



**DOCUMENTO DE REQUISITOS TÉCNICOS  
PARA DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE  
REMOTA OPEN RAN**

**A2.1 – Realizar Refinamento de requisitos**

**OpenRAN@Brasil – Fase 2**

---

## SUMÁRIO

### Sumário

1	Introdução .....	9
2	Cenários para redes de acesso por rádio .....	10
3	Arquitetura do módulo O-RU .....	10
3.1	Descrição funcional do módulo O-RU .....	10
3.2	Interface Open Fronthaul .....	12
4	Requisitos para cenário específico .....	16
4.1	Serviço Móvel Pessoal (SMP).....	16
4.2	Requisitos técnicos comuns .....	17
4.3	Requisitos da Interface .....	20
4.4	Requisitos de Elementos de Funcionalidade e Processamento .....	22
5	Referência bibliográfica .....	25
6	Histórico de alterações do documento consolidado.....	26
7	Execução e aprovação .....	27

### Acrônimos

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ADC	Analog to Digital Converter
AFE	Analog Front End
ASIC	Application Specific Integrated Circuits
BF	Beamforming
C-Plane	Control Plane
CDR	Call Detail Record
CFR	Crest Factor Reduction
CP	Cyclic Prefix
CSI-RS	Channel State Information
DAC	Digital to Analog Converter
DDC	Digital Down Conversion
DFE	Digital Front End
DMRS	DeModulation Reference Signal
DPD	Digital PreDistortion
DUC	Digital Up Conversion
eCPRI	Enhanced Common Public Radio Interface
ERB	Base Station
EVM	Error Vector Magnitude
FDD	Frequency Division Duplexing
FFT	Fast Fourier Transform
FH	Front Haul
FPGA	Field Programmable Gate Array
FR1	Frequency Range 1 (sub 6GHz)
GNSS	Global Navigation Satellite System
IBW	Instantaneous Bandwidth

IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
IP	Internet Protocol
LLS	Lower Layer Split
LNA	Low Noise Amplifier
LTE	Long Term Evolution (tecnologia 4G)
M-Plane	Management Plane
MAC	Medium Access Control
mMIMO	Massive Multiple Input Multiple Output
O-CU	O-RAN Central (Centralized) Unit
O-DU	O-RAN Distributed Unit
O-RAN	Open Radio Access Network
O-RU	O-RAN Radio Unit
OBW	Occupied Bandwidth
OFH	Open FrontHaul
PA	Power Amplifier
PBCH	Physical Broadcast Channel (blocks)
PCIe	Peripheral Component Interface (Interconnect) Express
PDCCH	Physical Downlink Control Channel
PDSCH	Physical Downlink shared channel
PHY	Physical Layer (ou L1)
PRACH	Physical Random Access Channel
PSS	Primary Synchronization Signal
PTP	Precision Time Protocol
PTRS	Phase Tracking Reference Signal
RE	Resource Element
RF	Radio Frequency
RoE	Radio over Ethernet

---

RRH	Remote Radio Head
RX	Receiver
S-Plane	Synchronization Plane
SLP	Serviço Limitado Privado (ou Privativo)
SMP	Serviço Móvel Pessoal (de operadora)
SSS	Secondary Synchronization Signal
SyncE	Synchronous Ethernet
TDD	Time Division Duplexing
TIP	Telecom Infra Project
TX	Transmitter
UDP	User Data Protocol
WG	Working Group

---

## Figuras

Figura 1: Diagrama de requisito de componentes(Ref: OpenRAN 5G NR Base Station Platform)	11
Figura 2: Diagrama funcional de blocos (Ref: Outdoor Macrocell Hardware Architecture and Requirements (FR1) Specification)	12
Figura 3: Especificação Split 7.2x (Categoria A e B) no DL	13
Figura 4: Diagrama de alto nível de blocos funcionais da O-RU	14
Figura 5: Implementação de exemplo de arquitetura O-RU	15

---

**Tabelas**

Tabela 1: Faixas de frequência de operação para SMP	17
Tabela 2: Requisitos Fundamentais	17
Tabela 3: Requisitos Fundamentais do módulo O-RU7-2x	18
Tabela 4: Normas aplicáveis para testes de conformidade	19
Tabela 5: Requisitos de interface Open Fronthaul para módulo da O-RU	21
Tabela 6: Blocos funcionais para o FPGA (módulo da O-RU) de acordo com o Split 7-2x	23

---

## Resumo

Este documento descreve os requisitos técnicos para o desenvolvimento de uma RU para implantação de operadoras de serviços 5G em suas redes móveis no contexto do projeto OpenRAN@Brasil – Fase 2. Espera-se que, ao disponibilizar o design deste produto para a comunidade OpenRAN, o progresso do OpenRAN seja acelerado, reduzindo os recursos necessários de cada membro da comunidade para abordar cada produto individualmente.



## 1 Introdução

Open RAN (do inglês *Open Radio Access Network*, ou Rede de Acesso via Rádio Aberta) é uma abordagem aberta e software-defined para a construção de redes de acesso sem fio. Ele permite a utilização de componentes de hardware e software de diferentes fornecedores, aumentando a flexibilidade e a eficiência na implementação de redes móveis 5G. A abordagem Open RAN também incentiva a inovação e a competição no setor, contribuindo para a redução dos custos e melhorias na qualidade do serviço. Uma das principais iniciativas para promoção da abordagem Open RAN é a O-RAN Alliance, criada em 2018 como uma organização global sem fins lucrativos formada por operadoras de telecomunicações, fabricantes de equipamentos e empresas de tecnologia. A O-RAN Alliance tem como objetivo desenvolver e promover a adoção da arquitetura Open RAN nas redes móveis, garantindo a interoperabilidade, segurança e inovação no setor.

