

Promovendo abertura e
desagregação em redes
sem fio.



1.



A Jornada Open RAN

*Levando a Inovação
para Todo o Brasil*

Projeto OpenRAN@Brasil Fase 3
2025

Instituição Responsável

Fundação CPQD
Diretoria de Tecnologia e Inovação
Rua Dr. Ricardo Benetton Martins, 1.000
Parque II do Polo de Alta Tecnologia
Campinas - SP CEP 13086-902
www.cpqd.com.br

Coordenação Geral

Eduardo Melão – Coordenador de PD&I
emelao@cpqd.com.br | (32) 99939-0892

Gestão do Projeto

Elaine Barioni – Gestora de Projetos

Equipe Técnica

Maria Silvina Medrano – Pesquisadora
Guilherme Ruyz Gutierrez – Analista

Pesquisa e Conteúdo

Eduardo Melão

Design

Paprika

Revisão Técnica

Maria Silvina Medrano

Apoio Institucional / Parceiros

RNP
Inatel
Instituto Eldorado

Apoio Financeiro

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)

Data de Publicação

Fevereiro de 2026



Resumo Executivo

O white paper detalha a trajetória e os marcos do Programa OpenRAN@Brasil, uma iniciativa estratégica nacional liderada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para promover a soberania tecnológica e a inovação em redes sem fio 5G e além. O programa responde à mudança global de paradigma das redes de acesso por rádio abertas (Open RAN), que substitui sistemas proprietários e fechados por uma arquitetura desagregada, virtualizada e inteligente.

Pilares Tecnológicos do Open RAN

A iniciativa Open RAN baseia-se em três fundamentos interdependentes:

- **Desagregação e Interfaces Abertas:** Separação entre hardware e software, permitindo a interoperabilidade entre diferentes fabricantes (fim do *vendor lock-in*).
- **Virtualização e Cloudificação:** Uso de servidores comerciais (COTS) e ambientes de nuvem para executar funções de rede, reduzindo custos (CAPEX/OPEX) e aumentando a escalabilidade.
- **Inteligência e Automação (RIC):** Introdução do Controlador Inteligente de RAN para otimização proativa da rede via Inteligência Artificial e aplicações (xApps/rApps).

A Jornada em Fases

O Programa OpenRAN@Brasil foi estruturado em três etapas progressivas para garantir a maturidade tecnológica:

1. **Fase 1 (Concluída):** Foco em software, orquestração e criação de um **Testbed Multidomínio** conectando Campinas (CPQD) e Rio de Janeiro (RNP).
2. **Fase 2 (Em execução):** Desenvolvimento de **hardware nacional** (Unidade de Rádio O-RU), com foco em cibersegurança e integração de aplicações inteligentes.
3. **Fase 3 (Em execução até 2028):** Expansão nacional com a criação de **ilhas de experimentação** em todas as cinco regiões do Brasil e foco em verticais de mercado (Indústria 4.0, Agro 4.0, Saúde).

Conquistas e Impacto

- **Validação Técnica:** Um teste de interconexão distribuída a 600 km de distância (Campinas-RJ) comprovou a viabilidade da arquitetura, atingindo **1 Gbps de taxa de transferência** com latência de 18 ms, desempenho comparável a sistemas monolíticos (todos os elementos instalados no mesmo local).
- **Ecossistema de Inovação:** O programa fomenta a colaboração entre academia (via Grupos de Trabalho) e *startups*, oferecendo infraestrutura de teste e aporte financeiro para o desenvolvimento de soluções brasileiras.
- **Soberania e Mercado:** Além de reduzir a dependência externa, o programa posiciona a indústria nacional como potencial exportadora de componentes 5G de alto valor agregado.

O Caminho à Frente

O foco agora se desloca da validação em laboratório para a **transformação do mercado**, com ênfase em redes privadas 5G e na consolidação de polos regionais de inovação para acelerar a adoção da tecnologia em todo o território nacional.

Open RAN

Uma mudança de paradigma

A ascensão do Open Radio Access Networks (Open RAN) representa uma das transformações mais profundas na arquitetura de redes de telecomunicações em décadas, configurando uma mudança de paradigma que desafia o modelo de negócios tradicional, verticalmente integrado, que caracterizou as gerações anteriores de redes móveis. Compreender as fundações e o contexto internacional dessa iniciativa é fundamental para apreciar a importância estratégica e a ambição da iniciativa OpenRAN@Brasil, que se posiciona como uma resposta nacional a esta revolução global.

A filosofia Open RAN é sustentada por três pilares tecnológicos interdependentes que, juntos, visam criar um ecossistema de redes de acesso por rádio mais flexível, competitivo e inovador.

- **Desagregação e Interfaces Abertas:** O princípio mais fundamental do Open RAN é a desagregação dos componentes de hardware e software da Rede de Acesso por Rádio (RAN). Em uma arquitetura tradicional, todos os elementos de uma Estação Radiobase (ERB) são fornecidos por um único fabricante em um sistema monolítico e proprietário, frequentemente chamado de "caixa fechada". O Open RAN quebra esse modelo ao separar o hardware do software e ao definir interfaces abertas e padronizadas entre os componentes (como a Unidade de Rádio – O-RU; a Unidade Distribuída – O-DU; e a Unidade Centralizada – O-CU). O benefício estratégico primário é a mitigação da dependência de fornecedores (*vendor lock-in*), permitindo que operadoras combinem os melhores componentes de diferentes fabricantes, aumentando a competitividade e a inovação [1].
- **Virtualização e Cloudificação:** Este pilar descreve a transição de funções de rede, que antes eram executadas em hardware especializado e proprietário, para funções de software que rodam em servidores comerciais de prateleira (COTS – Commercial Off-The-Shelf), tipicamente em ambientes de nuvem. Ao transformar a RAN em uma aplicação nativa de nuvem, as operadoras ganham uma flexibilidade e escalabilidade sem precedentes. Recursos podem ser alocados dinamicamente conforme a demanda, novas funcionalidades podem ser implementadas através de atualizações de software e os custos de capital (CAPEX) e operacionais (OPEX) podem ser significativamente reduzidos pela utilização de hardware padronizado e pela automação da gestão da infraestrutura [2][3].
- **Inteligência e Automação (RIC):** No coração da arquitetura Open RAN está o Controlador Inteligente de RAN (RIC – RAN Intelligent Controller), o "cérebro" da rede. O RIC é uma plataforma de software que permite a otimização, o controle e a automação da RAN em tempo real e não real. Ele habilita um ecossistema de aplicações de terceiros (conhecidas como xApps e rApps) que podem ser implantadas para executar funções avançadas, como gerenciamento de tráfego, otimização de Qualidade de Serviço (QoS) e eficiência energética. Ao alavancar Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (ML), o RIC transforma a gestão da rede de um processo reativo para um modelo proativo e preditivo, garantindo o máximo de desempenho e eficiência [4].

