



## **PROJETO OPENRAN@BRASIL – FASE 1**

### **META 2 – CONSTRUÇÃO DO TESTBED**

#### **Relatório da Atividade:**

#### **A2.3 – IMPLANTAR E VALIDAR O TESTBED**

#### **Relatório com a Descrição Completa do Testbed**

Agosto

2023

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. OBJETIVOS DO RELATÓRIO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. PLANEJAMENTO DO TESTBED.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS E ESCOLHA DOS LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
2.1.1. SITE POP-RJ (RSDC/CBPF) .....	8
2.1.2. CPQD .....	10
<b>2.2. LICENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3. DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA E TOPOLOGIA FÍSICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4. EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5. ESCOLHA DA PILHA OPEN RAN.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6. LICENCIAMENTO DO ESPECTRO 5G .....</b>	<b>23</b>
<b>3. CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>4. HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES DO DOCUMENTO CONSOLIDADO.....</b>	<b>25</b>
<b>5. EXECUÇÃO E APROVAÇÃO.....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Na última década, as infraestruturas de rede se desenvolveram seguindo uma forte tendência em direção ao software em ambiente de nuvem, o que traz enormes benefícios, assim como diversos desafios. A softwarização facilita a programabilidade dos elementos de rede assim como a virtualização dos seus recursos, permitindo a alocação dinâmica e o particionamento da rede em fatias logicamente isoladas. Por sua vez, tais características impulsionam o desenvolvimento de componentes de software, principalmente controladores e orquestradores, que permitem gerenciar o ciclo de vida dessas fatias de rede, assim como das aplicações e serviços a elas associadas, de forma totalmente programática. Essa orquestração quando realizada de forma completamente automatizada facilita enormemente a operação unificada da infraestrutura de rede, aumentando a flexibilidade, diminuindo a complexidade, reduzindo custos e evitando erros humanos. Essa softwarização foi impulsionada pelo surgimento do paradigma SDN (Software-Defined Networking).

Inicialmente, o conceito de SDN foi aplicado ao domínio de pacotes em ambiente de data center, sendo o protocolo OpenFlow a primeira interface proposta e padronizada para a programabilidade do plano de dados dos equipamentos. Recentemente, o conceito de SDN vem também sendo aplicado aos domínios óptico e sem fio nas redes de comunicações das prestadoras de serviços, permitindo a um controlador SDN orquestrar elementos da rede óptica, tais como transponders, comutadores ópticos, amplificadores e outros, além de elementos em redes sem fio (tal como é o caso das redes baseadas na arquitetura OpenRAN). Para que isso seja possível, os equipamentos devem ser programáveis, permitindo que suas configurações sejam alteradas dinamicamente através de uma determinada interface. Essa programabilidade aliada à flexibilidade das redes ópticas elásticas atuais permitem otimizar o uso de recursos tais como o espectro de frequências ópticas e rádio, aumentando a capacidade dessas redes.

O projeto tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de software para a construção de uma plataforma de código aberto para o controle e gerenciamento de infraestruturas de rede programáveis compostas por equipamentos abertos e desagregados, ou seja, construídos a partir da integração de múltiplos componentes fornecidos por diferentes fabricantes de hardware e software. Por isso, a necessidade de construção de um testbed baseado nessas tecnologias é imprescindível para o oferecimento de um playground de recursos para experimentadores e para a execução dos casos de uso previstos no projeto.

No contexto da execução do projeto, a Meta 2 define os locais físicos onde serão dispostos os equipamentos, e o desenho da topologia física completa do testbed. Além disso, nesta meta, os equipamentos que compõem o testbed serão especificados, adquiridos, instalados, configurados e testados nessas diferentes localidades. Adicionalmente, os equipamentos de diferentes locais físicos serão interconectados, formando um único testbed. As atividades previstas para esta meta estão dispostas abaixo:

- Atividade 2.1 – Planejar o Testbed
- Atividade 2.2 – Especificar e Adquirir os Equipamentos
- Atividade 2.3 - Implantar e Validar o Testbed
- Atividade 2.4 - Implantar os Sistemas de Gerenciamento do Testbed

Este relatório corresponde ao primeiro entregável do Projeto OpenRAN@Brasil desenvolvido em parceria entre a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPQD), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## 1.1. OBJETIVOS DO RELATÓRIO

O objetivo deste relatório é apresentar os resultados das atividades estipuladas na Meta 2. De acordo com o cronograma do projeto, descrito na PU (Projeto de Utilização), para este período está previsto a entrega dos resultados da Atividade 2.3 (“Descrição Completa do Testbed”) que descreve a execução das seguintes tarefas, originalmente:

“... nesta atividade, o testbed será implantado e validado em três fases. Na primeira, os equipamentos serão implantados em bancada, onde serão testados os diferentes sistemas de software embarcados disponíveis e as funcionalidades básicas dos equipamentos. Em uma segunda fase, os equipamentos serão distribuídos entre as localidades do testbed e conectados seguindo a topologia definida na Atividade 2.1. Em seguida, o testbed passará por um processo de validação seguindo um caderno de testes”

Portanto, este relatório vai fazer o resumo das atividades desenvolvidas pelos colaboradores internos e externos atuantes no projeto. Nem todos os pontos definidos no planejamento destas atividades foram desenvolvidos neste período atual de execução, porém, após a finalização deles, estes estarão presentes em outros relatórios.

## 1.2. Estrutura do Relatório

O documento é composto de três seções, que serão descritas abaixo:

- **Seção I – Introdução:** Seção introdutória cujo objetivo é contextualizar as motivações e o cenário tecnológico que foram o fio condutor para elaboração deste projeto. Este capítulo também apresenta o propósito deste material e o que é o Programa OpenRAN@Brasil.
- **Seção II – Planejamento do Testbed:** Esta seção apresenta as definições dos requisitos, licenciamento do espectro, definição da arquitetura, equipamentos adquiridos e escolha da pilha de processamento 5G.
- **Seção III – Conclusão:** Nesta seção tem-se a conclusão do relatório e recomendações futuras em relação ao projeto.

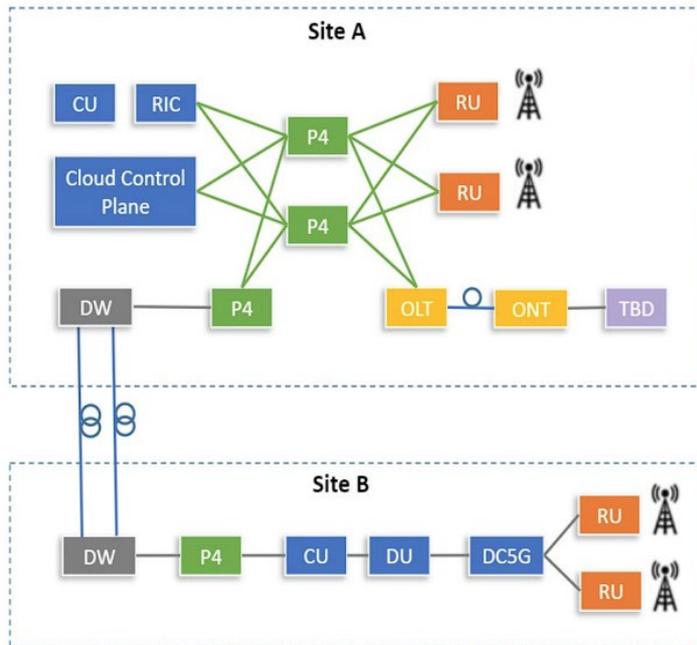
## 2. PLANEJAMENTO DO TESTBED

O planejamento do testbed é uma ação inicial dentro da criação de um ambiente de experimentação capaz de permitir a pesquisadores (academia e indústria) interno ou externos ao projeto pesquisar, desenvolver, evoluir, integrar e disseminar soluções abertas de controle de infraestruturas de redes avançadas englobando múltiplos domínios tecnológicos, tais como os domínios de pacotes (IP/Ethernet), óptico (backbone e broadband) e de acesso sem fio (rede celular 5G e além). Tais soluções envolvem o uso de equipamentos abertos, gerenciados e orquestrados por sistemas abertos desenvolvidos por comunidades, fóruns e consórcios internacionais que alavancam os novos paradigmas de softwarização, virtualização e desagregação.