A O-RAN Alliance trabalha em colaboração com outras organizações e parceiros para definir padrões e diretrizes para a implementação de redes Open RAN. Um dos objetivos da O-RAN Alliance é especificar a arquitetura de uma rede Open RAN com os seus diferentes componentes Open RAN, e suas interfaces que os conectam, e para cada um dos componentes Open RAN, quais são as suas funcionalidades. Dentre estes componentes se encontra a *unidade de rádio* (do inglês Radio Unit - RU) Open RAN, conhecida como O-RU e definida como um nó lógico que hospeda tanto a parte “baixa” da camada física (Low-PHY) quanto o processamento de radiofrequência (RF) com base em uma divisão funcional da camada inferior. A O-RU é semelhante ao *Transmission and Reception Point* (TRP) ou *Remote Radio Head* (RRH) do 3GPP, sendo mais claramente especificado pela O-RAN Alliance ao incluir a camada Low-PHY, que abrange por exemplo a transformada (direta e inversa) rápida de Fourier (FFT/iFFT) e a decodificação de sinais de acesso aleatório como e.g. PRACH.

Este documento está organizado em seções que são descritos conforme a seguir:

Na **Seção 2** serão descritos os cenários para redes de acesso por rádio, incluindo os casos de uso, as faixas de frequência de operação em rádio frequência;

Na **Seção 3**, apresenta a arquitetura do módulo O-RU e a interface de comunicação conhecida como Open Fronthaul (OpenFH);

Na **Seção 4**, apresenta requisitos para cenários específicos relacionado ao serviço SMP;

Na **Seção 5**, apresenta os documentos de referência os quais os requisitos descritos aqui foram baseados.

## 2 Cenários para redes de acesso por rádio

A O-RU aqui especificada deverá atender ao mercado brasileiro, visando sua aplicação para cenário *outdoor* com uso para *Serviço Móvel Pessoal* (SMP). A O-RU deverá seguir o que está especificado pela O-RAN Alliance dentro dos padrões Open RAN (O-RAN Alliance WG1 2022).

Para a escrita destes requisitos funcionais, utilizamos como parâmetros especificações para equipamentos *whitebox* O-RUs produzidos tanto pela O-RAN Alliance quanto pelo Telecom Infra Project (TIP) além de requisitos de fabricantes nacionais. Um equipamento *whitebox* é um equipamento de rede sem fio projetado e fabricado com hardware e software de código aberto. Ele é desenvolvido para ser altamente programável e personalizável, o que permite aos operadores de rede implementar soluções de forma mais flexível e econômica. A O-RAN Alliance produziu especificações para O-RUs *whitebox* para diferentes cenários de *deployment* (e.g. Outdoor Macro, Outdoor Micro e Enterprise Microcell) dentro do *O-RAN White Box Hardware Working Group* da *O-RAN Alliance* [5,6,7,8,9], enquanto o TIP especificou requisitos e testes funcionais para uma O-RU no *OpenRAN RU Subgroup* [10,11,12,13].

Um dos requisitos funcionais para esta O-RU está relacionado às faixas de frequência de operação em radiofrequência. Como um dos requisitos do projeto Open RAN @ Brasil - Fase 2, foi definido que a O-RU deverá ter a operação em radiofrequência na faixa de frequência abaixo de 6GHz, no que o 3GPP convencionou como *Frequency Range 1* (FR1) [3]. Sendo assim, a especificação contida neste documento visa englobar a banda n78 para operação em SMP. Outro dos requisitos funcionais para esta O-RU está relacionado à interface OpenFronthaul (OpenFH) de comunicação entre a O-RU e os demais componentes de uma rede de acesso por rádio (Radio Access Network - RAN) baseada nos padrões Open RAN especificados pela O-RAN Alliance [4].

## 3 Arquitetura do módulo O-RU

Nesta seção, a arquitetura de alto nível é apresentada para uma O-RU com split 7.2x. As configurações são de O-RUs nTnR em que a letra 'n' é normalmente considerada com valores 4 ou 8 para O-RU e 32 ou 64 para O-RU mMIMO.

### 3.1 Descrição funcional do módulo O-RU

A unidade de rádio requer um formato modular em que cada módulo seja conectado através de uma interface padrão como, por exemplo, PCIe. A unidade remota deve ser composta por um front-end de RF analógico, um frontend digital, fronthaul de transporte Ethernet, sincronização e uma camada PHY baixa de processamento banda base. O diagrama funcional do módulo da unidade remota está representado na Figura 1.

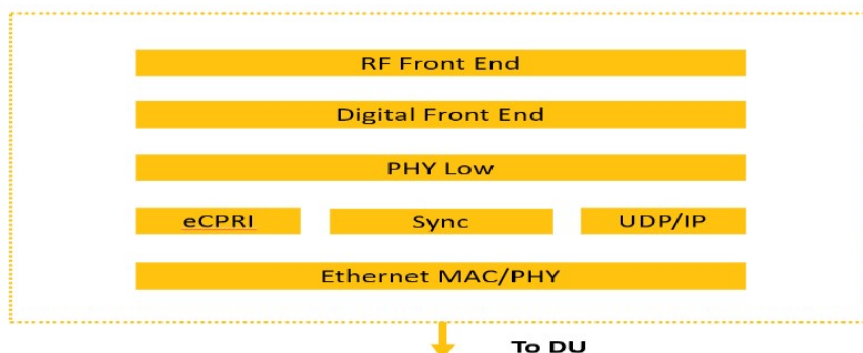


Figura 1: Diagrama de requisito de componentes(Ref: OpenRAN 5G NR Base Station Platform)