A Figura 1 mostra a arquitetura simplificada de uma rede Open RAN, evidenciando como cada princípio se relaciona com cada parte da arquitetura.

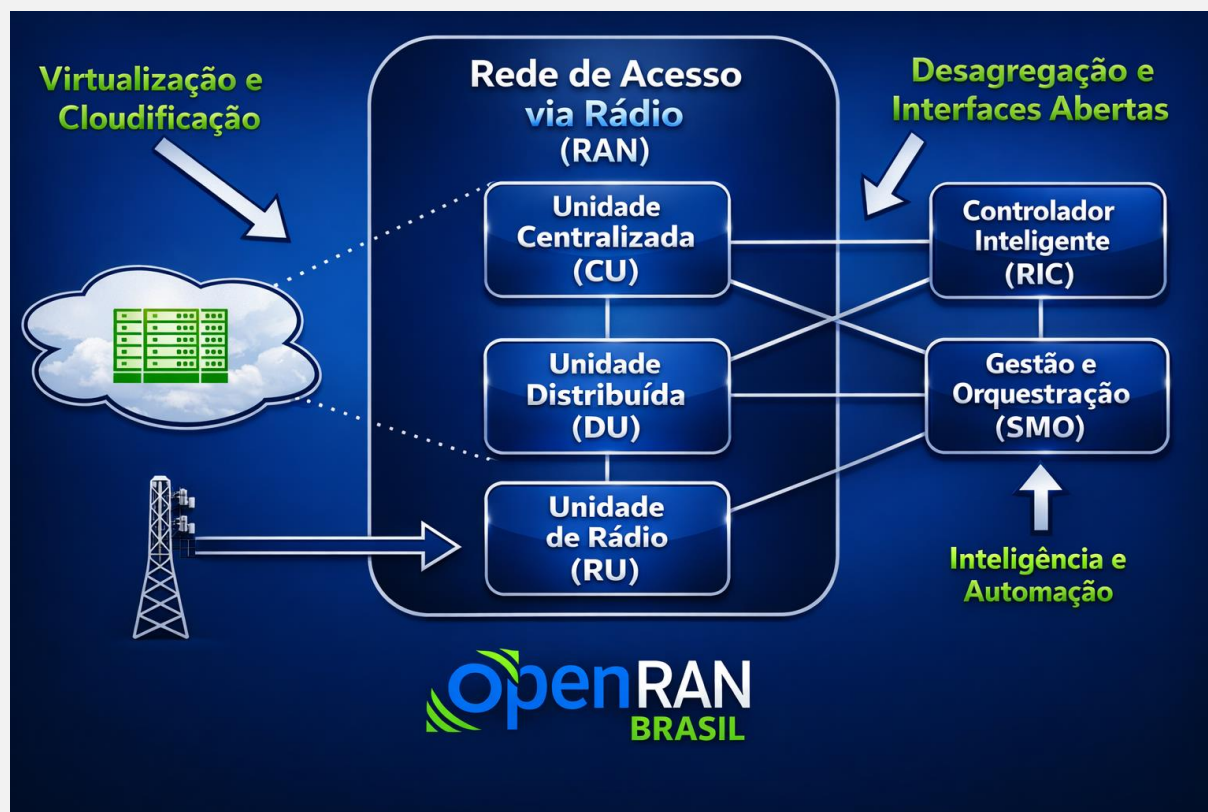


Figura 1. Arquitetura simplificada e Princípios Open RAN

Foi em resposta a essa transformação global que o Brasil formulou uma estratégia nacional para adotar essa tecnologia, além de liderar e contribuir com o futuro das redes abertas.

Programa OpenRAN@Brasil

Estratégia Nacional para Soberania Tecnológica

O programa OpenRAN@Brasil [5] emerge como uma resposta estratégica direta às tendências globais de desagregação e inteligência em redes de telecomunicações. O programa se posiciona como uma iniciativa nacional visionária, articulada para promover a soberania tecnológica, fomentar a colaboração academia-indústria e catalisar um ecossistema de inovação capaz de gerar valor para o país.

Lançado oficialmente em dezembro de 2021, o programa está sob a responsabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e visa acelerar o desenvolvimento do ecossistema de redes abertas a partir de pesquisa, inovação e capacitação em tecnologias e aplicações, em 5G e além.

A governança do programa é baseada em uma colaboração estratégica entre atores-chave, cada um com papéis bem definidos:

- **RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa):** Atua como articuladora central do ecossistema. É responsável pela gestão do programa, pela coordenação das parcerias e pela conexão entre os diversos participantes, incluindo universidades, centros de pesquisa, *startups* e a indústria.
- **CPQD (Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações):** Funciona como um dos principais pilares técnicos da iniciativa. O CPQD foi responsável por hospedar parte da infraestrutura do *testbed* do programa, liderando esforços iniciais de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que formaram a base tecnológica da plataforma.
- **Governo e Reguladores:** O MCTI, como líder da iniciativa, define as diretrizes estratégicas e garante o alinhamento com as políticas nacionais. Em paralelo, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) atua de forma sinérgica através de seu Grupo de Trabalho (GT OpenRAN) [6], criado para acompanhar a evolução da tecnologia e propor ações regulatórias que facilitem sua adoção, garantindo que o desenvolvimento tecnológico caminhe lado a lado com um arcabouço regulatório moderno.