Neste planejamento, as definições de arquitetura e desenho físico do testbed foram baseadas em definições e padrões estabelecidos em algumas iniciativas, comunidades e projetos colaborativos, tais como:

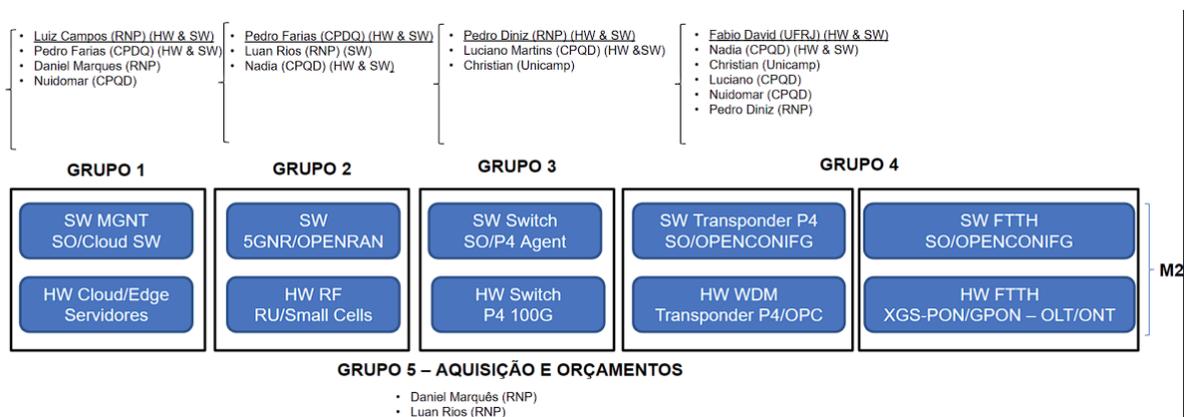
- a) **3GPP:** Third Generation Partnership Project é uma associação com mais de quatrocentos membros que reúne órgãos normativos de telecomunicações dos Estados Unidos, Europa, Japão, Coréia do Sul e China. Ele é responsável por especificar aspectos do sistema móvel por completo, incluindo os relacionados a terminais, redes de acesso de rádio, redes principais, e partes da rede de serviços. Suas especificações são estruturadas em versões (ou releases) que podem ser publicadas como normas ou recomendações formais. A fim de promover a desagregação da RAN, em seu release 15, o 3GPP especificou a divisão da estação rádio base (eNB para 4G e gNB para 5G) em três diferentes unidades funcionais: unidade central (CU); unidade distribuída (DU) e unidade de rádio (RU). Isso permite que as funcionalidades possam ser implantadas em diferentes locais da rede (cloud, edge ou local site) e plataformas de hardware [3GPP, 2022];
- b) **O-RAN Alliance:** Criada em 2018, a O-RAN Alliance é um consórcio formado por mais de vinte empresas e instituições acadêmicas de diversos países. Essa iniciativa tem como objetivo remodelar a indústria ligada à RAN, de modo a serem integrados mais fortemente conceitos como interoperabilidade, inteligência e virtualização. Suas especificações complementam os padrões definidos pelo 3GPP, abrangendo desde a desagregação e automação, até a virtualização de RAN e com isso visam obter um mercado mais competitivo, com um grande e emergente número de atores. Quanto à estrutura operacional, ela é dividida em workgroups. Detalhes como novas interfaces e nós são tratados pelo Workgroup 2, por exemplo;
- c) **TIP:** Telecom Infra Project é um grupo com cunho mais mercadológico formado em 2016 pela associação de grandes empresas de diversas áreas de telecomunicações, como grandes operadores de rede e telefonia, fabricantes de hardware, fornecedores, instituições de pesquisa e universidades. Seu objetivo é desenvolver e implantar soluções na área de telecomunicações. Seus projetos são sempre voltados para tecnologias abertas e desagregadas, propondo padrões que facilitem integração e conectividade. O TIP também se divide internamente em grupos específicos para cada projeto da área de telecomunicações;
- d) **ONF:** A Open Networking Foundation é um consórcio sem fins lucrativos, liderado por operadoras, com a missão de direcionar a transformação da infraestrutura de rede e dos modelos de negócios das operadoras. Ela é composta por membros de diversas áreas, como as principais operadoras de rede e telefonia, grandes empresas desenvolvedoras de software, fornecedores e fabricantes de hardware, universidades e institutos de pesquisa, além de contar com colaboração da comunidade acadêmica em geral [ONF 2022];
- e) **Cloud Native Computing Foundation:** A Cloud Native Computing Foundation é um projeto da Linux Foundation fundado em 2015 que tem como objetivo construir ecossistemas sustentáveis para software cloud native. Tais tecnologias capacitam as organizações a criar e executar aplicativos escaláveis em ambientes modernos e dinâmicos, como nuvens públicas, privadas e híbridas. Containers, malhas de serviço, micro-serviços, infraestrutura imutável e Application Programming Interface (APIs) declarativas exemplificam essa abordagem. A CNCF procura impulsionar a adoção desse paradigma, promovendo e sustentando um ecossistema de projetos de código aberto e neutros para fornecedores, de forma a democratizar padrões de última geração para tornar essas inovações acessíveis a todos [CNCF-Who, 2022];
- f) **Kubernetes:** Kubernetes, também conhecido como K8s, é um software de código aberto atualmente mantido pela Linux Foundation para automatizar a implantação, o dimensionamento, o gerenciamento e o ciclo de vida de aplicativos containerizados em infraestrutura de nuvem, seja em uma nuvem privada, híbrida ou pública [Kubernetes, 2022];

Inicialmente, durante a fase de submissão do projeto, foi feita uma primeira tentativa de desenho do testbed, a qual foi utilizada como subsídio para a definição dos requisitos que deveriam estar inclusos no planejamento inicial do testbed do projeto. A Figura 1 mostra a versão “ilustrativa” do testbed idealizado:



**Figura 1. Versão inicial do testbed OpenRAN@Brasil.**

A ideia inicial por trás da Figura 1 era ter vários domínios controláveis ou programáveis (óptica, pacote, cloud e FFTx) para suporte à tecnologia celular 5G baseado em OpenRAN. Portanto, o plano de ação para fazer o planejamento foi criar 4 grupos temáticos baseados nos domínios de atuação existentes no testbed (Cloud, RAN/RF, Pacote e Óptico), onde cada grupo possuía uma 8 / 19 equipe heterogênea de membros da RNP, CPQD e Academia. A Figura 2 ilustra as divisões dos grupos temáticos e seus respectivos membros.