O processamento na camada PHY baixa deve ser feito pelo uso de FPGAs ou ASICs. A Figura 2 ilustra um diagrama de blocos funcional que suporta o Fronthaul O-RAN com opção de split 7.2x. Há pelo menos uma porta de interface a qual suporta todas as interfaces fronthaul (ex.: Interface de comunicação óptica). Para redução de largura de banda, a arquitetura O-RU também suporta funções opcionais de compressão e descompressão de dados da interface fronthaul. A unidade de processamento O-RAN fronthaul baseada em ASIC/FPGA receberá pacotes eCPRI realizando a conversão óptica para elétrica, descompressão e resolver aspectos de segurança. Subseqüentemente, os pacotes são enviados para a unidade DFE. O bloco DFE do O-RU é responsável por funções da camada PHY baixa como FFT/iFFT, adição/remoção de CP, e filtragem de PRACH. Adicionalmente, as funções de DDC, DUC, CFR e DPD são também realizadas na unidade DFE. As funções de ADC e DAC são realizadas no AFE, os quais são blocos de mistura de sinais responsáveis por conversão de dados entre o domínio digital para analógico e vice-versa. Os sinais vindos do AFE são alimentados nas cadeias de Tx/Rx. A unidade de processamento RF/RF frontend consiste de um conversor opcional de frequência (mixer), um amplificador de potência (PA)/Amplificador de ruído baixo (LNA) e filtros Tx/RX nas N cadeias Tx/Rx. O módulo de antena consiste nas antenas físicas, uma rede de distribuição/agregação para alimentação de RF e, opcionalmente, uma rede de calibração de antenas. A unidade de temporização inclui qualquer clock e síntese de frequências necessárias, assim como outros circuitos de temporização e sincronização. A unidade de temporização derivará tempo e sincronização para a O-RU baseado no protocolo IEEE 1588v2. Além disso, syncE também será usado para temporização como é definido nas especificações do fronthaul O-RAN WG4.

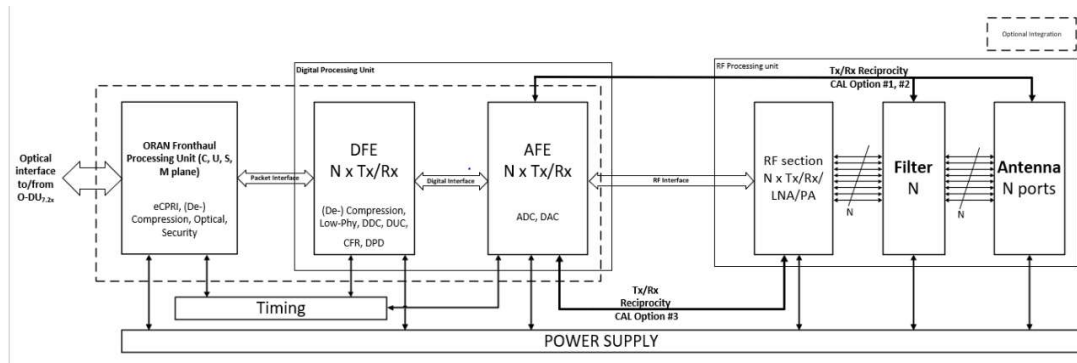
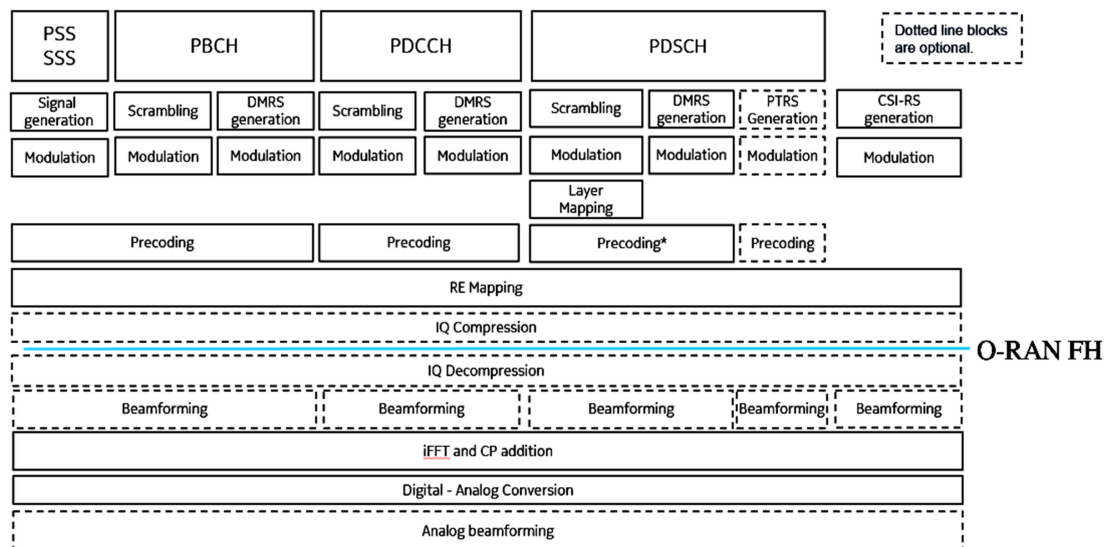


Figura 2: Diagrama funcional de blocos (Ref: Outdoor Macrocell Hardware Architecture and Requirements (FR1) Specification v3.00 -O-RAN.WG7.OMAC-HAR.0-v03.00)