Essa visão de colaboração e soberania foi colocada em prática por meio de uma abordagem deliberada e multifásica, projetada para construir capacidades de forma incremental e escalar o impacto ao longo do tempo.

A Jornada em Fases

Evolução estratégica do Programa

A estrutura do programa OpenRAN@Brasil foi estrategicamente dividida em fases para mitigar os riscos inerentes à inovação de fronteira, construir capacidades de forma sequencial e escalar seu impacto de maneira sustentável [7,8,9]. Essa abordagem progressiva permitiu que o programa amadurecesse, passando da prova de conceito para o desenvolvimento de hardware e, finalmente, para a disseminação nacional. A Figura 2 mostra a evolução pelo formato de fases do programa.

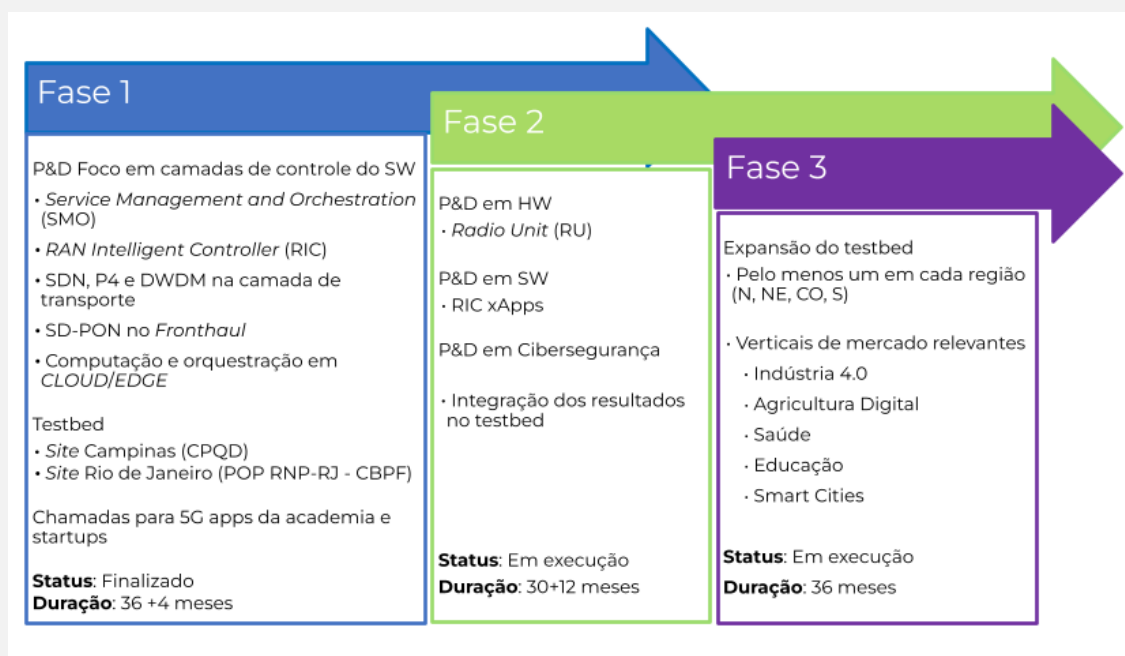


Figura 2. As três fases do Programa OpenRAN@Brasil

Adicionalmente, a Tabela 1 resume os atributos-chave de cada fase da jornada.

Tabela 1. Detalhes sobre as fases do Programa OpenRAN@Brasil

Fase	Foco Estratégico	Principais Entregas e Orçamento
Fase 1	Software & Orquestração (RIC/SMO)	Estabelecimento do <i>testbed</i> inicial (CPQD-SP/RNP-RJ). Período: Dez/2021 – Mar/2025. [7]
Fase 2	Hardware (O-RU) & Cibersegurança	Desenvolvimento de um protótipo nacional da Unidade de Rádio 5G (O-RU). Período: Até Fevereiro/2026. Em andamento.
Fase 3	Expansão Nacional & Aplicações	Expansão do <i>testbed</i> para as 5 regiões do Brasil e fomento a casos de uso verticais. Período: Até Março/2028. [9]

Fase 1: Construindo a Fundação – *Testbeds*, Software e Orquestração

A Fase 1 (dezembro de 2021 a novembro de 2024) foi o alicerce crítico do programa, focada na softwarização de componentes e na desagregação de sistemas proprietários através da criação de um *Testbed* Multidomínio único no país. O objetivo central foi estabelecer um "playground" de recursos experimentais que permitisse a pesquisa e o desenvolvimento de software para o controle e gerenciamento de infraestruturas de rede abertas e programáveis.

A principal entrega técnica desta fase foi a implantação e validação do *testbed* nos sites CPQD (Campinas) e PoP-RJ (Ponto de presença da RNP no Rio de Janeiro), integrando múltiplos domínios tecnológicos que tradicionalmente operavam em silos:

- **Domínio RAN e RIC:** Implementação da pilha comercial 5G (Core, CU e DU) e integração com o controlador inteligente RIC da ONF SD-RAN (*Open Network Foundation Software Defined Radio Access Network*), permitindo a coleta de métricas e ações de controle via interface E2.
- **Domínio de Pacotes (P4):** Integração de *switches* programáveis Tofino (Stratum) e SD-Fabric, possibilitando a criação de topologias virtuais e manipulação dinâmica do plano de dados.
- **Domínio Óptico (FTTx e DWDM):** Softwarização do acesso via VOLTHA/CBAC e otimização do transporte através do projeto ODTN, utilizando transponders abertos (Cassini) gerenciados via NETCONF.
- **Controlador Multidomínio ONOS:** O marco técnico definitivo foi a customização do ONOS Classic para atuar como o orquestrador central, unificando o controle das camadas de rádio, pacotes e óptica em uma interface única e programável.

Essa estrutura programática culminou na construção de uma infraestrutura física de referência, o *Testbed* integrado OpenRAN@Brasil, que materializa a visão do programa.

Além da infraestrutura física, a Fase 1 garantiu a conformidade regulatória junto à Anatel, obtendo o licenciamento de espectro em 3.7 GHz para fins científicos e permitindo a execução de experimentos reais em ambiente controlado.