**Figura 2. Divisão dos grupos temáticos e composição de seus membros**

Abaixo, segue a lista de atividades desempenhadas por cada membro engajado na meta 2:

- 1) Nome: **Pedro Farias** (CPQD), substituído por **Rodolfo Costa** (CPQD)  
Carga Horária: 2 horas/dias  
Atividades:
  - a) Participação nas reuniões
  - b) Liderança do grupo temático RF/RAN
  - c) Participação do grupo temático RF/RAN e Cloud
  - d) Definição das especificações de hardware para este grup
  
- 2) Nome: **Luciano Martins** (CPQD).  
Carga Horária: 1 horas/dias  
Atividades:
  - a) Participação nas reuniões
  - b) Participação do grupo temático pacotes e óptica
  - c) Definição das especificações de hardware para este grupo
  
- 3) Nome: **Luiz Foly** (RNP)  
Carga Horária: 4 horas/dias  
Atividades:
  - a) Participação nas reuniões
  - b) Liderança do grupo temático Cloud
  - c) Participação do grupo temático de Cloud, RF/RAN e Pacotes
  - d) Definição das especificações de hardware para este grupo.
  - e) Articular com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamentos
  
- 4) Nome: **Luan Rios** (RNP)  
Carga Horária: 2 horas/dias  
Atividades:
  - a) Participação nas reuniões
  - b) Participação do grupo temático de Cloud e Aquisição e Orçamento
  - c) Definição das especificações de hardware para este grupo.
  - d) Articular com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamentos
  
- 5) Nome: **Pedro Diniz** (RNP/UFRJ)  
Carga Horária: 2 horas/dias  
Atividades:
  - a) Participação nas reuniões
  - b) Liderança do grupo temático Pacotes
  - c) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.
  - d) Definição das especificações de hardware para este grupo
  
- 6) Nome: **Fabio David** (RNP/UFRJ)  
Carga Horária: 2 horas/dias  
Atividades:
  - a) Participação nas reuniões
  - b) Liderança do grupo temático Óptica
  - c) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.
  - d) Definição das especificações de hardware para este grupo.

- 7) Nome: **Christian Rothenberg** (RNP/UNICAMP)  
Carga Horaria: 1 horas/dias  
Atividades:  
a) Participação nas reuniões  
b) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.  
c) Definição das especificações de hardware para este grupo.
- 8) Nome: **Ariel Goes** (RNP/UNICAMP)  
Carga Horaria: 1 horas/dias  
Atividades:  
a) Participação nas reuniões  
b) Participação do grupo temático de Pacotes e Óptica.  
c) Definição das especificações de hardware para este grupo.
- 9) Nome: **Fernando Farias** (RNP)  
Carga Horária: 4 horas/dias  
Atividades:  
a) Liderança da Meta 2  
b) Participação do comitê técnico  
c) Participação nas reuniões das outras Metas (2, 3, 4)  
d) Liderança dos grupos temáticos da Meta 2  
e) Liderança nas definições de especificações de hardware  
f) Articulação com o pessoal de compras para viabilizar a compra de equipamento.

## **2.1. DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS E ESCOLHA DOS LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO**

Nesta seção são definidos os requisitos para os locais físicos onde serão instalados os equipamentos do testbed, tais como: espaço em rack necessário, disponibilidade de fornecimento de energia elétrica, disponibilidade de fibras apagadas, refrigeração, facilidade de instalação de redes sem fio de pequena e larga cobertura e equipe de operação e manutenção. Para o projeto OpenRAN@Brasil é esperada a criação de 02 sites, onde um será administrado pela RNP e outro pelo CPqD.

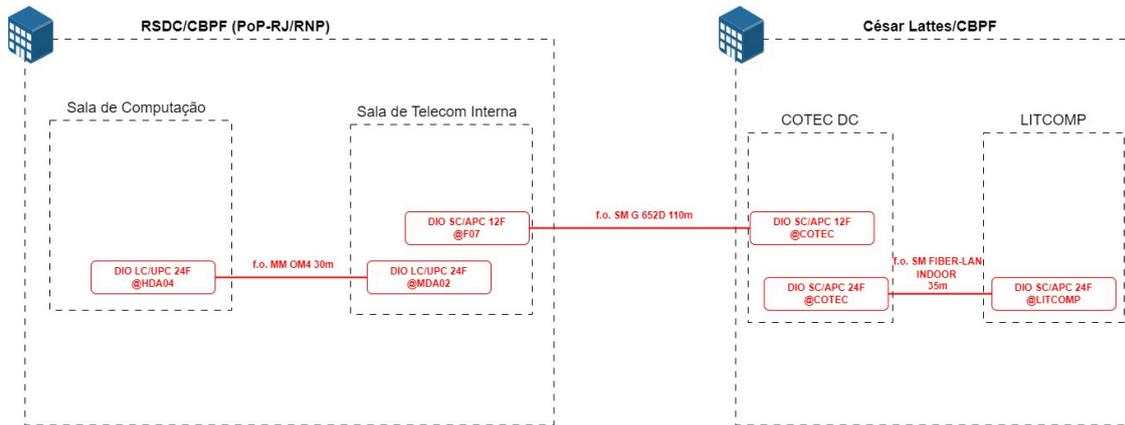
### **2.1.1. SITE POP-RJ (RSDC/CBPF)**

Na RNP, os critérios considerados para a seleção do local de implantação do testbed foram fundamentados em duas necessidades principais. A primeira delas é a proximidade dos data centers em relação às filiais da RNP, como Campinas, Rio de Janeiro e Brasília. Além disso, também foi dada ênfase à proximidade com as equipes envolvidas no projeto.

Outro fator determinante foi a proximidade com o testbed Multicamada, uma vez que ele oferece uma infraestrutura básica para o projeto, que será posteriormente ampliada para integrar o testbed OpenRAN. Dessa forma, a aquisição de novos equipamentos será suficiente para essa expansão. Além disso, a localização dos PoPs (Points of Presence) também foi considerada, juntamente com critérios secundários como disponibilidade de espaço para acomodar os demais equipamentos, capacidade energética e lógica.

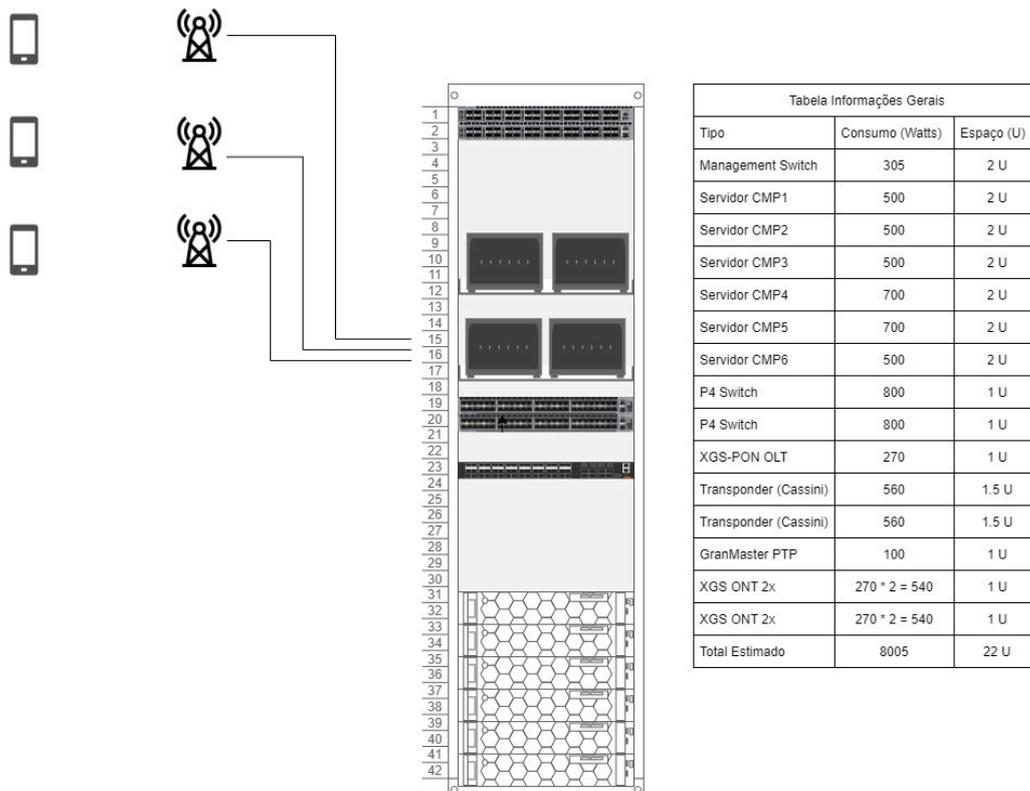
Assim, com base nestes requisitos, foi decidido que o site do PoP - RJ (RSDC/CBPF) seria o local ideal para a implementação do testbed do projeto OpenRAN@Brasil. Contudo, devido a problemas técnicos relacionados aos equipamentos do datacenter e às antenas 5G OpenRAN indoor, como interferência e emissão de espectro de radiofrequência, não será possível posicionar essas antenas nos

racks designados para acomodar os demais componentes do testbed, então, elas foram redirecionadas para prédio do LITCOMP/CBPF, o que necessitou a contratação de empresa especializada para passagem de fibra entre os dois prédios, conforme ilustrado na Figura 3.