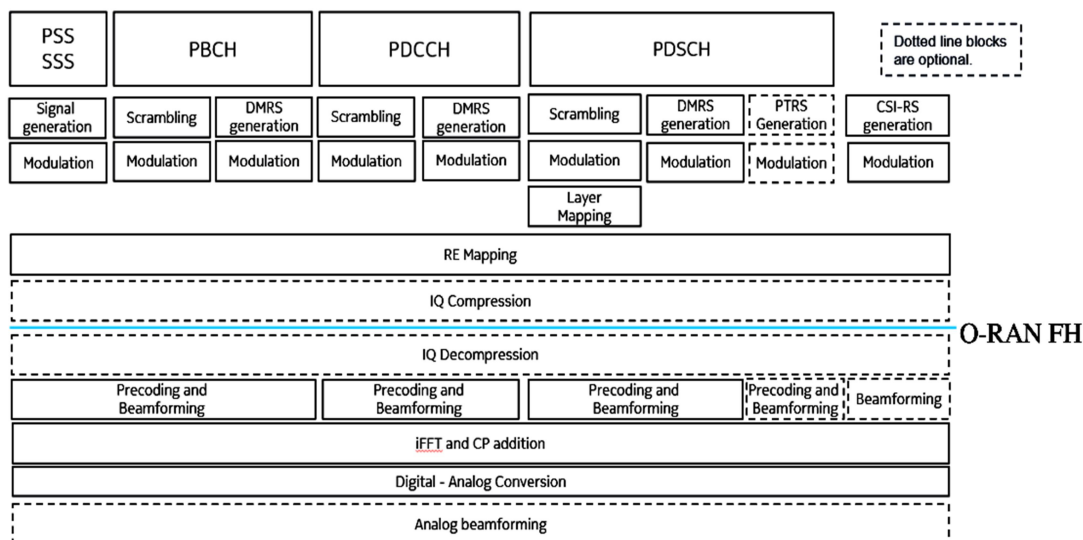
### 3.2 Interface Open Fronthaul

A interface fronthaul é a chave para a implantação flexível de uma rede Open RAN, pois antecipa todos os vários cenários sobre como uma estação base irá interagir com o rádio, quais serão as demandas subjacentes das redes 5G, além de possíveis problemas de sincronização. O fronthaul O-RAN é uma arquitetura que divide o pipeline de processamento do modem sem fio 5G em estágios padronizados, separados e conectados por determinadas interfaces de rede padrão, podendo conectar várias Unidades de Rádio (RU - Radio Unit) a uma única Unidade Distribuída (DU - Distributed Unit), de modo que haja uma bifurcação em várias interfaces aéreas 5G.

A O-DU e O-RU são, nós, lógicos que executam funções de acordo com a divisão funcional proposta e são conectados mutuamente por meio de uma nova interface chamada Lower Layer Split (LLS). A O-RAN Alliance selecionou um único ponto de divisão chamado Split 7.2x. O ponto de divisão (Split 7.2x) permite que a função de pré-codificação seja localizada na interface O-DU, que recebe o nome de Categoria A, ou na O-RU, chamada de Categoria B. A divisão sugerida pode ser vista na Figura 3, onde os blocos marcados com linhas tracejadas são opcionais dependendo da categoria desejada e se suporta Beamforming ou não. A Categoria A não suporta pré-codificação na unidade de rádio, enquanto a categoria B suporta pré-codificação na unidade de rádio e compressão de modulação. O Beamforming digital e analógico são opções presentes em ambas as categorias.



a) Split 7.2x Categoria A



b) Split 7.2x Categoria B

Figura 3: Especificação Split 7.2x (Categoria A e B) no DL (Ref: O-RAN Fronthaul Control, User and Synchronization Plane Specification v07.02)

A interface fronthaul O-RAN inclui o Plano de Controle (C-Plane - Control Plane), Plano de Usuário (U-Plane - User Plane), Plano de Sincronização (S-Plane - Synchronization Plane) e Plano de Gerenciamento (M-Plane - Management Plane) sobre a interface LLS. A O-RAN define esses planos de operação da seguinte forma:

- O plano de controle é responsável por definir o agendamento, a coordenação necessária para a transferência de dados e Beamforming, por exemplo;
- O plano de usuário é responsável pela transferência eficiente de dados dentro dos limites de tempo definidos de acordo com as numerologias NR;
- O plano de sincronização é responsável pelos aspectos de temporização e sincronização entre a O-DU e a O-RU;

- O plano de gerenciamento é responsável por gerenciar a unidade de rádio. O plano de gerenciamento fornece uma variedade de funções de gerenciamento para O-RU com o objetivo de definir parâmetros no lado da O-RU conforme exigido pelos planos de controle, usuário e sincronização, como por exemplo: gerenciar o software da O-RU.

Os planos de controle e usuário suportam uma pilha de protocolos que transmitem dados através dos protocolos eCPRI e/ou RoE. Vale ressaltar que, os protocolos User Datagram Protocol (UDP) e Internet Protocol (IP) podem ser utilizados de forma opcional para a transmissão de mensagens dos planos de controle e usuário. Em relação ao plano de sincronização, as especificações para a interface Fronthaul O-RAN definem os protocolos (Precision Time Protocol) PTP e SyncE como responsáveis para obtenção da sincronização precisa entre O-RU e O-DU. Para tanto, utiliza-se o relógio disponível (como referência de tempo para sincronização), localizado na O-DU. Por fim, o plano de gerenciamento utiliza protocolo NETCONF/YANG e Ethernet para a transmissão de mensagens de gerenciamento de rede.

### 3.2.1 Componentes de Hardware da Interface

A Figura 4 fornece um diagrama de bloco funcional de alto nível representando os principais componentes de HW/SW. Ele também destaca as interfaces internas/externas necessárias. Este documento mostra como implementar o sistema definido pelo documento OMAC-HAR [6] e O-RU, que pode ser realizado com diferentes arquiteturas de rádio de alto nível, baseadas em várias divisões funcionais e interfaces/interconexões entre esses blocos funcionais .