Fase 2: Vencendo o Desafio do Hardware e da Cibersegurança – O-RU Nacional, xApps e rApps

A Fase 2 representa um marco fundamental no avanço da soberania tecnológica brasileira ao consolidar a capacidade nacional de projetar, desenvolver e integrar uma Unidade de Rádio (O-RU) 5G completa, abrangendo desde o hardware até o software de baixo e alto nível. Esta etapa abordou diretamente um dos maiores gargalos das redes de acesso: a dependência de hardware proprietário importado, que representa o elemento mais oneroso da arquitetura.

Os avanços desta fase estruturaram-se em três frentes principais:

- **Desenvolvimento de Hardware Nacional (O-RU):** O protótipo desenvolvido simboliza a construção de um conhecimento estratégico raro, permitindo ao país dominar etapas críticas como o design de *front-end* (circuito de RF), o desenvolvimento da placa de processamento em banda base, o controle de temporização e as interfaces *fronthaul*. Esse domínio técnico permite compreender, modificar e evoluir cada bloco funcional da cadeia de rádio.
- **P&D em Software e Inteligência (RIC):** Paralelamente ao hardware, a fase focou no desenvolvimento de aplicações inteligentes (xApps e rApps) para o Controlador Inteligente de RAN (RIC). Esforços de integração permitiram superar barreiras de interoperabilidade entre a pilha comercial e soluções abertas, utilizando protocolos como o E2AP para coleta de métricas e automação da rede.
- **Cibersegurança e Resiliência:** Foi estabelecido um foco rigoroso na proteção da infraestrutura, com pesquisas voltadas para a avaliação de incidentes de segurança em orquestradores, controladores SDN e APIs, analisando o impacto em funções virtuais e fatias de rede.

A consolidação de uma base de dados robusta, fruto de centenas de testes, medições e ciclos de integração iterativos, fortaleceu a inteligência coletiva do ecossistema e reduziu a dependência de fornecedores estrangeiros. Esse acúmulo de conhecimento, viabilizado pela colaboração estratégica entre RNP, CPQD, Inatel e Eldorado, estabeleceu o arcabouço técnico necessário para sustentar futuras gerações de tecnologias abertas e programáveis no Brasil.

Fase 3: Escalando para o Impacto – Expansão Nacional e Aplicações

A Fase 3 (com previsão de conclusão em março de 2028) marca a transição definitiva do programa de um esforço de P&D concentrado para uma iniciativa de impacto nacional. O objetivo central desta etapa é a descentralização da inovação e a validação tecnológica da arquitetura Open RAN em cenários diversificados e reais por todo o país.

As diretrizes estratégicas desta fase estruturam-se em quatro pilares principais:

- **Expansão Geográfica com Ilhas de Experimentação:** Implantação de laboratórios de teste distribuídos por todas as cinco macrorregiões do Brasil (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Essas "ilhas" funcionam como polos regionais dedicados a demonstrar a aplicabilidade da tecnologia e acelerar a sua adoção em escala nacional.
- **Interconexão Distribuída e Performance:** Exploração da interconexão de longa distância entre as novas ilhas através do Backbone óptico da RNP. Esse esforço baseia-se no sucesso técnico obtido na interconexão entre Campinas e Rio de Janeiro, que provou ser possível manter um desempenho de 1 Gbps em redes geograficamente desagregadas.

- **Fomento a Verticais Estratégicas e Redes Privativas:** Validação da programabilidade e flexibilidade da rede em setores críticos para a economia brasileira, como a Indústria 4.0, o Agro 4.0, saúde e logística. O foco reside na utilização de funcionalidades do 5G Open RAN como fatiamento de rede (*network slicing*) e aplicações inteligentes para atender às necessidades de alta personalização e baixa latência.
- **Consolidação do Ecossistema de Inovação Aberta:** Ampliação do suporte a *startups* e grupos de pesquisa através de novos aportes financeiros, capacitação técnica e acesso total à infraestrutura do *testbed*. O objetivo final é abrir a plataforma para experimentação por usuários finais, consolidando o programa como o catalisador da transformação do setor de telecomunicações no Brasil.

Com a viabilidade técnica e a soberania em hardware já fundamentadas nas etapas anteriores, a Fase 3 foca a transformação do mercado, reduzindo o risco percebido pelas operadoras e posicionando a indústria nacional como fornecedora de soluções de alto valor agregado para o mercado global.

Testbed OpenRAN@Brasil

Estrutura e organização das camadas

O *testbed* OpenRAN@Brasil é a materialização física da filosofia Open RAN no país, sendo uma plataforma de inovação projetada sobre princípios de abertura, interoperabilidade e programabilidade. Sua arquitetura adere estritamente às especificações da O-RAN Alliance [10], com a utilização de hardware *white-box* de múltiplos fornecedores e uma pilha de software majoritariamente de código aberto, criando um ambiente ideal para pesquisa, desenvolvimento e validação de novas tecnologias.

A arquitetura central do *testbed* implementa a divisão funcional da O-RAN, que desagrega a estação-base tradicional em três componentes lógicos principais, e é ilustrada pela Figura 3:

- **O-RU (O-RAN Radio Unit):** A Unidade de Rádio, responsável por converter sinais digitais em ondas de rádio para transmissão e vice-versa.
- **O-DU (O-RAN Distributed Unit):** A Unidade Distribuída, que executa as funções de processamento de banda base mais sensíveis à latência.
- **O-CU (O-RAN Centralized Unit):** A Unidade Centralizada, que lida com os protocolos de nível mais alto e funções que não exigem processamento em tempo real.