**Figura 3. Plano de Implantação PoP-RJ**

Na Figura 4, apresenta-se a representação visual do rack que aloja os componentes integrantes do testbed OpenRAN@Brasil no site da RNP. Na ilustração, é possível observar os servidores de nuvem, os switches P4, as OLTs PON, os transponders ópticos, o Granmaster PTP e as antenas 5G baseadas na tecnologia OpenRAN. Além disso, na mesma figura, é fornecida uma estimativa das "Us" (Unidades de Rack) necessárias para acomodar a instalação desses equipamentos no rack.



**Figura 4. Visão do Rack do Testbed OpenRAN@Brasil – Site RNP**

### 2.1.2. CPQD

Em relação ao CPQD, os requisitos de implantação foram idênticos aos empregados pela RNP. Recentemente, o CPQD concluiu a construção de um novo laboratório, situado no edifício 13, destinado à implementação de projetos relacionados à conectividade sem fio (Laboratório Open Connect Application - OCA). Este laboratório dispõe de uma infraestrutura de data center com sistema de ar-condicionado, isolamento acústico e fonte de alimentação ininterrupta (), que será destinada à instalação do rack do projeto Open RAN.

O CPQD disponibilizou a visão de rack, ilustrado na Figura 7, nele estão apresentando os detalhes da disposição de seus equipamentos no testbed, além, das informações de espaço utilizado pelos equipamentos medido em Us, porém ficou faltando as informações sobre o consumo de energia.

Na última década, as infraestruturas de rede se desenvolveram seguindo uma forte tendência em direção ao software em ambiente de nuvem, o que traz enormes benefícios, assim como diversos desafios. A softwarização facilita a programabilidade dos elementos de rede assim como a virtualização dos seus recursos, permitindo a alocação dinâmica e o particionamento da rede em fatias logicamente isoladas. Por sua vez, tais características impulsionam o desenvolvimento de componentes de software, principalmente controladores e orquestradores, que permitem gerenciar o ciclo de vida dessas fatias de rede, assim como das aplicações e serviços a elas associadas, de forma totalmente programática. Essa orquestração quando realizada de forma completamente automatizada facilita enormemente a operação unificada da infraestrutura de rede, aumentando a flexibilidade, diminuindo a complexidade, reduzindo custos e evitando erros humanos. Essa softwarização foi impulsionada pelo surgimento do paradigma SDN (*Software-Defined Networking*).

O conceito de SDN, que inicialmente foi aplicado no âmbito de data centers, recentemente vem sendo também utilizado nos domínios óptico e sem fio nas redes de comunicações das prestadoras de serviços, assim, permitindo que um controlador SDN orquestre elementos da rede óptica, tais como: transponders, comutadores ópticos, amplificadores, etc., além de elementos de redes sem fio, tal como é o caso das redes baseadas na arquitetura open RAN. Para que seja possível, os equipamentos devem ser programáveis, permitindo que suas configurações sejam alteradas dinamicamente através de uma determinada interface. Essa programabilidade aliada à flexibilidade das redes ópticas elásticas atuais permitem otimizar o uso de recursos como, por exemplo, o espectro de frequências ópticas e rádio, aumentando a capacidade dessas redes.

O projeto OpenRAN@Brasil tem como objetivo a pesquisa e o desenvolvimento de software para a construção de uma plataforma de código aberto para o controle e gerenciamento de infraestruturas de rede programáveis compostas por equipamentos abertos e desagregados, ou seja, construídos a partir da integração de múltiplos componentes fornecidos por diferentes fabricantes de hardware e software. Por isso, a necessidade de construção de um testbed baseado nessas tecnologias é imprescindível para o oferecimento de um “playground” de recursos para experimentadores e para a execução dos casos de uso previstos no projeto.

## 2.2. LICENCIAMENTO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA

Até o momento da elaboração deste relatório, a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) só havia liberado o licenciamento do espectro de frequência para as operadoras em operação com 5G no Brasil, como consequência as compras de antenas outdoor, de maiores potências, foram momentâneas adiadas para uma negociação junto a Anatel.

Para viabilizar esta negociação foi estabelecida uma comissão entre os membros da RNP e CPQD, para tratar de forma institucional o licenciamento do espectro a ser utilizado pelo testbed do projeto OpenRAN@Brasil. A comissão tratará deste assunto diretamente com a presidência da Anatel e de forma a apresentar o projeto e necessidade da utilização dos espectros utilizados pelas operadoras. Neste contexto, a RNP será representada pela Diretora de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, Iara Machado, e o assessor especial, José Ferreira Rezende, o CPQD será representado pelo Gestor de Soluções, Gustavo Correa Lima.

### 2.3. DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA E TOPOLOGIA FÍSICA

Como definido na Figura 1, está arquitetura modelo foi a base para construção do desenho inicial da primeira versão da arquitetura do testbed. Além disso, os projetos mencionados na Seção 2 deste relatório, foram essenciais para definições de conectividades, topologia, quantidade de servidores, tipos hardwares e possíveis estudos de caso para experimentos no testbed. As Figuras 5 (a) e 5 (b), mostram respectivamente a versão inicial testbed OpenRAN@Brasil nos Sites RNP e CPQD.

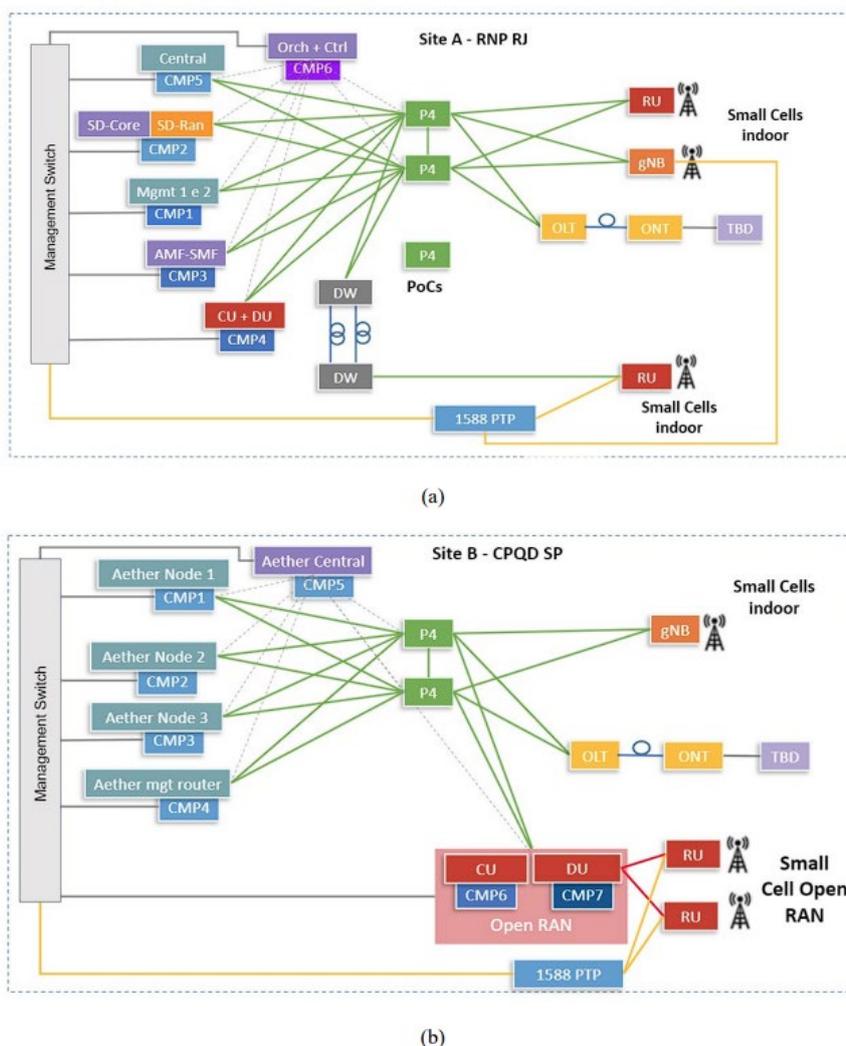
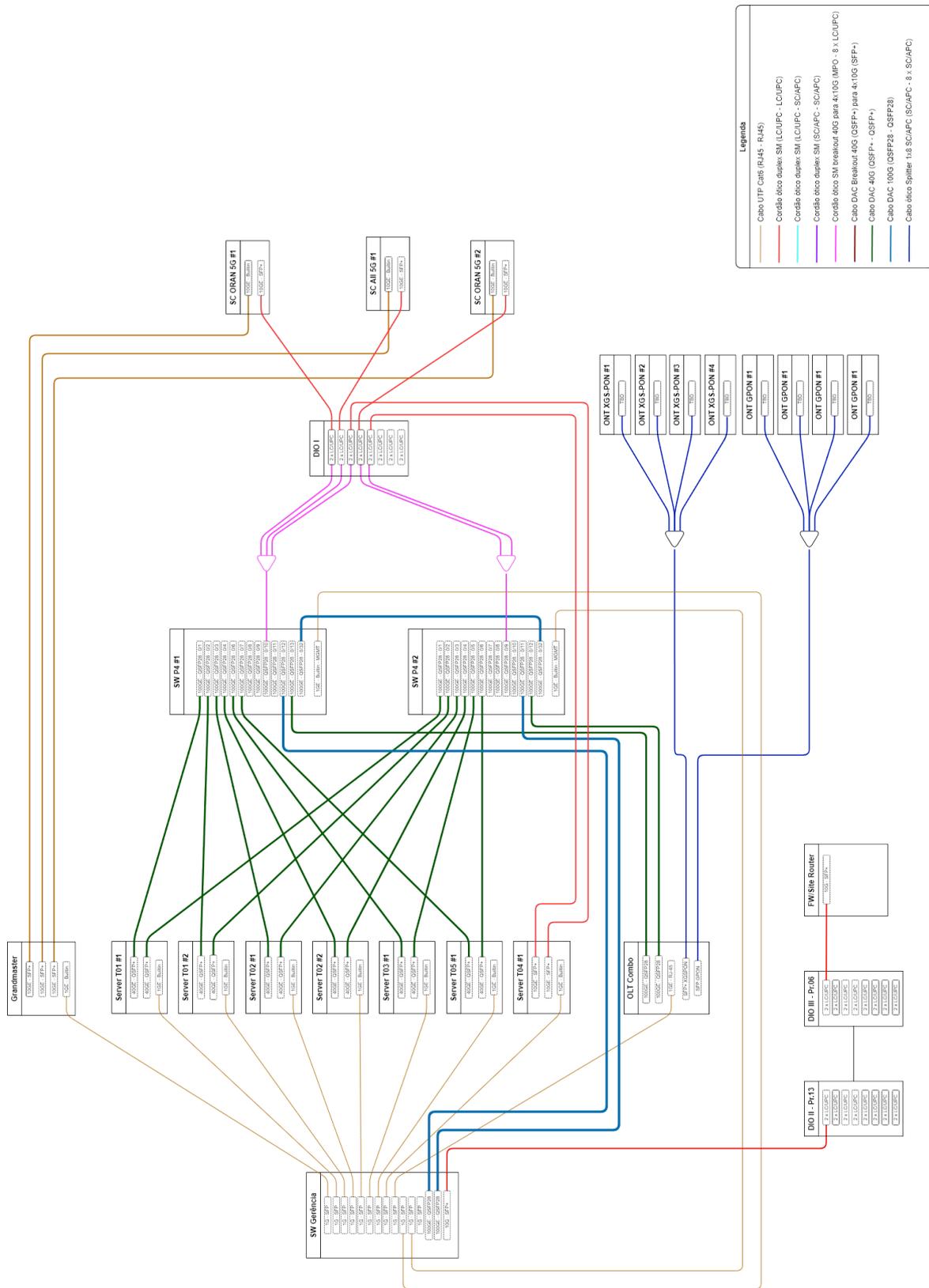


Figura 5. Visão da arquitetura do testbed nos Sites RNP (a) e CPQD (b)

Basicamente, ambos os sites possuem um conjunto de 6 até 7 servidores categorizados em 5 tipos de configurações de hardware específicas ao seu objetivo dentro do testbed. Além disso, cada site inicialmente terá um conjunto de 3 antenas indoor, sendo duas 5G baseadas em OpenRAN e uma antena 5G All-in-One (gNodeB), ou seja, os elementos DU e CU já estão integrados à antena não sendo desagregados, porém, a ideia por trás disso é ter experimentos com equipamentos com a sem OpenRAN habilitados. No domínio de pacotes tem-se a aplicação de uma topologia leaf-spine, com apenas a camada de leafs formada de switches P4, além disso, essa topologia permite utilização de um projeto interno a RNP (denominado de P7) que permitirá a manipulação e criação de topologias virtuais e a criação de enlaces com características personalizadas, como, atraso, largura de banda e variação do atraso. No domínio ópticos, haverá dois tipos de tecnologias disponíveis: uma baseada em FTTx, como a XGS-PON e GPON e a outra baseada em WDM com a utilização de transponder ópticos.

Nas Figuras 7 e 8, tem-se a topologia física em ambos os sites respectivamente, RNP e CPQD. Esses diagramas refletem as conexões físicas aplicadas dentro do rack de cada instituição, utilizadas na fase de implantação, em ambos os sites (RNP e CPQD).



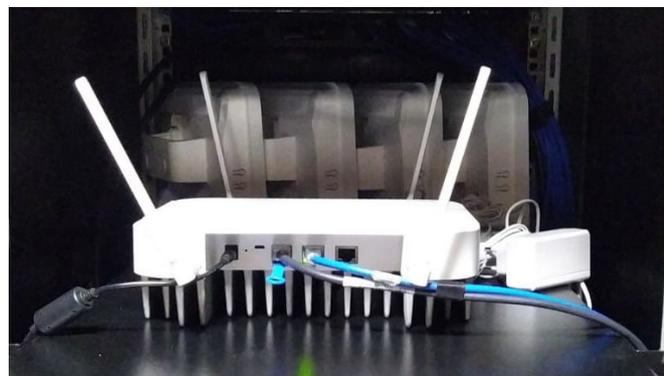


**Figura 7. Planta de implantação física do testbed site CPQD**

Abaixo a foto do testbed implantado no PoP/RJ e CPQD:

PoP-RJ





## CPQD



### 2.4. EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS

A especificação de hardware para os servidores do domínio cloud foi baseada nos requisitos das redes 5G privadas, nos requisitos de implantação do testbed e nas recomendações de funcionalidades e capacidades indicadas pelos projetos e aplicações previstas para utilização no projeto do testbed. Os servidores foram agrupados em tipos e conjuntos, apresentando características e recursos intercambiáveis entre si. Isso permite o uso das aplicações e projetos em diferentes topologias, além de possibilitar a análise da melhor arquitetura tanto para a infraestrutura de cloud do testbed quanto para as aplicações do testbed, visando o fornecimento do serviço final.