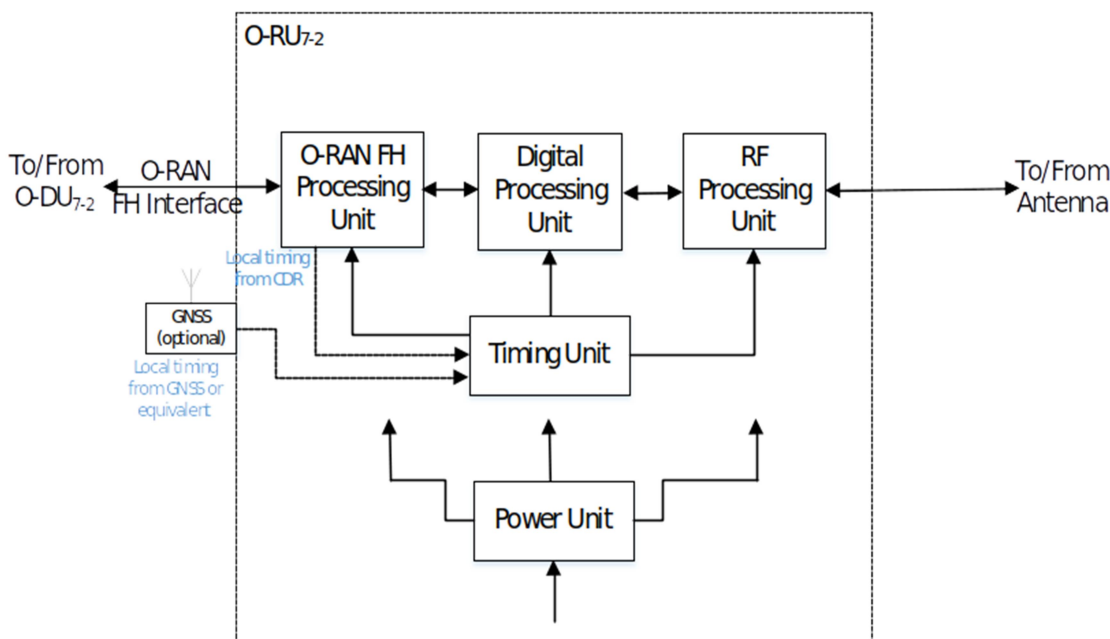


Figura 4: Diagrama de alto nível de blocos funcionais da O-RU (Ref: O-RAN White Box Hardware Working Group Outdoor Micro Cell Hardware Architecture and Requirements (FR1))

A Figura 5 mostra os detalhes do bloco de alto nível do exemplo de implementação de Hardware O-RU. A descrição de cada bloco da esquerda para a direita é dada abaixo.

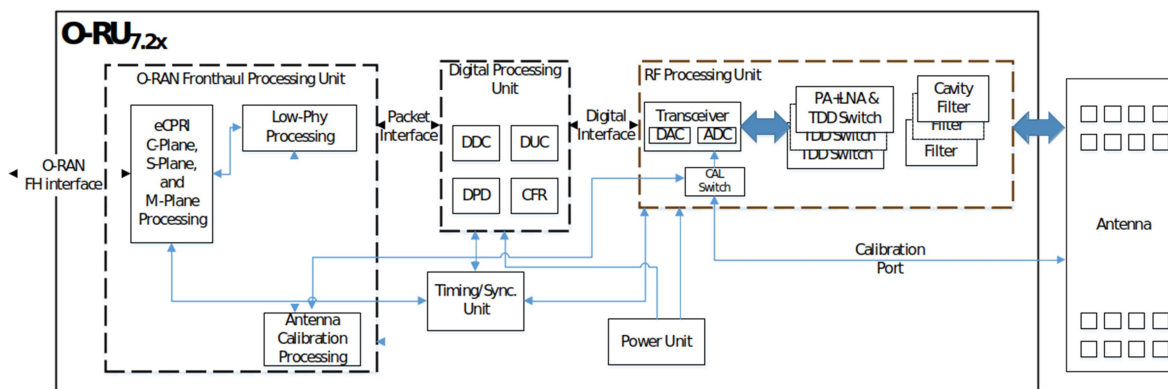


Figura 5: Implementação de exemplo de arquitetura O-RU (Ref: O-RAN White Box Hardware Working Group Outdoor Micro Cell Hardware Architecture and Requirements (FR1))

A O-RU se comunica com O-DU7-2x através da interface O-RAN fronthaul e os pacotes de controle/dados são processados pela unidade O-RAN fronthaul com a ajuda do bloco de processamento de plano (CUS). Posteriormente, os pacotes são processados por blocos funcionais Low-PHY, como codificação, embaralhamento, modulação, mapeamento de camada, pré-codificação, formação de feixe e mapeamento de elementos de recurso no downlink. A operação inversa é feita durante o processo de uplink. A saída do bloco Low-PHY é alimentada à unidade de processamento digital através da interface de pacote. Aqui é feita a conversão de frequência no domínio digital, ou seja, conversão digital ascendente (DUC) em DL e conversão descendente digital (DDC) em UL. Além disso, os algoritmos DPD e CFR são implementados na unidade de processamento digital para aumentar a eficiência do amplificador de potência, reduzindo o PAPR/ACLR no front-end de RF. A saída da unidade de processamento digital é alimentada à unidade de processamento de RF através da interface digital.