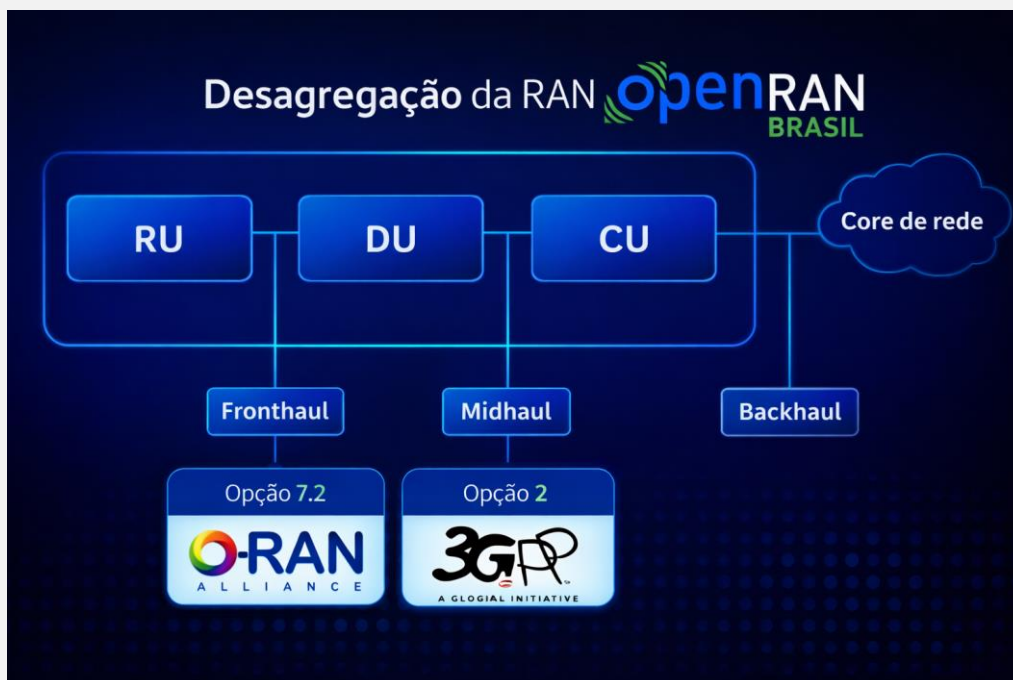


Figura 3. Divisão funcional da RAN e interfaces entre os elementos desagregados

Além disso, uma das características mais poderosas do *testbed* é sua natureza multidomínio, integrando tecnologias que tradicionalmente operam em silos. A Figura 4 mostra os domínios que a plataforma unifica, que são:

- **Domínio RAN (Rádio):** Onde os componentes O-RAN (O-RU, O-DU, O-CU) e o RIC operam.
- **Domínio de Pacotes (P4 e SD-Fabric):** Utiliza *switches* programáveis para criar uma malha de rede flexível e de alto desempenho.
- **Domínio Óptico (FTTx e DWDM):** Integra redes de acesso por fibra (PON) e redes de transporte óptico de longa distância.
- **Domínio de Cloud e Orquestração:** Fornece a infraestrutura de nuvem (baseada em Kubernetes) e as ferramentas de orquestração para gerenciar todos os recursos de forma automatizada.

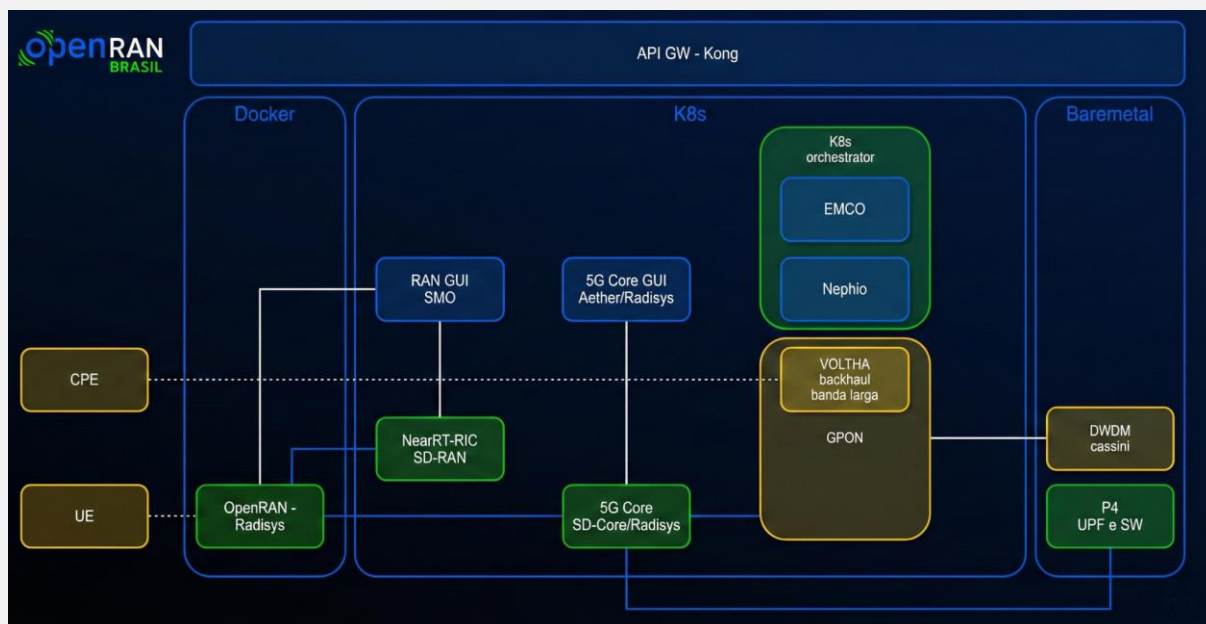


Figura 4. Domínios tecnológicos no testbed do Programa OpenRAN@Brasil

O elemento que unifica essa diversidade tecnológica é o controlador **ONOS (Open Network Operating System)** [11]. A inovação central do projeto reside na sua customização para atuar como um *controlador multidomínio*, quebrando os silos tecnológicos tradicionais. Essa capacidade permite gerenciar, a partir de um único ponto de controle, a criação de serviços de ponta a ponta que atravessam as camadas de rádio (RAN), de pacotes (P4) e óptica (DWDM/FTTx), materializando uma visão de rede verdadeiramente integrada e programável.

Um Motor Colaborativo

Fomentando o Ecossistema Nacional de Inovação

O sucesso do programa OpenRAN@Brasil não é medido apenas por sua excelência tecnológica, mas também por sua capacidade de cultivar um ecossistema de inovação vibrante e colaborativo. O engajamento estratégico com a academia e *startups* é um pilar fundamental para garantir a sustentabilidade de longo prazo e o impacto socioeconômico da iniciativa.