Inicialmente, foi criada uma classificação e nomenclatura com base na função geral dos servidores dentro do testbed. As Figuras abaixo resumem os tipos de servidores que compõem o domínio da cloud em cada localidade selecionada (RNP: RJ - Rio de Janeiro, e CPqD: CPS - Campinas), utilizando esse critério:

OpenRAN Server Type I - Itens 1 e 2	
Description	QTY
X12 Ultra 2U, 6x 2.5 Hybrid, X12DPU-6, 219ULTS-R1K62P	1
Intel Xeon Silver 4314 Processor 16-Core 2.4GHz 24MB Cache (135W)	2
32GB DDR4 1.2V 3200 ECC REG	4
Samsung PM883,480GB,SATA 6Gb/s,V4 TLC VNAND,2.5",7mm	2
2U Ultra Riser, 2 PCIe4.0 x16 and 1 PCIe3.0 x8 -- AOC-2UR668G4	1
Ultra I/O bracket for SC829U, 219U (Square Opening)	1
2x 40GbE QSFP+ Intel XL710, Gen3 x8 LP -- AOC-S40G-I2Q	1
4x GbE RJ45 Intel i350-AM4, Gen3 x4 LP -- AOC-SGP-I4	1
2U LHS WIO Riser card with two PCI-E 4.0 x16 slots,HF,RoHS	1
GPU,2x4F/CPU to 2x4F/CPU,P4.2, 30CM,16AWG, 10A/pin, -40~105C	1
PWYCB,GPU,2x4F/CPU to two (2x3F+2x1F)/PCIe,P4.2, 20CM,16/20A	1
1U Passive CPU VC HS for X12 ICX/CPX	2
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL left GPU,RoHS	1
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL right GPU,RoHS	1
Dummy memory DIMM spacer (set) for DDR3, DDR4,RoHS	16
5M QSFP to QSFP Ethernet/InfiniBand QDR 26AWG	2
5M 10GbE SFP+ to SFP+, Passive, Pull release	2
PWCD,US,IEC60320 C14 TO C13,6FT,14AWG,RoHS	2

**Figura 8. Tipo I - PoP-RJ/CPQD**

OpenRAN Server Type II - Itens 3 e 4	
Description	QTY
X12 Ultra 2U, 6x 2.5 Hybrid, X12DPU-6, 219ULTS-R1K62P	1
Intel Xeon Gold 6348 Processor 28-Core 2.6GHz 42MB Cache (235W)	2
32GB DDR4 1.2V 3200 ECC REG	8
Samsung PM883,480GB,SATA 6Gb/s,V4 TLC VNAND,2.5",7mm	2
2U Ultra Riser, 2 PCIe4.0 x16 and 1 PCIe3.0 x8 -- AOC-2UR668G4	1
Ultra I/O bracket for SC829U, 219U (Square Opening)	1
2x 40GbE QSFP+ Intel XL710, Gen3 x8 LP -- AOC-S40G-I2Q	1
4x GbE RJ45 Intel i350-AM4, Gen3 x4 LP -- AOC-SGP-I4	1
[NR]Intel IQA89701G1P5QuickAssist100Gbps hardwareaccelerator□	1
4x 10GbE SFP+ Intel XL710-BM1, Gen3 x8 LP -- AOC-STG-I4S	1
2U LHS WIO Riser card with two PCI-E 4.0 x16 slots,HF,RoHS	1
NR]IntelVACC100G1P5 PCIeGen3x16vRAN AcceleratorACC100 Adapt□	1
1U Passive CPU VC HS for X12 ICX/CPX	2
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL left GPU,RoHS	1
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL right GPU,RoHS	1
Dummy memory DIMM spacer (set) for DDR3, DDR4,RoHS	12
5M QSFP to QSFP Ethernet/InfiniBand QDR 26AWG	2
5M 10GbE SFP+ to SFP+, Passive, Pull release	2
PWCD,US,IEC60320 C14 TO C13,6FT,14AWG,RoHS	2

**Figura 9. Tipo II - PoP-RJ/CPQD**

<b>OpenRAN Server Type III - Itens 5 e 6</b>	
<b>Description</b>	<b>QTY</b>
X12 Ultra 2U, 6x 2.5 Hybrid, X12DPU-6, 219ULTS-R1K62P	1
Intel Xeon Gold 6348 Processor 28-Core 2.6GHz 42MB Cache (235W)	2
32GB DDR4 1.2V 3200 ECC REG	8
Samsung PM883,480GB,SATA 6Gb/s,V4 TLC VNAND,2.5",7mm	2
2U Ultra Riser, 2 PCIe4.0 x16 and 1 PCIe3.0 x8 -- AOC-2UR668G4	1
Ultra I/O bracket for SC829U, 219U (Square Opening)	1
2x 40GbE QSFP+ Intel XL710, Gen3 x8 LP -- AOC-S40G-I2Q	1
4x GbE RJ45 Intel i350-AM4, Gen3 x4 LP -- AOC-SGP-I4	1
4x 10GbE SFP+ Intel XL710-BM1, Gen3 x8 LP -- AOC-STG-I4S	1
2U LHS WIO Riser card with two PCI-E 4.0 x16 slots,HF,RoHS	1
GPU,2x4F/CPU to 2x4F/CPU,P4.2, 30CM,16AWG, 10A/pin, -40~105C	1
PWYCB,GPU,2x4F/CPU to two (2x3F+2x1F)/PCIe,P4.2, 20CM,16/20A	1
1U Passive CPU VC HS for X12 ICX/CPX	2
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL left GPU,RoHS	1
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL right GPU,RoHS	1
Dummy memory DIMM spacer (set) for DDR3, DDR4,RoHS	12
5M QSFP to QSFP Ethernet/InfiniBand QDR 26AWG	2
5M 10GbE SFP+ to SFP+, Passive, Pull release	2
PWCD,US,IEC60320 C14 TO C13,6FT,14AWG,RoHS	2

**Figura 10. Tipo III - PoP-RJ/CPQD**

<b>OpenRAN Server Type IV - Item 7</b>	
<b>Description</b>	<b>QTY</b>
IMM, 2x 2.5 HDD, 1x M.2 M-Key 22110/2280, 2x FHFL PCIe x16, AC Red	1
Intel Xeon Gold 6312U Processor 24-Core 2.4GHz 36MB Cache (185W)	1
32GB DDR4 1.2V 3200 ECC REG	4
Samsung PM883,480GB,SATA 6Gb/s,V4 TLC VNAND,2.5",7mm	2
2x GbE RJ45 Intel i350-AM2, Gen3 x4 LP -- AOC-SGP-I2	1
4x 10GbE SFP+ Intel XL710-BM1, Gen3 x8 LP -- AOC-STG-I4S	1
5M 10GbE SFP+ to SFP+, Passive, Pull release	2
PWCD,US,IEC60320 C14 TO C13,6FT,14AWG,RoHS	2

**Figura 11. Tipo IV - CPQD**

<b>OpenRAN Server Type V - Itens 8 e 9</b>	
<b>Description</b>	<b>QTY</b>
X12 Ultra 2U, 6x 2.5 Hybrid, X12DPU-6, 219ULTS-R1K62P	1
Intel Xeon Silver 4314 Processor 16-Core 2.4GHz 24MB Cache (135W)	2
32GB DDR4 1.2V 3200 ECC REG	8
Samsung PM883 240GB SATA 6Gb/s V4 TLC 2.5" 7mm (1.3 DWPD)	2
Samsung PM883,960GB,SATA 6Gb/s,V4 TLC VNAND,2.5",7mm	2
2U Ultra Riser, 2 PCIe4.0 x16 and 1 PCIe3.0 x8 -- AOC-2UR668G4	1
Ultra I/O bracket for SC829U, 219U (Square Opening)	1
2x 40GbE QSFP+ Intel XL710, Gen3 x8 LP -- AOC-S40G-I2Q	1
4x GbE RJ45 Intel i350-AM4, Gen3 x4 LP -- AOC-SGP-I4	1
2U LHS WIO Riser card with two PCI-E 4.0 x16 slots,HF,RoHS	1
GPU,2x4F/CPU to 2x4F/CPU,P4.2, 30CM,16AWG, 10A/pin, -40~105C	1
PWYCB,GPU,2x4F/CPU to two (2x3F+2x1F)/PCIe,P4.2, 20CM,16/20A	1
1U Passive CPU VC HS for X12 ICX/CPX	2
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL left GPU,RoHS	1
Plastic X12 Air Shroud for SC219UL right GPU,RoHS	1
Dummy memory DIMM spacer (set) for DDR3, DDR4,RoHS	12
5M QSFP to QSFP Ethernet/InfiniBand QDR 26AWG	2
PWCD,US,IEC60320 C14 TO C13,6FT,14AWG,RoHS	2

**Figura 12. Tipo V – PoP-RJ/CPQD**

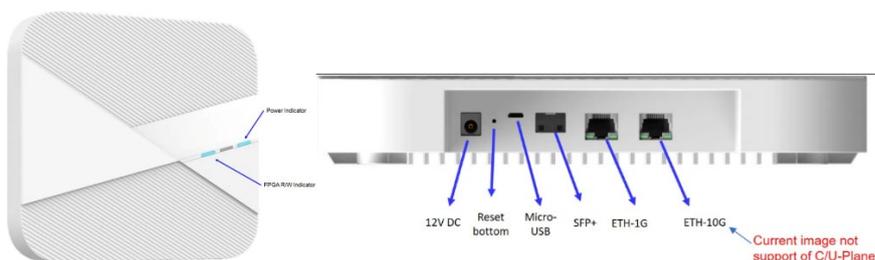
Essa classificação e nomenclatura foram estabelecidas levando em consideração as funções específicas desempenhadas por cada tipo de servidor dentro do domínio da cloud em cada local escolhido. O fabricante fornecedor dos servidores selecionado foi a SUPERMICRO, devido ao preço oferecido e à facilidade de personalização dos servidores para atender às necessidades específicas, principalmente em relação a processadores e placas de aceleração.

Tipo de Servidor	Função Geral	Localidade
Cloud Controller - Tipo I	Controlar e orquestrar a infraestrutura da cloud	RNP, CPQD
Application Server - Tipo III e IV	Hospedar e executar aplicações do testbed	RNP, CPQD
Storage Server - Tipo VI	Armazenar e gerenciar dados e recursos do testbed	RNP, CPQD
Edge Server - Tipo II e VII	Prover serviços de borda e processamento local	RNP, CPQD
Management Server - Tipo IV e V	Gerenciar e monitorar a infraestrutura do testbed	RNP, CPQD

Em relação aos demais equipamentos especificados neste testbed, segue a classificação abaixo, descrevendo as características de cada equipamento adquirido, de acordo com seu domínio, fabricante, modelo, entre outros:

- **Domínio de Acesso Sem Fio (5G-Open RAN - Indoor):**

- Fabricante:
  - A. Foxconn
- Modelo:
  - A. HW-MOBE-RPQN-7801E
- Características:
  - A. ORAN option 7.2 over 10Gb/s RJ45/SFP+ - 5G NR x 4 (4TR)



- **Domínio de Acesso Óptico (PON):**

- Fabricante:
  - A. Radisys
  - B. Edgecore
- Modelo:
  - A. RLT-1600X OLT (RLT-1600X) Any PON (XGS-PON e GPON)
  - B. ASXvOLT16 (ASXvOLT16-O-AC-F-US) XGS-PON



- **Domínio de Transporte de Pacotes (IP/Ethernet):**

- Fabricante:
  - Edgecore
- Modelo:
  - DSC 801 (Wedge100BF-32QS)
  - DSC 810 (AS9516-32D)



- **Domínio de Transporte de Optico (Transponder WDM):**

- Fabricante:
  - Edgecore
- Modelo:
  - AS7716-24SC (Transponder WDM)



- **Domínio de Gerenciamento/Controle (Switch de Gerenciamento - ToR):**

- Fabricante:
  - UFISpace
- Modelo:
  - S9600-72XC (Open Aggregation Router)



- **Domínio de Sincronismo (Grandmaster):**

- Fabricante:
  - FibroLan
- Modelo:
  - Falcon RX (Xhaul 5G/Grandmaster)



Essa classificação fornecerá uma visão geral dos equipamentos adquiridos para cada domínio específico do testbed, incluindo detalhes sobre fabricante, modelo e outras características relevantes.

## 2.5. ESCOLHA DA PILHA OPEN RAN

Em relação à pilha de processamento da RAN, conforme definida pela O-RAN Alliance, foi observado que as iniciativas das comunidades que desenvolvem código aberto ainda não possuem implementações completas de todas as interfaces do O-RAN.

Levando em consideração os critérios e justificativas mencionados acima, foram realizadas pesquisas sobre as opções disponíveis no mercado de fornecedores, como Mavenir, Baicells, Nokia, Radisys, entre outros, que estão surgindo e/ou adaptando-se ao conceito de Open RAN. Devido à natureza relativamente nova dessa tecnologia, muitos fornecedores ainda não adotaram todas as funcionalidades

do O-RAN, especialmente em relação às interfaces E2, A1 e O1. Alguns fornecedores ainda utilizam soluções híbridas, combinando interfaces proprietárias com as interfaces padronizadas pela O-RAN Alliance. Essa migração para uma solução totalmente baseada em interfaces abertas é um processo mais lento e está planejada no roadmap desses fornecedores. Esse cenário já era esperado, uma vez que a tecnologia/arquitetura ainda está em processo de amadurecimento e sua aplicação em ambientes de produção requer uma maturidade mínima.

Atualmente, 90% das implantações mundiais de Open RAN se baseiam em soluções da Intel, que desenvolveu uma solução de referência de camada física, chamada FlexRAN, otimizada para seus processadores. Quando membros do projeto consultaram representantes da Intel para a disponibilização da solução FlexRAN ao projeto, os mesmos recomendaram consulta à empresa Radisys, para que houvesse um suporte adequado, uma vez que a Intel não pode atender no momento um projeto de pequena escala como o do Testbed proposto. Ademais, foi informado também que a Radisys dispõe de implementação própria das camadas de mais alto nível (L2/L3), e que esta implementação é utilizada como base de produtização por boa parte dos fornecedores comerciais. Somado ao fato de que a Radisys vem apoiando trials de demonstração da tecnologia OpenRAN em comunidades como a Open Networking Foundation, há uma série de fatores que levam a esta recomendação.

Tal projeto foi destacado e usado como referência na justificativa para uso do Open RAN. Nos documentos oficiais do projeto Intel Smart Edge, existe a referência ao uso da pilha RAN da Radisys junto com camadas mais baixas da pilha RAN da Intel FlexRAN.

Devido à estreita colaboração da Radisys com o Intel Smart Edge e o suporte negociado que eles fornecerão em nossa implementação do TestBed, bem como a disponibilidade das interfaces O-RAN E2, A1 e O1, e considerando que a Radisys foi o fornecedor que mais atendeu aos nossos critérios de seleção, foi decidido selecionar a pilha Open RAN da Radisys para o nosso projeto. Essa escolha baseia-se na confiança na capacidade da Radisys de fornecer as soluções e o suporte necessários para o sucesso do nosso TestBed.

## **2.6. LICENCIAMENTO DO ESPECTRO 5G**

Como uma instituição de pesquisa e desenvolvimento, temos o objetivo de impulsionar a inovação tecnológica e contribuir para o avanço científico no campo das telecomunicações. O 5G representa uma nova geração de tecnologia de comunicação sem fio, com potencial para transformar setores como saúde, indústria, transporte e muito mais. É uma oportunidade única para explorar e compreender a aplicabilidade do 5G em cenários específicos e seu impacto nas mais diversas áreas.

Por isso, buscamos obter autorização para conduzir experimentos práticos, testes de viabilidade e pesquisas científicas que nos permitirão avaliar o desempenho e as capacidades do 5G em diferentes cenários e aplicações. Esses estudos nos ajudarão a compreender melhor os benefícios e os desafios associados ao uso do 5G e Open RAN, além de fornecer insights valiosos para o desenvolvimento de soluções tecnológicas avançadas.

É importante ressaltar que o objetivo dos nossos experimentos e pesquisas é estritamente científico e experimental. Não temos a intenção de fornecer serviços comerciais ou competir com as operadoras de telecomunicações estabelecidas. Nossas atividades serão realizadas em ambiente controlado, em conformidade com as regulamentações e diretrizes estabelecidas pela Anatel, a fim de evitar interferências prejudiciais a outros serviços e usuários do espectro.

Abaixo ata que outorga a RNP a trabalhar com a frequência 3.7 GHz (5G) para fins científicos e habilita suas estações de trabalho.

29/11/23, 18:39

SEI/ANATEL - 11131327 - Ato

Boletim de Serviço Eletrônico em 29/11/2023  
DOU de 29/11/2023, seção 1, página 16

#### AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES

ATO Nº 15944, DE 13 DE NOVEMBRO DE 2023

O GERENTE DE OUTORGA E LICENCIAMENTO DE ESTAÇÕES DA AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pelo art. 183, do Regimento Interno da Anatel, aprovado pela [Resolução nº 612, de 29 de abril de 2013](#), e

CONSIDERANDO o disposto na Portaria n.º 1.919, de 20 de setembro de 2019, que delega competência à Gerência de Outorga e Licenciamento de Estações para outorgar autorização para exploração de serviços de telecomunicações e de autorização de uso de radiofrequências, não decorrentes de procedimentos licitatórios, bem como decidir pela adaptação, prorrogação e extinção, exceto por caducidade;

CONSIDERANDO o disposto nos arts. 162, 163 e 214 da [Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997](#), e art. 70 do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações, aprovado pelo [Decreto nº 2.338, de 7 de outubro de 1997](#);

CONSIDERANDO o disposto no Regulamento de Cobrança do Preço Público Pelo Direito de Uso de Radiofrequência, aprovado pela [Resolução nº 695, de 20 de julho de 2018](#), no Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências, aprovado pela [Resolução nº 671, de 3 de novembro de 2016](#) e no Regulamento para Arrecadação de Receitas Tributárias, aprovado pela [Resolução nº 729, de 19 de junho de 2020](#);

CONSIDERANDO o disposto no Regulamento dos Serviços de Telecomunicações aprovado pela [Resolução nº 73, de 25 de novembro de 1998](#), no Regulamento de Serviços Especiais, aprovado pelo Decreto nº 2.196, de 8 de abril de 1997, na Norma Técnica NTC nº 22, aprovada pela Resolução nº 24, de 22 de setembro de 1966, na Instrução nº 03 de 13 de março de 1985 do DENTEL, na Súmula nº 002, de 7 de maio de 1998, no Ato nº 3.807, de 23 de junho de 1999;

CONSIDERANDO que a REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA - RNP é autorizada do Serviço de Interesse Restrito, conforme Ato nº 4334/2020, e, ainda, o que consta do processo nº 53500.085715/2023-54;

#### RESOLVE:

Art. 1º Outorgar autorização de uso da(s) radiofrequência(s), a seguir relacionada(s), à(ao) REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA - RNP, CNPJ/CPF: 03.508.097/0001-36, associada à autorização para execução de Serviço Especial Para Fins Científicos ou Experimentais, pelo prazo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação deste Ato no Diário Oficial da União, e tendo como área de prestação do serviço o município de Rio de Janeiro/RJ, sendo o uso das radiofrequências em caráter precário, sem exclusividade, compartilhada no espaço e no tempo com outras autorizadas:

#### Rio de Janeiro/RJ

[https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md\\_pesq\\_documento\\_consulta\\_externa.php?8-74Kn1DR89f1Q7RjX8EYU46LcFD26Q9X5QNDbqaVrOniEQH8Boms\\_0DvsiB9L36RfDIDISNg6G0J89pvr863ivn...](https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?8-74Kn1DR89f1Q7RjX8EYU46LcFD26Q9X5QNDbqaVrOniEQH8Boms_0DvsiB9L36RfDIDISNg6G0J89pvr863ivn...) 1/2

29/11/23, 18:39

SEI/ANATEL - 11131327 - Ato

#### 3750.00000000 MHz

Parágrafo único. A autorização de uso das faixas de radiofrequências relacionadas se dará em caráter secundário e deverá ser realizada de forma coordenada com os demais usuários autorizados, de forma a prevenir ou corrigir a ocorrência de interferências prejudiciais entre as estações.

Art. 2º Estabelecer a Taxa de Fiscalização de Instalação, em conformidade com a Lei nº 9.472, de 1997.

Art. 3º Estabelecer a cobrança do Preço Público pelo Direito de Uso de Radiofrequência(s), em conformidade com a Lei nº 9.472, de 1997.

Art. 4º Estabelecer que as cobranças referidas nos art. 2º e 3º serão recolhidas na forma e no prazo estabelecido em notificação da Anatel à autorizada, sob pena de aplicação de sanção cabível, por descumprimento da obrigação.

Art. 5º Estabelecer que para início da operação das estações de telecomunicações, a autorizada deverá obter a Licença para Funcionamento de Estação junto à Superintendência de Outorga e Recursos à Prestação, observada a regulamentação.

Art. 6º Estabelecer que os equipamentos a serem utilizados estão isentos de certificação, enquanto utilizados com a finalidade permitida.

Art. 7º Determinar a obrigação da autorizada em atender à regulamentação vigente, naquilo que couber, em especial aquela relacionada à classificação dos serviços de telecomunicações quanto aos interesses a que atendam, observado o disposto no Decreto nº 2.617, de 5 de junho de 1998, sob pena de aplicação de sanção cabível, por descumprimento da obrigação.

Art. 8º Este Ato entra em vigor na data de publicação de seu extrato no Diário Oficial da União.



Documento assinado eletronicamente por Renato Sales Bizerra Aguiar, Gerente de Outorga e Licenciamento de Estações, em 28/11/2023, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 23, inciso II, da [Portaria nº 912/2017](#) da Anatel.



A autenticidade deste documento pode ser conferida em <http://www.anatel.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador 11131327 e o código CRC 6224CB2A.

Referência: Processo nº 53500.085715/2023-54

SEI nº 11131327

[https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md\\_pesq\\_documento\\_consulta\\_externa.php?8-74Kn1DR89f1Q7RjX8EYU46LcFD26Q9X5QNDbqaVrOniEQH8Boms\\_0DvsiB9L36RfDIDISNg6G0J89pvr863ivn...](https://sei.anatel.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?8-74Kn1DR89f1Q7RjX8EYU46LcFD26Q9X5QNDbqaVrOniEQH8Boms_0DvsiB9L36RfDIDISNg6G0J89pvr863ivn...) 2/2

### 3. CONCLUSÃO

Tendo em vista a heterogeneidade de cenários e dispositivos conectados nas redes de comunicações, a desagregação vem se tornando uma realidade que começou com as redes de pacote, estendeu-se para as redes ópticas e agora chegou às redes sem fio através do OpenRAN. Dessa forma, a partir da otimização e automação baseadas no acesso aos dados, funções até então tidas como caixas-pretas serão capazes de reduzir os custos relacionados à infraestrutura.

Por ser essa uma ideia inovadora, o planejamento do testbed OpenRAN@Brasil foi extremamente importante para nortear as possibilidades de construir possíveis visões do testbed e definir que casos de uso seriam possíveis neste ambiente. Por isso foi possível montar o testbed rapidamente em seus locais de origens.

### 4. HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES DO DOCUMENTO CONSOLIDADO

Data de emissão	Versão	Descrições das alterações realizadas
29/08/2023	1	Primeira versão do documento

## 5. EXECUÇÃO E APROVAÇÃO

Elaborado por:

Fernando Nazareno Nascimento Farias

Revisado por:

Aprovado por:

Data da emissão: 29/08/2023