Os sinais digitais são convertidos em analógicos em DL e vice-versa em UL com a ajuda dos blocos funcionais DAC e ADC na unidade Transceptor, respectivamente. Os sinais são amplificados ainda mais com a ajuda de blocos funcionais como PA em DL e LNA em UL na unidade frontal de RF analógica. A saída do amplificador é alimentada a um filtro de cavidade para suprimir os sinais indesejados em DL e é feito antes da amplificação no caso de operação UL, ou seja, operação de recepção. A chave TDD é usada para alternar a operação entre DL e UL, ou seja, operações de transmissão e recepção. A saída do filtro de cavidade, ou seja, o O-RU é alimentada para a unidade de antena e então transmitida pelo ar. Três unidades de processamento, como FH, Digital e RF, são ativadas usando a unidade de energia e sincronizadas com a ajuda do bloco de sincronização/temporização. No caso do cenário de formação de feixe, a calibração da antena é implementada usando o bloco de processamento de calibração da antena. Isso coordena com a unidade de processamento Low-PHY e comutador de calibração (interruptor Cal) e processa os sinais vindos e indo para a porta de calibração da antena, para compensar os deslocamentos de amplitude e fase existentes em cada cadeia de RF. Outras implementações também são possíveis, reorganizando os blocos funcionais das unidades O-RAN FH, processamento digital e processamento de RF.



## 4 Requisitos para cenário específico

A O-RU especificada neste documento está voltada para o cenário SMP, definido como um serviço de telefonia móvel que permite a comunicação pessoal entre os assinantes, através de dispositivos móveis, com acesso à rede de telecomunicações. Este serviço é regulado pela Anatel no Brasil e é oferecido por diversas operadoras de telecomunicações. Além dele, existe também o SLP, que é definido como um serviço de telecomunicações que permite a comunicação entre usuários que pertencem a uma mesma organização, usando meios próprios de comunicação, sem acesso à rede pública de telecomunicações. Abaixo, descrevemos em maiores detalhes os casos de uso dos serviços SMP a serem cobertos pela O-RU aqui especificada.

### 4.1 Serviço Móvel Pessoal (SMP)

Dois dos principais cenários cobertos dentro do SMP são o “outdoor macro” e o “outdoor micro”, e que são o foco da O-RU descrita dentro deste documento.

O cenário “outdoor macro” refere-se à cobertura de rede móvel que é prestada por meio de torres de transmissão de grande porte em uma ampla área geográfica. As estações rádio-base (ERBs) normalmente operam em bandas de frequência mais baixas, como sub-6 GHz, que oferecem um raio de cobertura mais amplo, mas com taxas de transmissão mais baixas em comparação com bandas de frequência mais alta, como ondas milimétricas, devido à menor disponibilidade de amplas faixas de frequência para transmissão. Além disso, as ERBs nesse cenário geralmente estão localizadas em posições altas e em áreas abertas e sem grandes obstáculos, tais como montanhas, postes, entre outros, o que significa que ele é ideal para áreas urbanas e rurais.

Já o cenário “outdoor micro” refere-se à cobertura de rede móvel que é prestada por meio de ERBs de menor porte e menor potência, como painéis de transmissão, postes, entre outros. Esse tipo de cobertura fornece uma cobertura mais concentrada e de curto alcance, o que significa que ele é ideal para áreas urbanas densamente povoadas, onde há uma grande concentração de usuários. Podem operar tanto em faixas de frequência sub-6 GHz quanto em faixa de frequência de ondas milimétricas, a depender da disponibilidade de licenças para as bandas de frequência, densidade de usuários, da disponibilidade de *backhaul* e outros fatores.

O foco principal da O-RU especificada por este documento para SMP é o cenário “outdoor macro”, com um foco secundário no cenário “outdoor micro” operando em faixas de frequência sub-6 GHz. Outros dois cenários antevistos para serviço SMP são o “indoor macro” e “indoor micro”, ambos compreendendo ERBs instaladas dentro de edifícios, e que não estão previstos para serem cobertos pela O-RU especificada neste edifício.

Com relação às faixas de operação em radiofrequência, a O-RU especificada neste documento deve suportar a operação em faixas de operação, conforme tabela 1, em radiofrequência outorgada pela Anatel para operação de SMP, de modo que ela possa ser instalada e operada por qualquer operadora de SMP no Brasil. Especificamente, a Anatel regulamentou um conjunto de faixas para operação de SMP, para as quais os direitos de uso são outorgados pela Anatel mediante leilões. No momento, o Brasil possui 11 faixas de operação para SMP regulamentados pela Anatel conforme apresentado na Tabela 1, conforme regulamentação e outorgas da Anatel<sup>1</sup>.

---



**Tabela 1 - Faixas de frequência de operação para SMP**

BANDA DE OPERAÇÃO	BANDA DE DL [MHz]	BANDA DE UL [MHz]	BANDA TOTAL [MHz]	UTILIZAÇÃO E LARGURA DE BANDA [MHz]	NOTAS
n78 TDD	3300 - 3700	3300 - 3700	3300 - 3700	380, (400)	

**Tabela 2 - Requisitos Funcionais**

Parâmetro (Abrev.) [Unidade]	Requisito	Notas e Referência
Banda de Frequência	> 6 GHz (cn.urbano denso) ≤ 6 GHz (cenário urbano)	Descritas na Tabela 1, regulamentação Anatel SMP
Largura de banda instantânea (IBW)[MHz]	Até 100 (TDD)	
Largura de banda ocupada (OBW) [MHz]	Até 100 (TDD)	
Configuração do transceptor	4T4R	
Potência de transmissão por antena [W]	20W	Por saída
EVM na máxima potência de saída	< 8% < 3,5%	64QAM 256QAM Outras modulações na TS38.104
Distância para O-DU via interface de Fronthaul [m]	< 40.000	
Latência (retardo) máxima na Interface de Fronthaul [us]	< 200	Na distância máxima
Figura de ruído (NF) [dB]	< 1.9 tip. (2.5 max.)	[TIP]
Sensibilidade RX	p/ throughput ≥ 95% do max.	Anexo A.1 da TS38.104 tab.7.2.2-1

Ref. Outdoor Macro Cell (O-RAN.WG7.OMAC-HAR.0-v03.00)

## 4.2 Requisitos técnicos comuns

Os requisitos designados ao módulo O-RU7-2x, devem atender satisfatoriamente as condições de desempenho elétrico, pureza espectral, operacionalidade e robustez do equipamento definido por normas específicas. A Tabela 3 apresenta requisitos fundamentais de robustez, instalação, infra-estrutura, sinalização e operação do módulo. De forma complementar, a Tabela 4 apresenta normas aderentes aos requisitos apresentados na Tabela 3. Desta forma, os requisitos fundamentais também se apoiam

dentro das normas da agência reguladora na avaliação da Conformidade de Produtos para Telecomunicações no País.

**Tabela 3 - Requisitos Fundamentais do módulo O-RU7-2x**

CLASSE	REQUISITO	VALOR	COMENTÁRIOS
SINALIZAÇÃO & OPERAÇÃO	Potência consumida no modo ocioso [W]	<120 (4 x 20W 4T4R)	Atender a Tabela 1B - Linha 1 & 3 (verificar sub-item aplicável)
	Potência de transmissão por antena [W]	4 x 20	Atender a Tabela 1B - Linha 1 & 3 (verificar sub-item aplicável)
	Banda(s) de Frequência / [MHz]	3.300 ~ 3.700 (n78)	Atender a Tabela 1B - Linha 8 (verificar sub-item aplicável)
	Largura de banda instantânea (IBW)[MHz]	100 ~ 400 (TDD)	
	Largura de banda ocupada (OBW) [MHz]	< 100 (TDD)	
	Configuração das antenas (número de transceptores) e Multi-modos	4T4R (TDD)	
	Operação Multi-banda	Banda larga TDD	
	Modo de Modulação	DL:QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM UL: $\pi/2$ -BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	
	Latência (retardo) máxima na interface de Fronthaul [us]	< 200 (na distância máxima)	
	Indicação de alarmes	indicadores led multicores para status RUN, ALM, ACT e VSWR	
Eficiência energética	$\geq 40\%$ (RRH 4T4R 100% carga de tráfego)		
ROBUSTEZ	Faixa de temperatura ambiente de operação	-10 ~ 55	

	[°C]		
	MTBF para confiabilidade e alta disponibilidade [horas]	≥ 300.000	
	Compatibilidade eletromagnética	Ensaio de emissões de perturbações EM	Atender a Tabela 1B - Linha 7 (verificar subitem aplicável)
	Compatibilidade eletromagnética	Ensaio de imunidade a perturbações EM	Atender a Tabela 1B - Linha 7 (verificar subitem aplicável)
	Compatibilidade eletromagnética	Ensaio de resistibilidade a perturbações EM	Atender a Tabela 1B - Linha 7 (verificar subitem aplicável)
	Ventilação	Natural (sem ventoinha)	
	Nível de Proteção IP	IP65	
INSTALAÇÃO & INFRA	Distância entre células [m]	5.000 a 25.000	
	Distância para O-DU separada da O-RU via interface de Fronthaul [m]	≤ 40.000	

**Tabela 4 - Normas aplicáveis para testes de conformidade**

NORMA	DESCRIÇÃO	ITEM	TIPO	COMENTÁRIOS
TS 138 104 (V16.6.0)	TRANSMISSÃO CONDUZIDA	6.0	ANÁLISE DE CARACTERÍSTICA A	Exceto quando ao contrário, as características do transmissor conduzido são especificadas no conector de antena para BS tipo 1-C e no conector TAB para BS tipo 1-H, com um conjunto completo de unidades transceptoras para a configuração em condições normais de operação.
TS 138 104 (V16.6.0)	RECEPÇÃO CONDUZIDA	7.0	ANÁLISE DE CARACTERÍSTICA A	As características do receptor conduzido são especificadas no conector de antena para BS tipo 1-C e no conector TAB para BS tipo 1-H, com complemento total de transceptores para a configuração

				em condições normais de operação.
TS 138 104 (V16.6.0)	TRANSMISSÃO RADIADA	9.0	ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS A	Os requisitos de características do transmissor irradiado se aplicam ao BS tipo 1-H, BS tipo 1-O ou BS tipo 2-O, incluindo todos os seus componentes funcionais ativos e para todos os modos de operação previstos do BS, exceto quando indicação em contrário.
TS 138 104 (V16.6.0)	RECEPÇÃO RADIADA	10.0	ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS A	As características do receptor irradiado são especificadas no RIB para BS tipo 1-H, BS tipo 1-O ou BS tipo 2-O, com complemento total de transceptores para a configuração em condições normais de operação.
TS 138 104 (V16.6.0)	SINAL IRRADIADO	11.0	ANÁLISE DE DESEMPENHO	Os requisitos de desempenho irradiado especificam a capacidade da BS tipo 1-O ou BS tipo 2-O de demodular corretamente os sinais irradiados em várias condições e configurações. Os requisitos de desempenho irradiado são especificados no RIB.
TS 138 104 (V16.6.0)	SINAL CONDUZIDO	8.0	ANÁLISE DE DESEMPENHO	Os requisitos de desempenho conduzidos especificam a capacidade da BS tipo 1-C ou BS tipo 1-H de demodular sinais corretamente em várias condições e configurações. Os requisitos de desempenho conduzidos são especificados no(s) conector(es) da antena (para BS tipo 1-C) e no(s) conector(es) TAB (para BS tipo 1-H).
ANATEL - Ato nº 1120	Requisitos Técnicos de Compatibilidade Eletromagnética	ANEXO 1	EMC	Avaliação da conformidade de produtos para telecomunicações
ANATEL - Res 757	Uso de Faixas de Radiofrequências		ESPECTRO	Objetivo estabelecer as condições de uso de faixas de radiofrequências destinadas a serviços de telecomunicações no Brasil

### 4.3 Requisitos da Interface

Os requisitos relacionados à interface Open Fronthaul da O-RU estão listados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Requisitos de interface Open Fronthaul para módulo da O-RU**

Parâmetros	Requisitos	Prioridade
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve estar em conformidade com a especificação de plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve estar em conformidade com a especificação O-RAN M-plane [10]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve estar em conformidade com o M-Plane IOT Profile 1 especificado na especificação O-RAN M-plane [10]	Alto
Interface Open Fronthaul	<p>A O-RU deve suportar pelo menos um dos seguintes modelos baseados em NETCONF/YANG para o plano de gerenciamento, conforme especificado na especificação O-RAN M-plane [10]:</p> <p>(a) modelo de arquitetura hierárquica</p> <p>(b) modelo de arquitetura híbrida</p>	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar conexão direta entre O-RU e O-DU para sincronização fronthaul conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar conexão em ponte LLS-C2 e LLS-C3 entre O-RU e O-DU para sincronização fronthaul conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4].	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve atender a todos os casos de teste especificados na especificação O-RAN IOT [11]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar compressão de ponto flutuante de bloco conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]. Os bits de compressão devem ser configuráveis através do EMS.	Alto

Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar o método de atraso de transporte pré-configurado, conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar supressão de transmissão conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar os contadores especificados na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar o formato de cabeçalho eCPRI, tipo de seção e mensagens de tipo de extensão de seção conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar a sincronização G.8275.1 conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar a sincronização G.8275.2 conforme especificado na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto
Interface Open Fronthaul	A O-RU deve suportar os protocolos IEEE 1914.3, ITU-T G.826x, G.827x especificados na especificação do plano O-RAN CUS [4]	Alto

#### 4.4 Requisitos de Elementos de Funcionalidade e Processamento

A Tabela 6 mostra os blocos gerais necessários para o projeto. Os elementos principais implementados neste projeto devem ser dimensionados para suportar os requisitos mostrados no documento OMAC-HAR [6]. Especificamente, o DPU deve suportar até 200 MHz de BW ocupada com até duas portadoras de componentes de 100 MHz. Além do processamento de sinal, o DPU deve suportar o manuseio dos planos C, U, S e M. Os principais blocos de processamento no DPU são mostrados na Tabela 6.

**Tabela 6 - Blocos funcionais para o FPGA (módulo da O-RU) de acordo com o Split 7-2x**

Item	Descrição	Split 7-2x Cat-A
FFT & CP remove	Aplicar a FFT e remover o prefixo cíclico ao sinal para processamento de uplink	Obrigatório
iFFT & CP add	Aplicar a iFFT e adicionar o prefixo cíclico ao sinal para processamento de downlink	Obrigatório
Front End PRACH	Processamento Front End (Canal de acesso aleatório físico)	Obrigatório
DDC	Conversor de descida (down) digital de componente de portadora	Opcional
DUC	Conversor de subida (up) digital de componente de portadora	Opcional
CFR	Redução do fator de crista (pico)	Opcional
DPD	Pré-distorção digital	Opcional
Planos C/U/M	Processamento do plano de controle, usuário e gerenciamento	Obrigatório
Protocolo 1588	Protocolo de sincronização IEEE 1588	Obrigatório
eCPRI	Evolved Common Public Radio Interface	Obrigatório
Compressão dos dados IQ	Compressão/descompressão dos dados IQ para redução tráfego na interface fronthaul	Opcional

---

Beamforming	Processo de conformação de feixes	Opcional
Pré codificação	Pré codificação	Opcional
Mapeamento de REs	Mapeamento dos elementos de recurso de rádio	Opcional



---

## 5 Referência bibliográfica

[1] Ref. Anatel: *Panorama\_Relatorio\_de\_Radiofrequencia\_2021\_final\_ATC\_v2*

Disponível em: < [https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/relatorios-de-acompanhamento/2021#R2021\\_46](https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/relatorios-de-acompanhamento/2021#R2021_46) >. Acesso em: 03 de Abr. de 2023.

[2] O-RAN Alliance WG1, ed. 2022. "O-RAN Architecture Description." 7.0.

Disponível em: <<https://orandownloadsweb.azurewebsites.net/specifications>>.

Acesso em: 31 de mar. de 2023.

[3] Projeto OpenRAN @Brasil Fase 2, ed. 2022. Disponível em:

<<https://ppi.facti.com.br/validacao.html>>. Acesso em: 31 de mar. de 2023.

[4] ETSI TS 138 104 V15.7.0 (2019-10). 5G;. NR;. Base Station (BS) radio transmission and reception. (3GPP TS 38.104 version 15.7.0 Release 15).

Disponível em:

<[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/138100\\_138199/138104/15.07.00\\_60/ts\\_138104v150700p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138100_138199/138104/15.07.00_60/ts_138104v150700p.pdf)>. Acesso em: 03 de Abr. de 2023.

---

**6 Histórico de alterações do documento consolidado**

<b>Data de emissão</b>	<b>Versão</b>	<b>Descrições das alterações realizadas</b>
31/Jan/23	AA	Criação de template de documento de especificações.
06/Fev/23	AB	Revisão do documento, inserindo novas contribuições, tabelas etc.
15/Fev/23	AC	Ajustes de referência cruzada e citações.
23/Mar/23	AD	Ajustes de Requisitos Técnicos e definição da Banda a ser atendida

## 7 Execução e aprovação

**Elaborado por:**

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações  
Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações  
Instituto de Pesquisas Eldorado - CAMPINAS

**Revisado por:**

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações  
Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações  
Instituto de Pesquisas Eldorado - CAMPINAS

**Aprovado por:**

Rede Nacional de Ensino e Pesquisa

Data da emissão: 03/04/23