O Motor Acadêmico: Potencializando a P&D de Próxima Geração

O programa estabeleceu um modelo de engajamento dinâmico com a comunidade de pesquisa brasileira, utilizando chamadas públicas para a formação de Grupos de Trabalho (GTs). Esse mecanismo convida pesquisadores de todo o país a proporem projetos inovadores que alavanquem e expandam as capacidades do *testbed*, posicionando o Brasil na fronteira do conhecimento em redes abertas [12].

Os projetos realizados pelos GTs demonstraram a amplitude e a profundidade da pesquisa fomentada:

- **Plateau (UNISINOS):** Propõe uma plataforma de orquestração de fatiamento de rede (*network slicing*) como serviço, realizando experimentos que abrangem desde o núcleo 5G até a segmentação completa (*Fronthaul*, *Midhaul* e *Backhaul*) utilizando controladores RIC.
- **ORAN-QOS (UnB):** Foca o desenvolvimento de um xApp para implementar estratégias inovadoras de *handover*, utilizando simulação (ns-3) e aprendizado de máquina para validação em *testbeds* experimentais.
- **OIRAN (UFPE/UFPA):** Desenvolve um orquestrador inteligente focado na otimização multiobjetivo para garantir alta disponibilidade e baixo consumo de energia, utilizando modelos de predição de falhas e alocação eficiente de funções de serviço.
- **IQoS (UFPA):** Criação de solução inteligente para gerenciamento de QoS e *slicing*, direcionando usuários para fatias de rede compatíveis e otimizando parâmetros dinamicamente para evitar sobrecargas ou desperdício de recursos.
- **FAIR 5G (UFPB):** Ferramenta para avaliação de incidentes de segurança voltada a testar vulnerabilidades na orquestração, controladores SDN e APIs, analisando impactos em funções virtuais (VNFs) e fatias de rede.
- **AGIR (UFF):** Utiliza processamento de linguagem natural para traduzir intenções de alto nível em configurações de rede, com capacidade automatizada de detecção e mitigação de conflitos entre políticas operacionais.

Esse modelo produz pesquisa de ponta, reconhecida em fóruns acadêmicos de prestígio, e, principalmente, forma a próxima geração de engenheiros e pesquisadores brasileiros com habilidades práticas nas tecnologias que definirão o futuro das telecomunicações.

O Catalisador de Startups: Do *Testbed* ao Mercado

Para traduzir o potencial tecnológico em inovação de mercado, o programa possui um braço dedicado a apoiar o ecossistema de *startups*. Através de chamadas públicas específicas, oferece um pacote de suporte que inclui aportes financeiros (até R\$ 100 mil por projeto), capacitação técnica e acesso à infraestrutura do *testbed*, incluindo terminais como smartphones 5G e óculos de realidade aumentada [13].

As *startups* selecionadas ilustram a vasta aplicabilidade da tecnologia em setores estratégicos para a economia brasileira, validando o potencial da plataforma para resolver problemas reais, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Startups e suas aplicações no Programa OpenRAN@Brasil

Startup	Setor de Atuação	Aplicação Inovadora
Acta Robotics	Indústria 4.0	Adaptação do robô móvel autônomo "Kappabot" para redes 5G, visando ampliar a eficácia operacional e permitir comunicações em tempo real para logística industrial.
Anlix	Telecomunicações	Desenvolvimento de aplicações para o controlador RIC que colem dados de roteadores 5G para o sistema "Flashboard", permitindo que ISPs monitorem a qualidade do sinal e reduzam o cancelamento de planos.

Cromai	Agritech	Validação da conectividade 5G para o "Cromai Sentinel", dispositivo de IA que analisa impurezas vegetais em cana-de-açúcar, acelerando o treinamento de modelos e a análise de dados no campo.
Pix Force	Indústria 4.0	Aprimoramento da plataforma "Pix Safety", que usa IA para monitorar a segurança do trabalho, integrando-a à rede Open RAN para garantir comunicação 5G eficiente.
Quickium	Indústria 4.0	Evolução da solução de visão computacional "Quickium Eye", utilizando o fatiamento de rede (<i>network slicing</i>) 5G para otimizar a conectividade de câmeras de segurança.
Ring-0 Networks	Cibersegurança	Integração do "ring-0 Firewall" a <i>switches</i> programáveis do <i>testbed</i> para validar serviços de navegação segura e realizar benchmarks de desempenho com inspeção de tráfego em tempo real.

Ao conectar essas empresas a eventos de grande visibilidade, como o Futurecom, o programa atua como uma ponte para o mercado, oferecendo uma plataforma para que demonstrem suas soluções a potenciais clientes e investidores.

Para justificar esse investimento em colaboração e tecnologia, é interessante demonstrar resultados de desempenho tangíveis e mensuráveis.

Teste de Interconexão Distribuída

Marco do Testbed OpenRAN@Brasil

Uma iniciativa de P&D que propõe uma mudança de paradigma deve ser validada por resultados concretos. O marco mais significativo do programa OpenRAN@Brasil até o momento foi um teste de interconexão distribuída, projetado como um "ponto de prova" crítico para responder a uma questão fundamental do mercado: uma rede Open RAN geograficamente desagregada pode ter um desempenho tão bom quanto os sistemas tradicionais e colocalizados?

O teste estabeleceu um cenário desafiador, mas realista, que reflete um modelo de implantação plausível para um país de dimensões continentais como o Brasil, que considerou:

- **Localização dos Componentes:** A Unidade Distribuída (O-DU) foi instalada na infraestrutura do CPQD em Campinas-SP, enquanto a Unidade Centralizada (O-CU) foi alocada na infraestrutura da RNP no Rio de Janeiro-RJ.
- **Distância e Meio de Conexão:** Os componentes foram interconectados por um *link* de rede óptica com uma distância de aproximadamente 600 km.

Sob essas condições, o sistema alcançou métricas de desempenho notáveis que validaram a robustez da arquitetura:

1. **Taxa de Transferência (*Throughput*):** Atingiu aproximadamente **1 Gbps**.
2. **Latência de Ponta a Ponta:** Medida em **18 milissegundos**.
3. **Variação da Latência (*Jitter*):** Mantido abaixo de **5 milissegundos**.

