e contribuições de utilizadores.	Acesso garantido, competências próprias, interoperabilidade e planos de operação e substituição.

A combinação destas tipologias deve ser ajustada à maturidade das atividades, sem pressupor elegibilidade ou aprovação num instrumento concreto.

Cada linha deverá apresentar um plano de recursos a cinco anos, distinguindo financiamento público nacional e europeu, investimento privado e receitas de mercado. A avaliação deverá acompanhar a componente privada e a cobertura dos custos comercializáveis, preservando a missão científica e o acesso coletivo e respeitando a maturidade das tecnologias, sobretudo a incerteza da investigação quântica.

4. Riscos e salvaguardas

Os riscos identificados nos contributos incluem dispersão, falta de continuidade, isolamento face à evolução internacional, dependência de fornecedores e insuficiente transferência. Propõe-se traduzi-los em sinais observáveis e decisões de gestão.

Risco	Sinal observável	Salvaguarda e resposta
Dispersão ou captura por interesses instalados	Multiplicação de linhas sem massa crítica; acesso concentrado; interfaces por resolver.	Seleção independente, acesso aberto e revisão da complementaridade; agregar ou descontinuar linhas redundantes.

Risco	Sinal observável	Salvaguarda e resposta
Pilotos sem procura ou capacidade de escala	Ausência de utilizadores, contratos, qualificação industrial quando necessária ou responsável pela operação.	Compromissos de utilizadores, validação económica e financiamento por marcos; redirecionar a transferência.
Dependência e isolamento tecnológicos	Acesso condicionado a dados, ferramentas ou prototipagem; falhas de portabilidade; perda de participação europeia.	Interfaces abertas, alternativas testadas, competências próprias e parcerias; rever arquitetura e fornecedores.
Descontinuidade de recursos e talento	Saída de equipas, infraestruturas subutilizadas ou perda de oportunidades de cofinanciamento.	Planos plurianuais, custos de operação previstos e mecanismos de retenção; ajustar capacidade instalada.
Obsolescência ou expectativas excessivas	Resultados não reprodutíveis, vantagens não demonstradas ou marcos sucessivamente adiados.	Benchmarking independente e carteiras ajustadas à maturidade; rever aplicações e calendários.
Impactos adversos sociais, de segurança ou ambientais	Incidentes, exclusão de utilizadores, consumo desproporcionado ou rejeição de utilização.	Avaliação desde a conceção, supervisão humana e participação; corrigir ou suspender utilizações inadequadas.

A aposta nacional não é desenvolver cinco tecnologias isoladamente. É construir capacidade científica, tecnológica, empresarial e institucional para Portugal participar ativamente na soberania digital europeia, em posições selecionadas e com resultados verificáveis.

Referências

[E1] AI²Participa / PLANAPP. Iniciativas Bottom-up; Metodologia de Avaliação Estratégica da AI². Consulta em 25 de setembro de 2026.

<https://ai2participa.pt/iniciativas-bottom-up/>

[E2] Carnegie Mellon University. Critical Technology Initiative. Apresentação institucional. Consulta em 25 de setembro de 2026.

<https://engineering.cmu.edu/critical-technology/index.html>

[E3] Comissão Europeia. Recomendação (UE) 2023/2113, de 3 de outubro de 2023, sobre áreas tecnológicas críticas para a segurança económica da União.

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ%3AL_202302113

[E4] Comissão Europeia. Portugal's 2026 Digital Decade Country Report. 2026.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/portugals-2026-digital-decade-country-report>

[E5] Governo de Portugal. Agenda Nacional de Inteligência Artificial (ANIA). Aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2026; apresentação em digital.gov.pt, 8 de janeiro de 2026.

<https://digital.gov.pt/pt/documentos/agenda-nacional-de-ia>

[E6] FCT. FCT e Centro Nacional de Computação Avançada lançam manifestação de interesse para apoiar adoção de Inteligência Artificial em contexto real. 12 de maio de 2026.

<https://www.fct.pt/fct-e-centro-nacional-de-computacao-avancada-lancam-manifestacao-de-interesse-para-apoiar-adocao-de-inteligencia-artificial-em-contexto-real/>

[E7] FCT. Portugal contribui para investimento da União Europeia de 129M€ no reforço da supercomputação em IA com MareNostrum 5. Nota de imprensa, 26 de janeiro de 2026.

https://www.fct.pt/wp-content/uploads/2026/01/2026_01_26_NI_MareNostrum5.pdf

[E8] Governo de Portugal / digital.gov.pt. AMALIA: versão multimodal lançada no dia 1 de julho. 1 de julho de 2026.

<https://digital.gov.pt/pt/noticias/amalia-versao-multimodal-lancada-no-dia-1-de-julho>

[E9] Comissão Europeia. Commission proposes tech sovereignty package to strengthen Europe's digital autonomy and resilience. Comunicado IP/26/1187, 3 de junho de 2026.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-proposes-tech-sovereignty-package-strengthen-europes-digital-autonomy-and-resilience>

[E10] Smart Networks and Services Joint Undertaking. SNS JU Launches 2026 Call for Microelectronics to Secure Europe's 6G Future. 28 de abril de 2026.

<https://smart-networks.europa.eu/sns-ju-launches-2026-call-for-microelectronics-to-secure-europes-6g-future/>

[E11] Comissão Europeia. Quantum Europe Strategy: Quantum Europe in a Changing World. COM(2025) 363 final, julho de 2025.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/quantum-europe-strategy>