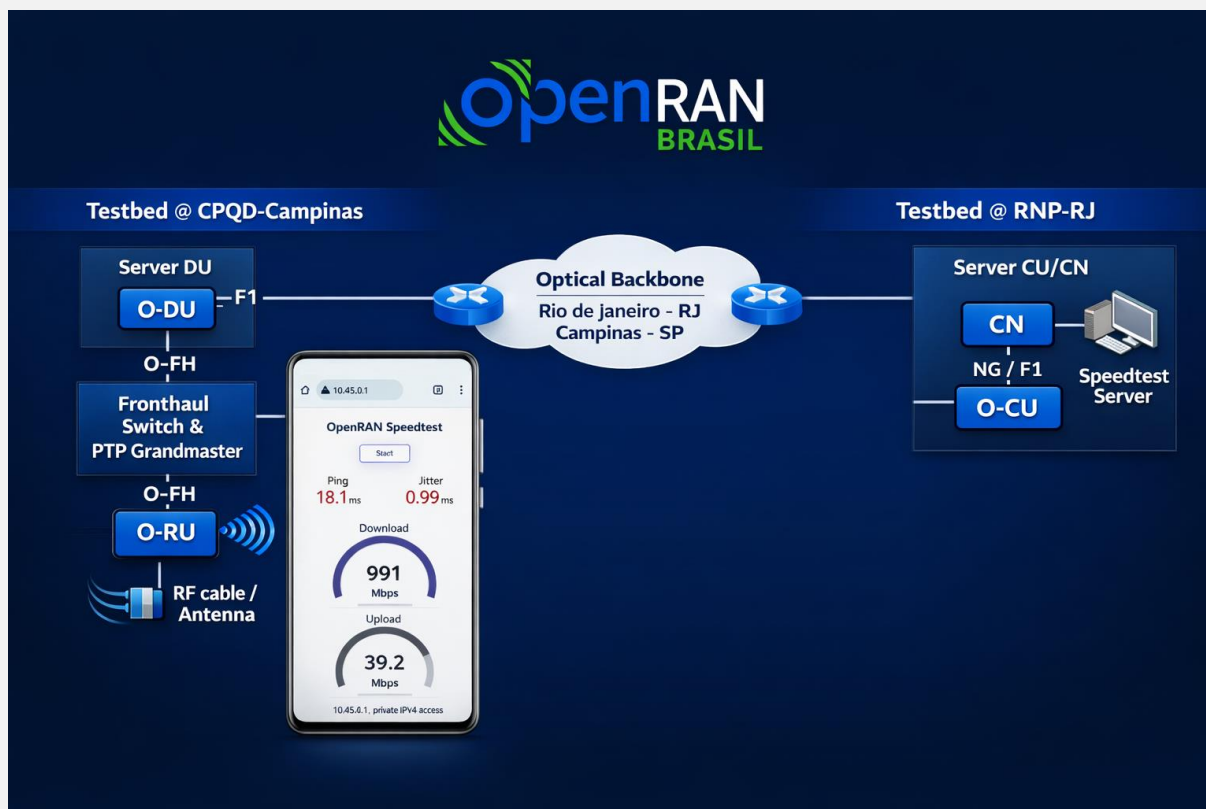


Figura 5. Diagrama mostrando a topologia do teste desagregado Open RAN utilizando os testbeds interconectados

A conclusão mais impactante do teste foi que a taxa de transferência de 1 Gbps era comparável aos resultados obtidos em testes nos quais todos os componentes estavam na mesma localização. Isso demonstrou de forma conclusiva que a desagregação geográfica e a latência inerente ao *link* de longa distância não degradaram significativamente o desempenho da rede [14][15].

Esses resultados fornecem uma validação empírica do potencial da arquitetura 5G Open RAN desagregada. Do ponto de vista de mercado, esses resultados também ajudam a mitigar o risco percebido, abordando diretamente o ceticismo sobre a paridade de desempenho e construindo um caso de negócios mais forte para que as operadoras brasileiras considerem o Open RAN em seus planos de expansão.

Com a viabilidade técnica comprovada, o programa agora se volta para os desafios e oportunidades futuras, como, por exemplo, explorar a interconexão entre as ilhas da Fase 3.

O Caminho à Frente

Da Validação Técnica à Transformação do Mercado

O programa OpenRAN@Brasil estabeleceu com sucesso os alicerces técnicos e colaborativos para uma nova era nas telecomunicações do país. Com a viabilidade da arquitetura Open RAN desagregada agora comprovada por resultados relevantes, o foco estratégico deve se deslocar para a validação técnica de Casos de Uso mostrando as vantagens da utilização do Open RAN no cenário brasileiro.

Materializando essa nova orientação, a **Fase 3** do programa inicia a implantação prática de casos de uso de Open RAN, estendendo a validação tecnológica para além dos laboratórios centrais. Ao longo dos próximos dois anos, serão ativadas ilhas de experimentação distribuídas pelas cinco macrorregiões do país, descentralizando a inovação e permitindo testes em cenários diversificados e reais. A Figura 6 ilustra a distribuição geográfica dessas ilhas, que atuarão como polos regionais para demonstrar a aplicabilidade da tecnologia e acelerar sua adoção em escala nacional.

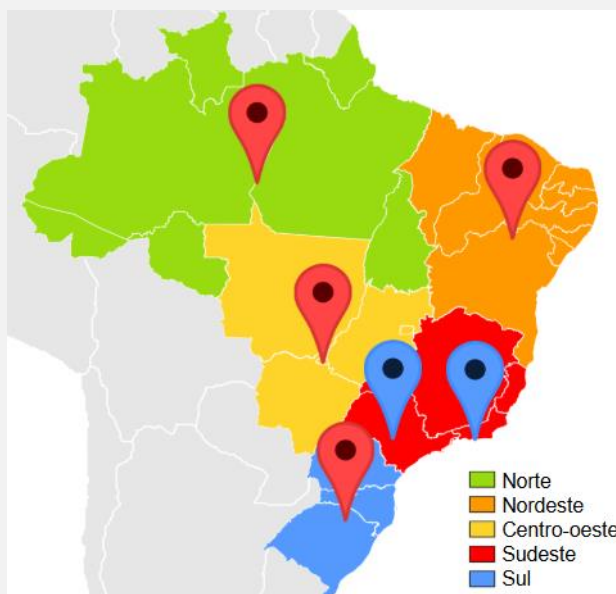


Figura 6. Representação das ilhas do OpenRAN@Brasil instaladas em cada região do Brasil

As principais oportunidades estratégicas para a disseminação e adoção do Open RAN no Brasil estão claramente delineadas:

- **Redes Privativas 5G:** Este é o principal segmento de entrada no mercado brasileiro. A natureza flexível, aberta e controlável da arquitetura atende diretamente às necessidades de setores que exigem alta personalização e controle de rede, tais como a Indústria 4.0, o Agro 4.0, saúde e logística.
- **Indústria Nacional de Hardware e Software:** O programa já catalisou esforços importantes para a indústria nacional de hardware e software, como o desenvolvimento de uma O-RU nacional e o fomento a um ecossistema de aplicações (xApps/rApps). Esta é uma oportunidade ímpar para o Brasil desenvolver e, potencialmente, exportar componentes de alto valor agregado para o mercado global.

Considerações finais

O programa OpenRAN@Brasil demonstrou uma visão estratégica clara e uma capacidade de execução exemplar, lançando as bases para a soberania tecnológica e a inovação aberta. Ao executar essas recomendações estratégicas, a iniciativa pode transcender seu sucesso como projeto de P&D para se tornar o catalisador definitivo da transformação do setor de telecomunicações, realizando sua visão de levar os benefícios da inovação para todo o Brasil.

Referências

- [1] OFCOM. **Open RAN and the link between competition and innovation**. London: Ofcom, 2022. Disponível em: <https://www.ofcom.org.uk/spectrum/radio-equipment/open-ran-competition-innovation>. Acesso em: 02 dez. 2025.
- [2] GAVRILOVSKA, L.; RAKOVIC, V.; DENKOVSKI, D. From Cloud RAN to Open RAN. **Wireless Personal Communications**, v. 113, n. 3, p. 1523–1539, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-020-07279-5>. Acesso em: 02 dez. 2025.
- [3] ANALYSYS MASON. **Open RAN could deliver up to 30% TCO savings for operators**. London: Analysys Mason, 2022. Disponível em: <https://www.analysysmason.com/research/content/perspectives/open-ran-tco-rma18-rma16/>. Acesso em: 02 dez. 2025.
- [4] RIMEDO LABS. **The O-RAN Whitepaper 2022 – RAN Intelligent Controller**. Poznan: Rimedo Labs, 2022. Disponível em: <https://rimedolabs.com/blog/the-oran-whitepaper-2022-ran-intelligent-controller/>. Acesso em: 02 dez. 2025.
- [5] PROGRAMA OPENRAN@BRASIL. **OpenRAN@Brasil**: desenvolvimento do ecossistema de redes abertas a partir de pesquisa, inovação e capacitação em tecnologias e aplicações, em 5G e além. RNP; CPQD, [2023]. Disponível em: <https://openranbrasil.org.br/>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [6] Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). **OpenRAN**. Brasília: Anatel, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/certificacao-de-produtos/openran>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [7] **FINANCIAMENTO DA INOVAÇÃO**. RNP e CPQD terão R\$ 32,4 milhões para pesquisar redes Open RAN. **Financiamento da Inovação**, 2 dez. 2021. Disponível em: <https://www.financiamentodainovacao.com.br/rnp-e-cpqd-terao-r-324-milhoes-para-pesquisar-redes-open-ran/>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [8] **OPENRAN@BRASIL | Transformando o futuro das redes móveis**. 2025. 1 vídeo (3 min). Publicado pelo canal RNP. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fLKIFdHJls>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [9] **URUPÁ, Marcos**. MCTI libera recursos para fase 3 do programa OpenRAN@Brasil. **Teletime**, 18 dez. 2024. Disponível em: <https://teletime.com.br/18/12/2024/mcti-libera-recursos-para-fase-3-do-programa-openranbrasil/>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [10] O-RAN ALLIANCE. **Who we are**. 2025. Disponível em: <https://www.o-ran.org/who-we-are>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- [11] OPEN NETWORKING FOUNDATION. **ONOS**: Open Network Operating System. Palo Alto: Open Networking Foundation. Disponível em: <https://opennetworking.org/onos/>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [12] PROGRAMA OPENRAN@BRASIL. **Conheça os Grupos de Trabalho da área acadêmica que foram selecionados para contribuir com o OpenRAN@Brasil**. [S. l.]: RNP; CPQD, 11 dez. 2023. Disponível em: <https://openranbrasil.org.br/2023/12/11/conheca-os-grupos-de-trabalho-da-area-academica-que-foram-selecionados-para-contribuir-com-o-openranbrasil/>. Acesso em: 03 dez. 2025.
- [13] TELESÍNTese. **OpenRAN@Brasil**: veja as startups selecionadas para o projeto. **Tele.Síntese**, [S. l.], 23 fev. 2024. Disponível em: <https://telesintese.com.br/openranbrasil-veja-as-startups-selecionadas-para-o-projeto/>. Acesso em: 03 dez. 2025.

[14] TELETIME. **OpenRAN@Brasil alcança 1 Gbps em testes com 5G desagregado**. [S. l.]: Teletime, 28 maio 2024. Disponível em: <https://teletime.com.br/28/05/2024/openranbrasil-alcanca-1-gbps-em-testes-com-5g-desagregado/>. Acesso em: 03 dez. 2025.

[15] MAURICIO, W. et al. Assessing Nationwide Distributed Open RAN Deployments with the OpenRAN@Brasil Testbed. **IEEE Communications Magazine**, [S. l.], v. 63, n. 2, p. 46-52, fev. 2025. DOI: 10.1109/MCOM.001.2400317. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.2400317>. Acesso em: 03 dez. 2025.



EXECUÇÃO

RNP

CPQD

ELDORADO
INSPIRAÇÃO PELO NOVO

Inatel

COORDENAÇÃO

RNP

ORGANIZAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO