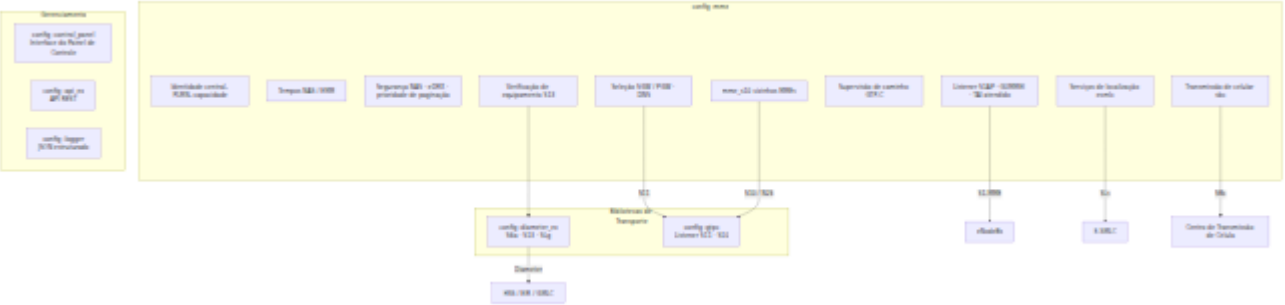
Referência de Configuração do OmniMME

OmniMME é configurado via `/etc/omnimme/runtime.exs`. Este arquivo é avaliado na inicialização e substitui os padrões de tempo de compilação. As alterações requerem uma reinicialização do serviço para entrar em vigor.

Estrutura da Configuração

A configuração é agrupada por aplicativo OTP. O aplicativo `:mme` contém o comportamento central do MME e os parâmetros para cada interface que o MME origina; as bibliotecas de nível de transporte (`:diameter_ex`, `:gtpc`) e as superfícies de gerenciamento (`:control_panel`, `:api_ex`) são configuradas sob suas próprias chaves.



Índice

- Parâmetros Centrais do MME
- Tempos EMM / NAS
- Segurança NAS
- DRX de Modo Ocioso Estendido (eDRX)
- Prioridade de Paginação

- Mapeamento de Causa de Rejeição
- Verificação de Identidade do Equipamento (S13)
- Interface S1AP
- GUMMEI Atendido
- TAI Atendido
- Gateway de Serviço (SGW)
- Gateway de Rede de Dados de Pacote (PGW)
- MME Vizinhos (S10)
- Supervisão de Caminho GTP-C
- Diameter (S6a / S13 / SLg)
- GTPv2-C (S11)
- Transmissão de Célula (SBc)
- Serviços de Localização (E-SMLC / SLs)
- NIDD / CIoT de Plano de Controle (T6a)
- Painel de Controle
- API REST
- Registro
- Exemplo de Configuração

Parâmetros Centrais do MME

```
config :mme,
  mme_name: "omnimme",
  operator_name: "Omnitouch",
  country: "Australia",
  network_name_short: "omnitouch",
  network_name_long: "omnitouch",
  timezone: "Australia/Sydney",
  default_apn: "internet",
  apn_oi_domain: :gprs,
  mme_capacity: 255,
  home_plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
  emergency_support_enabled: true
```

Parâmetro	Tipo	Necessário	Padrão	De
`mme_name`	String	Sim	-	Nome le humanc nó MME registro
`operator_name`	String	Não	-	Rótulo c associa doméstı ao lado Painel c usado a rede do
`country`	String	Não	-	Rótulo c associa doméstı para ex de `oper`
`network_name_short`	String	Sim	-	Nome c enviadc Informa Aceitaç Anexaç Normalı abrevia do oper
`network_name_long`	String	Sim	-	Nome c rede en na Infor Aceitaç Anexaç

Parâmetro	Tipo	Necessário	Padrão	De
`timezone`	String	Sim	-	Nome d IANA us formata timesta de Cont exempl `"Austra` `"Etc/U` afeta a NAS.
`default_apn`	String	Sim	-	APN usa conexõ quando solicita específi
`apn_oi_domain`	Atom	Não	`:gprs`	Control Identific Operad OI) ane solicitad formar Veja Ide Operad
`mme_capacity`	Inteiro	Sim	-	Capacid do MME para eN Setup (por eNo balance conexõe UEs ent disponí

Parâmetro	Tipo	Necessário	Padrão	De
				substitu em tem execuçã de Cont reinicia
`home_plmn`	Mapa	Sim	-	Identida domést corresp PLMN c HSS e u provisã Parâme
`emergency_support_enabled`	Booleano	Não	`false`	Quando aceita s anexaç emergê autenti conform em 3GP §5.3.4.1

Parâmetros PLMN

Parâmetro	Tipo	Descrição
`mcc`	String	Código do País Móvel — string de três dígitos (por exemplo, `"001"`).
`mnc`	String	Código da Rede Móvel — string de dois ou três dígitos (por exemplo, `"01"`).

Identificador do Operador APN

A APN enviada pelo UE (o Identificador de Rede APN, por exemplo, `internet`) é combinada com um sufixo de **Identificador do Operador APN (APN-OI)** para formar o APN-FQDN totalmente qualificado usado para seleção de P-GW e armazenado na sessão (TS 23.003 §9.1.2 / §19.4.2.2). O mesmo sufixo é removido novamente ao corresponder os nomes de APN bare provisionados na assinatura, de modo que um assinante provisionado com `internet` corresponda a uma solicitação que o MME expandiu para `internet.mnc001.mcc001.gprs`.

`apn_oi_domain` seleciona qual forma de sufixo é usada. O `<MNC>`/`<MCC>` são extraídos do PLMN correspondente do assinante.

Valor	APN-FQDN Resultante	Notas
`:gprs` (padrão)	`<apn>.mnc<MNC>.mcc<MCC>.gprs`	Forma de APN-OI legada.
`:epc`	`<apn>.apn.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org`	Forma de APN-OI EPC usada para seleção de P-GW baseada em S-NAPTR / DNS.
`:none`	`<apn>`	Sem sufixo; a APN bare é usada de ponta a ponta. Use quando o P-GW e a assinatura esperam APNs sem sufixo.

Como funciona: para um assinante no PLMN MCC 001 / MNC 01 solicitando `internet`, `:gprs` produz `internet.mnc001.mcc001.gprs`, `:epc` produz `internet.apn.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org`, e `:none` produz `internet`. O sufixo é aplicado consistentemente a assinantes domésticos e visitados e é removido antes que a APN seja correspondente à lista de APNs

provisionadas, portanto, mudar esse valor não requer reprovisionamento de nomes de APN bare no HSS.

Caso de uso: defina `:epc` quando a seleção de P-GW depender da convenção 3GPP EPC APN-FQDN/S-NAPTR; defina `:none` para núcleos que provisionam e roteiam com base em strings de APN bare.

> **Obsoleto:** `persistent_emm_deregistered_cleanup_interval` e `persistent_ecm_idle_cleanup_interval` eram intervalos de evacuação de contexto em versões anteriores. Eles **não são mais lidos pelo OmniMME** — deixá-los em `runtime.exs` não tem efeito. O ciclo de vida do contexto do UE agora é regido pelos temporizadores de Atingível Móvel e Desanexação Implícita baseados em padrões (veja Tempos EMM / NAS); um UE que não consegue realizar um TAU periódico é desanexado implicitamente e seu contexto removido.

Tempos EMM / NAS

OmniMME expõe os temporizadores NAS 3GPP de TS 24.301 §10.2 / Anexo B e os temporizadores de gerenciamento de mobilidade de TS 23.401 §5.3.5. Todos os valores são inteiros; a unidade é observada por temporizador. Cada temporizador tem um padrão de especificação e pode ser omitido.

```
config :mme,
  t3412: 3240,  # intervalo TAU periódico, segundos (54 min)
  t3485: 8,    # segundos (padrão da especificação T3485 = 8 s)
  t3413: 5,
  paging_max_attempts: 3,
  t3346: 600,
  t3396: 600,
  t3450: 6,
  t3460: 6,
  t3470: 6,
  t3486: 8,
  t3489: 4,
  t3492: 6,
  nas_max_retransmissions: 4,
  m_tmsi_freeze_interval: 60
```

Parâmetro	Tipo	Unidade	Padrão	De
`t3412`	Inteiro	**segundos**	- (necessário)	Intervalo T enviado a Aceitação Anexação realizam u periódico temporiza permanec Codificado Temporiza (TS 24.00 62 s em u segundos unidades caso cont unidades (décima h por exemp enviado c (9 décima Usado cor **de rede** s assinatura carregar `S` `Periodic-Timer`; um fornecido honrado e
`t3485`	Inteiro	**segundos**	- (necessário)	Intervalo retransmi Solicitaçã de Portad Ativar/Mo (Dedicado

Parâmetro	Tipo	Unidade	Padrão	De
				final, o pr ESM é aba SGW é inf o procedir portadora Também u intervalo retransmi para a Sol Informaçã
`t3413`	Inteiro	segundos	`5`	Temporiza de pagina §5.3.4.3). MME retra página.
`paging_max_attempts`	Inteiro	contagem	`3`	Total de te página an desista e Indicação Notificaçã Downlink
`t3346`	Inteiro	segundos	`600`	Congestio (gerencia mobilidad Enviado a IE de Tem em rejeiçó congestio que ele nã novament imediatan 24.301 §4

Parâmetro	Tipo	Unidade	Padrão	De
`t3396`	Inteiro	segundos	`600`	Congestio (gerenciar sessão) re Enviado e ESM de congestio
`t3450`	Inteiro	segundos	`6`	Temporiza retransmi Aceitação Aceitação Comando de GUTI (i rede, agu correspon Completa
`t3460`	Inteiro	segundos	`6`	Temporiza retransmi Solicitaçã Autentica de Modo c
`t3470`	Inteiro	segundos	`6`	Temporiza retransmi Solicitaçã
`t3486`	Inteiro	segundos	`8`	Temporiza retransmi Solicitaçã do Contex EPS Padrã
`t3489`	Inteiro	segundos	`4`	Supervisio Informaçã

Parâmetro	Tipo	Unidade	Padrão	De
				24.301 §6 quando o Solicitaçã ESM; se o retornar a Informaçã deste tem abortado Anexação em si não retransmi
`t3492`	Inteiro	segundos	`6`	Temporiza retransmi caminho d (iniciado p desconexa
`nas_max_retransmissions`	Inteiro	contagem	`4`	Máximo d retransmi mensager pela rede procedime abortado Anexo B: 4 retransmi transmiss
`m_tmsi_freeze_interval`	Inteiro	segundos	`60`	Período de durante o TMSI cong Resposta (PUA-Flag TMSI, TS 2 excluído d

Móvel Atingível & Desanexação Implícita

```
config :mme,
  mobile_reachable_timer: 2640,   # segundos; padrão = (t3412 em segundos) + 240
  implicit_detach_timer: 2640     # segundos; padrão = (t3412 em segundos) + 240
```

Parâmetro	Tipo	Unidade	Padrão	Descrição
`mobile_reachable_timer`	Inteiro	segundos	`t3412 + 240`	Iniciado quando um UE entra em ECM-IDLE (TS 23.401 §5.3.5). Deve ser maior que o temporizador TAU periódico.
`implicit_detach_timer`	Inteiro	segundos	`t3412 + 240`	Iniciado quando o temporizador Móvel Atingível expira. Na sua expiração, o UE é desanexado implicitamente e seu contexto removido.

Segurança NAS

Política de algoritmos de cifra e integridade NAS (TS 33.401 §5). Para cada UE, o MME seleciona o algoritmo configurado de maior prioridade que o UE suporta, sinalizado no Comando de Modo de Segurança. Liste os algoritmos do mais forte para o mais fraco.

A **integridade NAS é sempre aplicada** (EIA2 por padrão): cada mensagem NAS após o Comando de Modo de Segurança é protegida por integridade, e o UE é autenticado contra o HSS. A **cifra NAS está DESLIGADA (EEA0/nulo) por padrão** — os payloads NAS já são protegidos por integridade e o portador de rádio que os transporta é cifrado na camada AS (PDCP) sobre o ar, portanto, a cifra NAS nula maximiza a interoperabilidade sem enfraquecer a confidencialidade na interface aérea.

```
config :mme,
  nas_security: %{
    # Cifra desligada por padrão (omita a chave para o mesmo
efeito):
    ciphering: [:eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  }
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`ciphering`	Lista	`[:eea0]`	Preferência ordenada de algoritmos de cifra NAS. Valores válidos: `:eea0` (nulo / desligado), `:eea2` (128-EEA2, AES-CTR). **O padrão é cifra desligada.** Veja Cifras Implementadas para entender por que `:eea1`/`:eea3` não são selecionáveis.
`integrity`	Lista	`[:eia2, :eia1, :eia3]`	Preferência ordenada de algoritmos de integridade NAS. Valores válidos: `:eia1`, `:eia2`, `:eia3`. O algoritmo de integridade nulo `:eia0` é deliberadamente **não** selecionável para um UE autenticado e não deve ser adicionado aqui.

Se `nas_security` for omitido, os padrões acima se aplicam (cifra desligada, integridade EIA2).

Cifras Implementadas

O MME implementou apenas dois algoritmos de cifra NAS — **EEA0** (nulo) e **128-EEA2** (AES-CTR, TS 33.401 §5.1.3.2). 128-EEA1 (SNOW 3G) e 128-EEA3 (ZUC) **não estão implementados**.

Para proteger contra uma má configuração que selecionaria uma cifra que o MME não pode executar — o que deixaria o NAS de downlink ilegível para o UE e pararia o anexo — a lista de `ciphering` configurada é filtrada para o conjunto implementado antes da seleção. Qualquer entrada `:eea1`/`:eea3` é descartada e registrada com um aviso (`ignorando algoritmos de cifra NAS não implementados`); se o filtro deixar a lista vazia, o MME recua para o conjunto implementado. A ordem de prioridade configurada é preservada entre as entradas sobreviventes.

Habilitando EEA2

Para ativar a cifra NAS, liste `:eea2` antes de `:eea0`:

```
config :mme,
  nas_security: %{
    ciphering: [:eea2, :eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  }
```

Como funciona: o MME oferece 128-EEA2 no Comando de Modo de Segurança. Um UE que anuncia suporte a EEA2 em sua Capacidade de Rede do UE recebe cifra NAS AES-CTR; um UE que não suporta EEA2 recua para `:eea0` (nulo), de modo que o anexo ainda seja concluído.

Caso de uso: implantações que exigem confidencialidade na camada NAS além da cifra sempre presente na camada AS (PDCP) — por exemplo, para proteger a sinalização NAS em um segmento de backhaul que não está de outra forma criptografado.

Referência de Algoritmo de Cifra NAS

Valor	Algoritmo	Implementado	Referência
`:eea0`	Nulo (sem cifra)	Sim	TS 33.401 §5.1.3.2
`:eea1`	128-EEA1 (SNOW 3G)	**Não** — descartado com um aviso	TS 33.401 Anexo B
`:eea2`	128-EEA2 (AES-128-CTR)	Sim	TS 33.401 Anexo B
`:eea3`	128-EEA3 (ZUC)	**Não** — descartado com um aviso	TS 33.401 Anexo B

DRX de Modo Ocioso Estendido (eDRX)

```
config :mme,
  edrx_enabled: true
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`edrx_enabled`	Booleano	`false`	Quando `true`, o MME concede os Parâmetros de DRX Estendidos solicitados pelo UE na Aceitação de Anexação/TAU e alinha a paginação à janela eDRX (TS 23.401 §4.3.5.9 / TS 24.301 §9.9.3). Quando `false`, o eDRX é inerte e os UEs paginam em seu ciclo normal de DRX.

Conectividade Dupla com NR (EN-DC / NR-NSA)

```
config :mme, :dcnr,
  enabled: true
```

EN-DC (E-UTRAN New Radio – Conectividade Dupla, "NSA") permite que um UE use um gNB como um nó secundário enquanto o eNB permanece como o mestre. NSA é impulsionado pela RAN, então o papel do MME é decidir se um UE pode usar NR como um RAT secundário e sinalizar essa decisão consistentemente para o UE (a flag `RestrictDCNR` no IE de Suporte a Recursos de Rede EPS, TS 24.301 §9.9.3.12A) e para o eNB (a extensão `NRrestrictioninEPSasSecondaryRAT` na Lista de Restrições de Handover S1AP, TS 36.413).

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`enabled`	Booleano	`true`	Quando `true`, DCNR é permitido em toda a rede e controlado por assinante: um assinante cujo HSS Access-Restriction-Data tem o bit "NR como RAT Secundário Não Permitido" definido (TS 29.272 §7.3.31) é restrito, todos os outros são permitidos. Quando `false`, DCNR é restrito para **cada** UE, independentemente da assinatura — defina isso se a rede não tiver implantação de NR. Padrão é `true`, preservando o comportamento anterior de anunciar DCNR como permitido.

Quando DCNR é restrito (por configuração ou assinatura), o MME define `RestrictDCNR` na Aceitação de Anexação/TAU e envia uma Lista de Restrições de Handover contendo `NRrestrictioninEPSasSecondaryRAT` para o eNB. O uso de NR como RAT secundário relatado pelo eNB é encaminhado para o SGW/PGW para cobrança em uma liberação S1 iniciada pelo eNB (TS 23.401 §5.7A).

Prioridade de Paginação

```
config :mme,
  paging_priority_arp_threshold: 8
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`paging_priority_arp_threshold`	Inteiro	`nil`	Limite de nível de prioridade ARP para o IE de Prioridade de Paginação S1AP (TS 23.401 §4.3.7.4 / TS 36.413). Quando definido como um inteiro N (1–15), uma página para um UE cujo nível de prioridade de portadora ativa mais importante é ≤ N carrega o IE de Prioridade de Paginação (nível ARP mapeado para `priolevel1`–`priolevel8`, 1 = mais alto), então assinantes MPS / de serviço prioritário são paginados preferencialmente. Quando `nil`, nenhum IE de Prioridade de Paginação é enviado.

Mapeamento de Causa de Rejeição

Ambos os mapas substituem as tabelas de mapeamento padrão integradas; chaves ausentes mantêm seus padrões. Eles são indexados pelos nomes simbólicos estáveis definidos em `Mme.Control.Emm.CauseMapping` / `Mme.Control.Esm.CauseMapping`. Use-os para forçar uma rejeição *permanente* para que um UE não provisionado pare de tentar (problema #26).

```
config :mme,
  emm_cause_mapping: %{
    rat_not_allowed: :plmn_not_allowed,
    default: :no_suitable_cells_in_tracking_area
  },
  esm_cause_mapping: %{
    apn_access_denied_no_subscription:
:operator_determined_barring,
    default: :missing_or_unknown_apn
  }
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`emm_cause_mapping`	Mapa	`%{}`	Sobrescritas de causa EMM → result de Diameter. Quando uma Resposta Atualização de Localização S6a falh MME rejeita o Anexo/TAU do UE com uma causa EMM derivada do Códigc Resultado Diameter / Código de Resultado Experimental. As chaves simbólicas incluem `:user_unknown`, `:unknown_eps_subscription`, `:rat_not_allowed`, `:roaming_not_allowed`, `:authorization_rejected`, `:realm_not_served`, `:default` (lista completa em `Mme.Control.Emm.CauseMapping`).
`esm_cause_mapping`	Mapa	`%{}`	Sobrescritas de causa ESM → falha C C. Quando o SGW/PGW rejeita uma Solicitação de Criação de Sessão, o rejeita a conectividade PDN com um causa ESM derivada da falha. As cha simbólicas incluem `:no_resources_available`, `:all_dynamic_addresses_are_occu` `:service_denied`, `:apn_access_denied_no_subscript` `:default` (lista completa em `Mme.Control.Esm.CauseMapping`).

Verificação de Identidade do Equipamento (S13)

```
config :mme,
  s13: %{
    enabled: true,
    allowed_equipment_status: [:whitelist, :greylist]
  }
```

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	D
`enabled`	Booleano	Não	`false`	Q `t` O e S d V d I d p v d a a D S d d (v D
`allowed_equipment_status`	Lista	Não	`[:whitelist]`	V s e r p s p p V a `:` `:` `:`

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	I
				A `:` p di n n c c c D T §

Interface S1AP

```
config :mme,
  s1ap: %{
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 36412,
    secondary_bind_ips: ["192.0.2.11"]
  }
```

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`listen_ip`	String	Sim	-	Endereço IP principal no qual o MME escuta associações SCTP S1AP de eNodeBs. Deve ser um IP de interface específico — não use `0.0.0.0`.
`listen_port`	Inteiro	Não	`36412`	Porta SCTP para conexões S1AP. A porta padrão é 36412 conforme TS 36.412.
`secondary_bind_ips`	Lista	Não	`[]`	Endereços IPv4 locais adicionais vinculados juntamente com `listen_ip` para multihoming SCTP / redundância de caminho (TS 36.412 / RFC 4960 §5). Esses endereços são anunciados

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
				para pares como caminhos alternativos e **também são aplicados aos ouvintes SCTP SBc e SLs**. O padrão é single-homed.

GUMMEI Servido

A lista de Identificadores GUMMEI Globalmente Únicos declara quais combinações de PLMN, Grupo MME e Código MME este MME serve. Isso é anunciado para eNodeBs durante a Configuração S1 e usado para paginação baseada em S-TMSI e transferência.

```
config :mme,
  served_gummei: [
    %{
      plmn_list: [
        %{mcc: "001", mnc: "01"}
      ],
      group_id: 1,
      code: 2
    }
  ]
```

Parâmetros GUMMEI:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descrição
`plmn_list`	Lista	Sim	Um ou mais PLMNs servidos sob esta entrada GUMMEI. Cada entrada usa as chaves `mcc` e `mnc` conforme descrito em Parâmetros PLMN.
`group_id`	Inteiro	Sim	ID do Grupo MME (0–65535). Agrupa MMEs que compartilham contexto de UE para transferência dentro do mesmo pool.
`code`	Inteiro	Sim	Código MME (0–255). Identifica exclusivamente este MME dentro de seu grupo. Junto com o ID do grupo e PLMN, forma o GUMMEI. Definido em TS 23.003 §2.8.4.

O GUMMEI também determina quais GUTIs são reconhecidos como **locais** versus **estrangeiros**. Um UE apresentando um GUTI estrangeiro em TAU aciona uma Solicitação de Contexto S10 para o MME anterior — veja MME Vizinho (S10).

TAI Servido

A lista de Identidades de Área de Rastreamento declara quais TAIs este MME aceita UEs. eNodeBs cujos TAIs não estão nesta lista terão esses TAIs rejeitados durante a Configuração S1.

```
config :mme,
  served_tai: [
    %{
      plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
      tac_list: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 100, 2899, 10000]
    }
  ]
```

Parâmetros de Entrada TAI:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descrição
`plmn`	Mapa	Sim	PLMN para este grupo TAI. Usa as chaves `mcc` e `mnc`.
`tac_list`	Lista	Sim	Lista de Códigos de Área de Rastreamento (inteiros, 0–65535) servidos sob este PLMN. Adicione um TAC para permitir que UEs acampem nessa área para anexar.

Múltiplas entradas suportam implantações multi-PLMN ou configurações MOCN.

Gateway de Serviço (SGW)

OmniMME suporta dois métodos de seleção de SGW: lista de pares estática ou pesquisa de topologia baseada em DNS. O método pode ser escolhido globalmente ou **por tipo de assinante** (doméstico vs. roaming).

```
config :mme,
  sgw: %{
    # Um átomo (aplicado a ambos os tipos) ou um mapa por tipo,
e.g.
    #   %{home: :random_peer, roaming: :dns_lookup}
    selection_method: :random_peer,
    dns: [
      %{
        server: "192.0.2.53",
        domain: "3gppnetwork.org",
        type: :home
      }
    ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.20",
        host: "sgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123,
        type: :home
      }
    ]
  }
```

Parâmetros SGW de nível superior:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`selection_method`	Átomo | Mapa	Sim	-	Como o OmniMME seleciona um SGW. `:random_peer` — seleciona aleatoriamente entre `peers`; `:dns_lookup` — resolve uma consulta DNS de topologia conforme TS 29.303. Pode ser um mapa por tipo `%{home: ..., roaming: ...}` para usar, e.g., pares estáticos para assinantes domésticos e DNS para visitantes.
`dns`	Lista	Não	`[]`	Configuração do resolvedor DNS, usada quando o método efetivo é `:dns_lookup`. Veja Parâmetros DNS.
`peers`	Lista	Não	`[]`	Lista de pares SGW estáticos, usada quando o método efetivo é

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
				`:random_peer`. Veja Parâmetros de Par SGW/PGW.

Parâmetros DNS

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descrição
`server`	String	Sim	Endereço IP do servidor DNS a ser consultado para seleção de nó baseada em topologia.
`domain`	String	Sim	Domínio base para consultas DNS EPC. O OmniMME adiciona `epc.mncYYY.mccZZZ.` ao construir nomes de pesquisa conforme TS 23.003 §19.4.
`type`	Átomo	Sim	Tipo de topologia: `:home`, `:roaming` ou `:home_and_roaming`.

> **O DNS EPC é consultado via TCP.** O OmniMME envia todas as consultas de seleção de nó (NAPTR / SRV / A / AAAA) para o `server` configurado via **TCP na porta 53** — não usa UDP. As respostas S-NAPTR do EPC frequentemente excedem o limite de 512 bytes do UDP (um APN-FQDN pode retornar muitos nós candidatos), e respostas grandes-UDP/EDNS0 são frequentemente descartadas em caminhos GRX/IPX, portanto TCP é usado exclusivamente para evitar truncamento silencioso. O servidor DNS configurado **deve aceitar conexões TCP na porta 53**. Cada resolução é limitada por um curto tempo limite geral e tenta falhas transitórias um pequeno número de vezes; se ainda falhar, a seleção de nó volta ao método de seleção configurado.

Uma configuração global `dns_ip_version` controla qual família de endereços é preferida quando um nó resolvido por S-NAPTR retorna registros A (IPv4) e

AAAA (IPv6):

```
config :mme,
  dns_ip_version: :ipv4
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`dns_ip_version`	Átomo	`:ipv4`	Versão IP preferida (`:ipv4` | `:ipv6`) para nós resolvidos por S-NAPTR. A família não preferida ainda é usada como fallback, de modo que nós apenas IPv6 nunca sejam descartados (TS 29.303 Anexo C.1).

Parâmetros de Par SGW/PGW

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`ip`	String	Sim	-	Endereço IP da interface G SGW ou PGW.
`host`	String	Sim	-	Nome do host no formato F (e.g. `sgw01.mnc001.mcc001.3gp`
`port`	Inteiro	Não	`2123`	Porta UDP GTPv2-C. A porta 2123 conforme TS 29.274.
`type`	Átomo	Sim	-	Tipo de assinante para o qu usado: `:home`, `:roaming` ou `:home_and_roaming`.
`priority`	Inteiro	Não	`1`	Nível de prioridade para se `:random_peer`. Pares na pr **baixa** numericamente apre usados; níveis mais altos a reserva, selecionados apen nenhum par permanece en inferior.
`weight`	Inteiro	Não	`100`	Parte relativa do tráfego de nível de prioridade, aleatór conforme RFC 2782. Ex. do mesmo nível com `weight:` `weight: 50` dividem o tráf Todos os pesos zero em um a uma divisão uniforme.

`priority` e `weight` são opcionais; omiti-los reproduz o comportamento aleatório uniforme anterior. Eles se aplicam apenas à seleção `:random_peer` (a seleção baseada em DNS respeita a prioridade/peso SRV nos registros DNS em

vez disso). Ambos também podem ser alterados em tempo de execução — sem reiniciar o MME — via API REST (veja abaixo); alterações em tempo de execução **não são persistidas** e voltam a esta configuração na reinicialização.

Gerenciamento de pares em tempo de execução (API REST). Os endpoints `/sgw_peers` e `/pgw_peers` expõem o pool de pares efetivo (incluindo `type`, `weight` e `priority` por par) e permitem que um operador ajuste-o ao vivo:

Método / Caminho	Efeito
`GET /sgw_peers`, `GET /pgw_peers`	Lista os pares efetivos com seu peso de seleção e (apenas SGW) estado de recuperação/vitalidade/sessão.
`GET /sgw_peers/{ip}`, `GET /pgw_peers/{ip}`	Um único par por IP.
`POST /sgw_peers`, `POST /pgw_peers`	Adiciona um par em tempo de execução (`ip` obrigatório; `host`/`port`/`type`/`weight`/`priority` opcionais).
`PUT /sgw_peers/{ip}`, `PUT /pgw_peers/{ip}`	Atualiza o `weight` e/ou `priority` de um par.
`DELETE /sgw_peers/{ip}`, `DELETE /pgw_peers/{ip}`	Remove um par do pool.

Todas as operações de gravação são **não persistentes**: elas mutam apenas o nó em execução e são perdidas na reinicialização, quando o pool de pares é re-semeado a partir desta configuração.

Gateway de Dados de Pacote (PGW)

A seleção de PGW usa a mesma estrutura que SGW. Configure sob `pgw:` com parâmetros idênticos, incluindo o mapa `selection_method` por tipo.

```
config :mme,
  pgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    dns: [ ... ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.21",
        host: "pgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123,
        type: :home_and_roaming
      }
    ]
  }
```

Veja Parâmetros de Par SGW/PGW para descrições de campo. `type: :home_and_roaming` é comum para PGWs que lidam com sessões PDN domésticas e de roaming.

MME Vizinho (S10)

A interface S10 (GTPv2-C entre MMEs) transporta mobilidade inter-MME: transferência de contexto em modo ocioso para TAU de GUTI estrangeiro e transferência de Relocação para modo conectado. `mme_s10` configura como um MME alvo é descoberto.

```
config :mme,
  mme_s10: %{
    # :dns_lookup resolve o TAI alvo via S-NAPTR (x-3gpp-mme:x-
s10);
    # :random_peer usa a lista de pares estáticos abaixo.
    selection_method: :dns_lookup,
    dns: [
      %{
        server: "192.0.2.53",
        domain: "3gppnetwork.org"
      }
    ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.30",
        host:
"mmec01.mmegi8001.mme.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123
      }
    ],
    # Janela de cache negativa para um GUTI estrangeiro que não
resolve para nenhum par acessível.
    unresolvable_guti_backoff_seconds: 30,
    # Quanto tempo esperar por uma Resposta de Relocação para
frente ao preparar uma transferência.
    handover_request_timeout_ms: 1500
  }
```

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descr
`selection_method`	Átomo	Sim	`:dns_looku` o TAI alvo p MME vizinh NAPTR (`x-3` `mme:x-s10`, §5.4); `:ran` usa a lista e `peers`.
`dns`	Lista	Não	Resolvedor(usados qua `selection_` `:dns_looku` `server` e `d` como em Pa DNS.
`peers`	Lista	Não	Lista de MM estáticos, u quando `selection_` `:random_pe` como fallba entrada: `ip` (FQDN do n `port` (porta S10, tipican 2123).
`unresolvable_guti_backoff_seconds`	Inteiro	Não (padrão `30`)	Quanto tem GUTI estran não resolve nenhum MM acessível (n de origem s

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descr
			é armazena negativame Enquanto e um UE que re-enviando Atualização de Rastrear com o mesr não resolvív rejeitado imediatame (Rejeição TA re-executar descoberta evitando qu que tenta n re-acione si de solicitaç contexto en tentativa.
`handover_request_timeout_ms`	Inteiro	Não (padrão `1500`)	Quanto tem esperar por Resposta de Relocação p ao preparar transferênc fora. Deliberadar mais curto GTPv2-C T3 eNB de orig abandona a Preparação Transferênc seu tempor

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descr
			`tS1relocpr` (2 s em um típico, TS 3(§8.4.1), por relocação q falhar deve dentro dess para que a Preparação Transferênc alcance o e tempo. Este orçamento solicitação uma vez, nu retransmitic o MME alvo um context uma sessão alvo para ca que recebe portanto, de também de espaço para relocação *b sucedida*, q só responde própria Cria Sessão e o HandoverRe do eNB alvc Aumente se `tS1relocpr` RAN for ma s; diminua s menor. Apli

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descr
			apenas ao c de transferé Solicitação Contexto er ocioso e o gerenciame sessão man mais longo.

A seleção do MME alvo nunca retorna o próprio endereço S10 deste MME, por nenhum dos métodos: uma Solicitação de Relocação para frente para si mesmo nunca pode ser concluída, e uma Área de Rastreamento servida por um pool de MMEs resolve de outra forma para uma lista de candidatos que inclui este nó. Identificar "si mesmo" depende do `listen_ip` do GTPv2-C ser o verdadeiro endereço deste nó em vez de um vínculo curinga — o que a transferência inter-MME requer de qualquer forma, uma vez que o mesmo valor é enviado como o F-TEID do MME de origem.

O serviço S10 compartilha o ouvinte GTPv2-C configurado sob GTPv2-C (S11). Para a interoperabilidade EPS↔5GS, a descoberta do AMF alvo sobre N26 usa `x-3gpp-amf:x-n26` e os mesmos resolvedores DNS.

Supervisão de Caminho GTP-C

Gerenciamento ativo de caminho GTP-C (TS 29.274 §7.2.1): o MME periodicamente Ecoa cada SGW com o qual possui sessões S11 e, após um número suficiente de falhas consecutivas, declara o caminho como inativo e libera as sessões obsoletas ancoradas lá.

```
config :mme,
  gtpc_path_supervision: %{
    enabled: true,
    interval_ms: 60_000,
    failure_threshold: 3
  }
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`enabled`	Booleano	`false`	Quando `true`, o MME Ecoa ativamente os pares e libera sessões em caso de falha de caminho. **Opt-in:** um intervalo/limite muito agressivo poderia derrubar sessões ativas em um pico transitório. O MME sempre *responde* a Solicitações de Eco recebidas, independentemente desta configuração.
`interval_ms`	Inteiro	`60000`	Intervalo entre Solicitações de Eco para cada par, em milissegundos.
`failure_threshold`	Inteiro	`3`	Respostas de Eco perdidas consecutivas antes que o caminho seja declarado inativo.

Diameter (S6a / S13 / SLg)

OmniMME conecta-se ao HSS (S6a), EIR (S13) e GMLC (SLg, para Serviços de Localização) via Diameter, tipicamente através de um Agente de Roteamento Diameter (DRA).

```
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_mme,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 3868,
    host: "mme01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniMME",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: Mme.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [ ... ],
    peers: [ ... ]
  }
```

Parâmetros Centrais do Diameter:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório
`service_name`	Átomo	Sim
`listen_ip`	String	Sim
`listen_port`	Inteiro	Não
`host`	String	Sim
`realm`	String	Sim
`product_name`	String	Não
`request_timeout`	Inteiro	Não

Parâmetro	Tipo	Obrigatório
`peer_selection_algorithm`	Átomo	Não
`allow_undefined_peers_to_connect`	Booleano	Não
`log_unauthorized_peer_connection_attempts`	Booleano	Não
`control_module`	Módulo	Sim
`processor_module`	Módulo	Sim
`auth_application_ids`	Lista	Não

Parâmetro	Tipo	Obrigatório
`acct_application_ids`	Lista	Não
`vendor_id`	Inteiro	Sim
`supported_vendor_ids`	Lista	Não
`applications`	Lista	Sim
`peers`	Lista	Não

Parâmetros de Aplicação

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Desc
`application_name`	Átomo	Sim	Nome interno aplicação (e.g `:s13`, `:slg`).
`application_dictionary`	Átomo	Sim	Módulo de dic Diameter Erla `:diameter_ge`
`vendor_specific_application_ids`	Lista	Sim	Declarações d aplicação esp fornecedor. Ca `vendor_id`, `auth_applica` `acct_applica`

Aplicações Diameter Suportadas:

Nome da Aplicação	Auth App ID	Interface	Referência
`:s6a`	`16777251`	S6a — MME ↔ HSS autenticação e assinatura	TS 29.272
`:s13`	`16777252`	S13 — MME ↔ EIR verificação de identidade do equipamento	TS 29.272
`:slg`	`16777255`	SLg — MME ↔ GMLC Serviços de Localização (PLR/LRR)	TS 29.172
`:t6a`	`16777346`	T6a — MME ↔ SCEF CIoT Entrega de Dados Não-IP (dicionário `:diameter_gen_3gpp_t6a`)	TS 29.128

Declare apenas as aplicações que você usa. `:slg` é necessário para o recurso Serviços de Localização; `:s13` é necessário quando a verificação de equipamento S13 está `enabled`; `:t6a` é necessário para NIDD / Controle de Plano CIoT.

Parâmetros de Par Diameter

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	De
`host`	String	Sim	-	Identi Diame (Origi Deve corres identi config par pa valida
`realm`	String	Sim	-	Reino do par
`ip`	String	Sim	-	Ender conec aceita
`port`	Inteiro	Não	`3868`	Porta do par
`tls`	Booleano	Não	`false`	Ativar esta c par.
`transport`	Átomo	Não	`:diameter_tcp`	`:diam` ou `:diam` SCTP para D confor 6733

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	De
`initiate_connection`	Booleano	Não	`false`	Quanc OmniM a cone este p `false` o par s conect inbour Tipica `true` DRA.

GTPv2-C (S11)

A interface S11 conecta o OmniMME ao Gateway de Serviço para gerenciamento do ciclo de vida de sessão e bearer. Este mesmo serviço GTPv2-C também transporta a interface inter-MME S10.

```
config :gtpc,
  service: %{
    name: :s11,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 2123,
    control_module: Mme.Control.Gtpc,
    t3: 5000,
    n3: 3
  }
```

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`name`	Atom	Sim	-	Identificador do nome da interface. Deve ser `:s11`.
`listen_ip`	String	Sim	-	Endereço IP para vincular ao GTPv2-C. Deve ser um IP de interface específico — não `0.0.0.0`. O SGW e os MMEs vizinhos enviam respostas aqui.
`listen_port`	Integer	Não	`2123`	Porta UDP para GTPv2-C. A porta padrão é 2123 conforme TS 29.274.
`control_module`	Módulo	Sim	-	Módulo que lida com mensagens GTP-C decodificadas. Para o OmniMME, isso é `Mme.Control.Gtpc`.
`t3`	Integer	Não	`5000`	Temporizador T3-RESPONSE em milissegundos. Tempo a esperar por uma resposta GTPv2 antes de retransmitir.

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`n3`	Integer	Não	`3`	Contagem de retransmissões N3 antes que uma transação seja considerada falhada.

Cell Broadcast (SBc)

A interface SBc (SBc-AP sobre SCTP) conecta o OmniMME a um Centro de Transmissão de Células (CBC) para mensagens do Sistema de Alerta Público — ETWS e CMAS / Write-Replace Warning (TS 29.168). Quando habilitado, o MME aceita Write-Replace Warning / Stop Warning do CBC e os encaminha para os eNBs que atendem a área de alerta alvo.

```
config :mme, :sbc,
  enabled: true,
  port: 29168,
  indication_timeout: 10_000
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`enabled`	Boolean	`false`	Quando `true`, o OmniMME abre o listener SCTP SBc-AP e processa mensagens de alerta.
`port`	Integer	`29168`	Porta SCTP para o listener SBc-AP.
`indication_timeout`	Integer	`10000`	Milissegundos para esperar por confirmações do eNB antes de enviar a Indicação de Write-Replace Warning de volta ao CBC.

O listener SBc vincula o `s1ap.listen_ip` primário e quaisquer `secondary_bind_ips`.

Serviços de Localização (E-SMLC / SLs)

A interface SLs (LCS-AP sobre SCTP) conecta o OmniMME a um E-SMLC para posicionamento de plano de controle (TS 29.171), usada juntamente com a aplicação Diameter SLg para responder a solicitações de localização do GMLC. Quando habilitado, o MME retransmite LPPa/LPP de posicionamento entre o E-SMLC, eNBs e UEs, e expõe a página do Painel de Controle de Serviços de Localização.

```
config :mme, :esmlc,
  enabled: true,
  sls_port: 9082
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`enabled`	Boolean	`false`	Quando `true`, o OmniMME abre o listener SCTP SLs (LCS-AP) e processa solicitações de posicionamento. Requer que a aplicação Diameter `:slg` seja declarada para solicitações iniciadas pelo GMLC.
`sls_port`	Integer	`9082`	Porta SCTP para o listener SLs (LCS-AP).

O listener SLs vincula o `s1ap.listen_ip` primário e quaisquer `secondary_bind_ips`.

NIDD / CIoT de Plano de Controle (T6a)

A Entrega de Dados Não-IP (NIDD) permite que dispositivos Cellular-IoT / NB-IoT troquem pequenos dados Não-IP sobre a otimização EPS CIoT de Plano de Controle, retransmitidos para um SCEF através da interface Diameter T6a (TS 29.128 / TS 23.682). A mesma otimização também transporta dados **IP** de NB-IoT com o MME terminando o plano de usuário no S11-U. Consulte o guia NIDD & T6a Interface para a descrição completa do recurso. Desabilitado por padrão — sem configuração `:nidd`, o MME não anuncia suporte a CIoT de Plano de Controle e se comporta exatamente como um MME não-CIoT.

```
config :mme, :nidd,
  enabled: true,
  s11u_ip: "10.7.25.185"
```

Parâmetro	Tipo	Padrão	Descrição
`enabled`	Boolean	`false`	Quando `true`, o OmniMME anuncia suporte a CIoT de Plano de Controle no Suporte a Recursos de Rede EPS e atende conexões PDN Não-IP (e NB-IoT IP-over-S11-U) para dispositivos CIoT.
`s11u_ip`	String	`listen_ip` GTP-C do S11	Endereço IP para o ponto final GTP-U S11-U do MME (UDP 2152) usado para dados IP de NB-IoT. Padrão para o GTPv2-C (S11) `listen_ip`.

Habilitar NIDD também requer:

- A aplicação Diameter `:t6a` declarada na lista de `applications`, e o SCEF acessível como um peer Diameter (diretamente ou via DRA). Consulte Aplicações Diameter Suportadas.
- O APN Não-IP provisionado na assinatura do **HSS**: uma APN-Configuration com `PDN-Type = Non-IP (4)` e um `SCEF-ID`.

Painel de Controle

O Painel de Controle é uma interface web em tempo real para operadores inspecionarem e gerenciarem UEs, eNodeBs, peers Diameter, serviços de localização e transferência inter-MME.

```
config :control_panel,
  page_order: ["/ues", "/enodebs", "/diameter", "/application",
"/configuration"]

config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [
    port: 10443,
    keyfile: "priv/cert/omnitouch.pem",
    certfile: "priv/cert/omnitouch.crt"
  ]
```

Parâmetros Gerais:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Descrição
`page_order`	Lista	Não	Lista ordenada de entradas de navegação na barra lateral. Determina a ordem de navegação à esquerda no Painel de Controle.

Parâmetros de Endpoint:

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`url.host`	String	Não	`"0.0.0.0"`	Endereço de vinculação para o listener HTTPS.
`url.path`	String	Não	`"/"`	Prefixo do caminho da URL para o Painel de Controle.
`https.port`	Integer	Sim	-	Porta HTTPS para o Painel de Controle.
`https.keyfile`	String	Sim	-	Caminho para o arquivo da chave privada TLS (formato PEM).
`https.certfile`	String	Sim	-	Caminho para o arquivo do certificado TLS (formato PEM).

REST API

A REST API fornece acesso programático a UE, eNodeB, Diameter, SGW-peer e contexto S10, além de ações de UE/eNB/GUTI/descarregamento. A documentação interativa do OpenAPI está disponível em `/api/swagger`. Consulte o Guia de Operações para o catálogo de endpoints.

```
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniMME",
    title: "API - OmniMME",
    hostname: "localhost",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/omnitouch.crt",
    tls_key_path: "priv/cert/omnitouch.pem"
  }
```

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`port`	Integer	Sim	-	Porta HTTPS para a REST API.
`listen_ip`	String	Não	`"0.0.0.0"`	Endereço IP para vincular o listener da API.
`product_name`	String	Não	-	String do nome do produto nos metadados do OpenAPI.
`title`	String	Não	-	Título exibido na interface OpenAPI / Swagger.
`hostname`	String	Sim	-	Nome do host usado para construir URLs base da API na especificação OpenAPI.
`enable_tls`	Boolean	Não	`true`	Habilitar HTTPS para a API. Quando `false`, a API serve HTTP simples (não recomendado em produção).
`tls_cert_path`	String	Quando TLS	-	Caminho para o arquivo do

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
				certificado TLS (formato PEM).
`tls_key_path`	String	Quando TLS	-	Caminho para o arquivo da chave privada TLS (formato PEM).

Registro

O OmniMME emite logs estruturados em JSON via `OmniLogger`. Configure o formatador padrão (e, opcionalmente, um manipulador de arquivo rotativo) sob `:logger`.

```
config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

Parâmetro	Tipo	Descrição
`format`	Tupla	Formatter MFA. Use `{OmniLogger.JsonFormatter, :format}` para logs estruturados em JSON (um objeto por linha).
`metadata`	Atom | Lista	Quais chaves de metadados incluir; `:all` emite todas as chaves.

Um manipulador de arquivo rotativo pode ser adicionado com `config :logger, :default_handler, ...` (`file`, `max_no_bytes`, `max_no_files`, `compress_on_rotate`). Em produção, o destino do log é gerenciado sob `/etc/omnimme/`.

Exemplo Completo de Configuração

O seguinte é um `runtime.exs` completo e anotado, adequado como ponto de partida. Substitua todos os valores de espaço reservado pelos endereços e identificadores reais da sua rede.

```
import Config

config :mme,
  # Identidade do nó
  mme_name: "omnimme",
  operator_name: "MyNet",
  country: "Australia",
  network_name_short: "MyNet",
  network_name_long: "My Network",
  timezone: "Australia/Sydney",
  default_apn: "internet",
  apn_oi_domain: :gprs,   # Sufixo APN-OI (:gprs / :epc / :none)

  # Capacidade e identidade
  mme_capacity: 128,
  home_plmn: %{mcc: "505", mnc: "01"},
  emergency_support_enabled: false,

  # Temporizadores NAS
  t3412: 3240,  # intervalo TAU periódico, segundos (54 min)
  t3485: 8,     # retransmissão de contexto de bearer, segundos
  t3346: 600,   # retrocesso de congestionamento EMM, segundos
  t3396: 600,   # retrocesso de congestionamento ESM, segundos

  # Política de segurança NAS (mais forte primeiro). A cifragem
está desativada (EEA0) por padrão;
  # apenas EEA0 e EEA2 estão implementados. Liste [:eea2, :eea0]
para habilitar EEA2.
  nas_security: %{
    ciphering: [:eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  },

  # DRX em modo ocioso estendido
  edrx_enabled: false,

  # Prioridade de Paginação para assinantes MPS (omitir para
desativar)
  # paging_priority_arp_threshold: 8,

  # Substituições de causa de rejeição (issue #26)
  emm_cause_mapping: %{},
  esm_cause_mapping: %{},
```

```
  # Verificação de identidade do equipamento
  s13: %{
    enabled: true,
    allowed_equipment_status: [:whitelist, :greylist]
  },

  # Listener S1AP (opcionalmente multi-homed)
  s1ap: %{
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 36412
    # secondary_bind_ips: ["192.0.2.11"]
  },

  # GUMMEI — ajuste group_id e code para corresponder ao seu plano
de pool de MME
  served_gummei: [
    %{
      plmn_list: [%{mcc: "505", mnc: "01"}],
      group_id: 1,
      code: 1
    }
  ],

  # Áreas de rastreamento que este MME atende
  served_tai: [
    %{
      plmn: %{mcc: "505", mnc: "01"},
      tac_list: [1, 2, 3]
    }
  ],

  # Seleção de gateway
  dns_ip_version: :ipv4,
  sgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.20", host:
"sgw01.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port: 2123, type: :home}
    ]
  },
  pgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    peers: [
```

```
      %{ip: "192.0.2.30", host:
"pgw01.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port: 2123, type:
:home_and_roaming}
    ]
  },

  # Descoberta de MME vizinho (S10) para transferência inter-MME /
TAU de GUTI estrangeiro
  mme_s10: %{
    selection_method: :dns_lookup,
    dns: [%{server: "192.0.2.53", domain: "3gppnetwork.org"}],
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.50", host:
"mmec01.mmegi8001.mme.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port:
2123}
    ]
  },

  # Supervisão de caminho GTP-C ativa (opt-in)
  gtpc_path_supervision: %{enabled: false, interval_ms: 60_000,
failure_threshold: 3}

# Sistema de Alerta Público (ETWS / CMAS) sobre SBc
config :mme, :sbc,
  enabled: true,
  port: 29168

# Posicionamento de plano de controle (LCS) sobre SLs para o E-
SMLC
config :mme, :esmlc,
  enabled: false,
  sls_port: 9082

config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_mme,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 3868,
    host: "mme01.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniMME",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
```

```
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: Mme.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [
      %{
        application_name: :s6a,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_s6a,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_251,
acct_application_id: nil}
        ]
      },
      %{
        application_name: :s13,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_s13,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_252,
acct_application_id: nil}
        ]
      },
      %{
        application_name: :slg,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_slg,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_255,
acct_application_id: nil}
        ]
      }
    ],
    peers: [
      %{
        host: "dra01.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
        ip: "192.0.2.40",
        port: 3868,
        tls: false,
        transport: :diameter_sctp,
        initiate_connection: true
      }
    ]
```

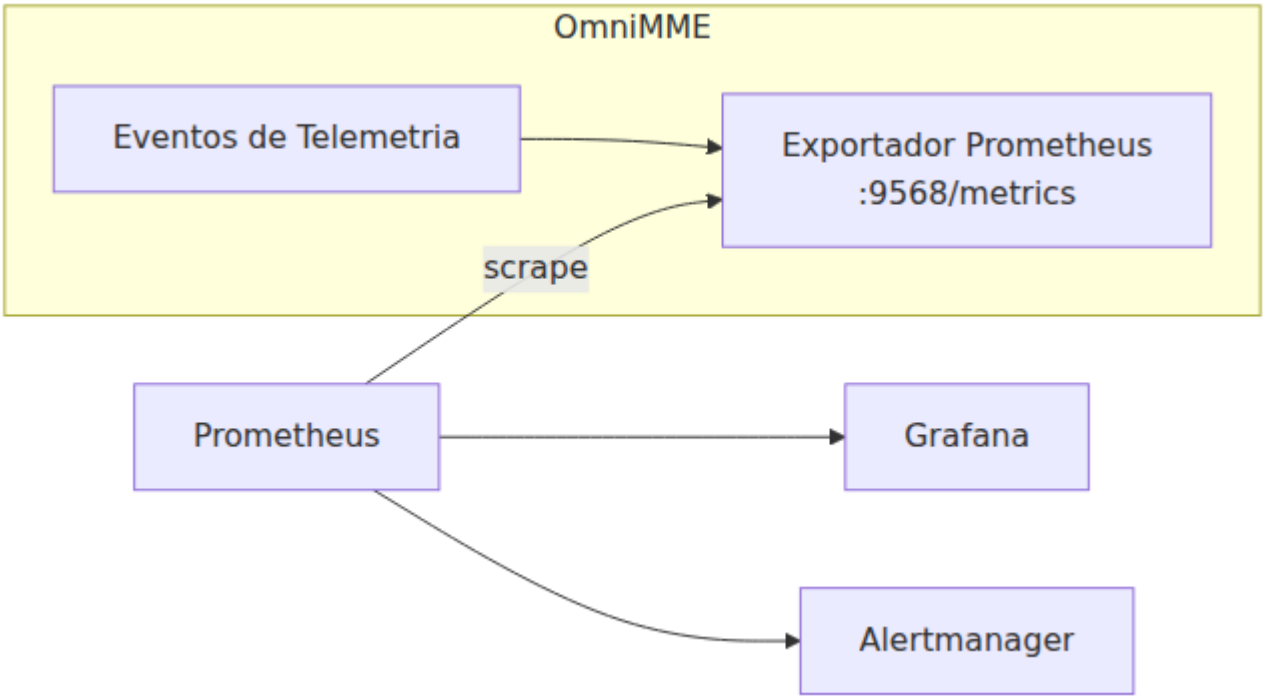
```
  }

config :gtpc,
  service: %{
    name: :s11,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 2123,
    control_module: Mme.Control.Gtpc,
    t3: 5000,
    n3: 3
  }

config :control_panel,
  page_order: ["/ues", "/enodebs", "/diameter", "/application",
"/configuration"]

config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [
    port: 10443,
    keyfile: "/etc/omnimme/certs/server.pem",
    certfile: "/etc/omnimme/certs/server.crt"
  ]

config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniMME",
    title: "API - OmniMME",
    hostname: "mme01.example.com",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "/etc/omnimme/certs/server.crt",
    tls_key_path: "/etc/omnimme/certs/server.pem"
  }

config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

Referência de Métricas do OmniMME

OmniMME expõe métricas do Prometheus para a atividade do plano de controle do MME e a saúde da VM BEAM.

Coleta

Propriedade	Valor
Endpoint	`http://<mme-host>:9568/metrics`
Exportador	`TelemetryMetricsPrometheus` (iniciado em `Mme.Web.Supervisor`)
Formato	Exposição de texto do Prometheus



Nomeação: as métricas são definidas internamente com nomes separados por pontos (por exemplo, `mme.attach.count`); o exportador do Prometheus

renderiza esses nomes com sublinhados (por exemplo, `mme_attach_count`). Este documento utiliza os nomes do Prometheus (com sublinhado) ao longo de todo o texto.

Padrões de rótulo: cada rótulo de contador/distribuição padrão é `none` em qualquer local de emissão que não o defina. Portanto, uma métrica como `mme_attach_count` sempre carrega seu conjunto completo de rótulos; uma dimensão que não se aplica a um evento específico mostra `none` em vez de estar ausente.

Medidores do MME

Valores pontuais, recalculados periodicamente a partir do estado ativo do MME.

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_ue_count`	—	Total de contextos de UE com um IMSI válido (conectados + ociosos + retidos).
`mme_ue_connected_count`	—	Contextos de UE em ECM-CONNECTED.
`mme_ue_idle_count`	—	Contextos de UE em ECM-IDLE (acessíveis via paginação).
`mme_bearer_count`	`bearer_type`	Bearers EPS ativos, por `default` / `dedicated`.
`mme_session_count`	`apn`	Sessões PDN ativas, por APN.
`mme_session_emergency_count`	—	Sessões PDN de emergência ativas.
`mme_session_unauthenticated_count`	—	Contextos de UE de serviço limitado (sem IMSI) que

Métrica	Rótulos	Descrição
		mantêm uma sessão PDN.
`mme_esm_procedure_pending_count`	`procedure_type`	Procedimentos ESM em andamento, por tipo (detector de vazamento).
`mme_timer_active_count`	—	Temporizadores do MME agendados, mas ainda não disparados (detector de vazamento).
`mme_sgw_session_count`	`sgw`	Sessões atualmente atribuídas a cada S-GW (distribuição de carga ao vivo).
`mme_pgw_session_count`	`pgw`	Sessões atualmente atribuídas a cada P-GW (distribuição de carga ao vivo).
`mme_enb_connected_count`	—	eNBs com uma associação S1 conectada.

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_sctp_association_count`	`state`	Associações SCTP agrupadas por status S1 do eNB.
`mme_s1ap_enb_status`	`ip`, `enb_id`	Status S1 por eNB: `1` conectado, `0` desconectado.

Exemplos de consultas:

```
# Razão conectados / total
mme_ue_connected_count / mme_ue_count

# Qualquer eNB desconectado
mme_s1ap_enb_status == 0

# Possível vazamento de procedimento ESM: procedimentos pendentes
em ascensão
rate(mme_esm_procedure_pending_count[15m]) > 0
```

Contadores de Procedimentos EMM

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_attach_count`	`result`, `via`, `cause`	Resultados de anexação EPS. `result` = tentativa/sucesso/rejeitado; `via` tipo de identidade; `cause` em ca de rejeição.
`mme_tau_count`	`result`, `via`, `type`, `cause`	Resultados de Atualização de Ár de Rastreamento, por resultado tipo de identidade e `type` de TA (periódico/mobilidade/combinac
`mme_service_request_count`	`result`, `cause`	Resultados de Solicitação de Serviço / Solicitação de Serviço Estendida.
`mme_detach_count`	`initiator`, `type`, `cause`	Eventos de desanexação, por `initiator` (ue/mme/hss/sgw_pgw) e tipo.
`mme_auth_count`	`result`, `cause`	Resultados de autenticação; `cause` = mac_failure/synch_failure/timeo em caso de falha.
`mme_security_mode_count`	`result`, `cause`	Resultados do Comando de Moc de Segurança NAS (completo/rejeitado).
`mme_identity_count`	`result`	Resultados do procedimento de identidade.

```
# Taxa de sucesso de anexação em 5m
sum(rate(mme_attach_count{result="success"}[5m]))
  / sum(rate(mme_attach_count{result="attempt"}[5m]))

# Falhas de autenticação por causa
sum by (cause) (rate(mme_auth_count{result="failure"}[5m]))
```

Contadores de Procedimentos ESM

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_pdn_connectivity_count`	`result`, `apn`, `cause`	Resultados de Conectividade PDN; `cause` captura a sobreposição/rejeiçã do tipo PDN.
`mme_pdn_disconnect_count`	`initiator`, `apn`	Eventos de desconexão PDN, po iniciador e APN.
`mme_bearer_activation_count`	`bearer_type`, `initiator`, `result`, `cause`	Ativações de bearer EPS.
`mme_bearer_deactivation_count`	`bearer_type`, `initiator`, `result`, `cause`	Desativações de bearer EPS.
`mme_bearer_modification_count`	`result`, `cause`	Resultados da modificação de bearer (Atualizar Bearer / Modificar Contexto de Bearer EPS).
`mme_esm_procedure_timeout_count`	`procedure_type`	Timeouts de ESM T3485, por tipo de procedimento.

Contadores de Seleção de Nó

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_sgw_selection_count`	`sgw`, `result`	Seleções de S-GW por sessão, pelo S-GW escolhido e resultado.
`mme_pgw_selection_count`	`pgw`, `apn`, `result`	Seleções de P-GW por sessão, pelo P-GW escolhido, APN e resultado.
`mme_mme_peer_selection_count`	`result`	Resultados da descoberta do MME alvo (S10) (`x-3gpp-mme:x-s10`).
`mme_amf_selection_count`	`result`	Resultados da descoberta do AMF alvo (N26) (`x-3gpp-amf:x-n26`).

Métricas DNS

Resolução S-NAPTR / DNS usada para seleção de SGW/PGW/MME/AMF (TS 29.303).

Métrica	Tipo	Rótulos
`mme_dns_query_count`	Contador	`query_type`, `result`, `purpose`
`mme_dns_query_duration_milliseconds`	Histograma	`query_type`, `result`, `purpose`
`mme_dns_answer_records`	Histograma	`query_type`, `purpose`
`mme_dns_resolution_count`	Contador	`purpose`, `result`
`mme_dns_resolution_duration_milliseconds`	Histograma	`purpose`

Métricas GTP-C (S11)

Métrica	Tipo	Rótulos
`mme_gtpc_message_count`	Contador	`direction`, `message_type`
`mme_gtpc_request_duration_milliseconds`	Histograma	`message_type`
`mme_gtpc_timeout_count`	Contador	`message_type`
`mme_gtpc_handler_crash_count`	Contador	`message_type`
`mme_gtpc_echo_count`	Contador	`direction`
`mme_gtpc_modify_bearer_response_count`	Contador	`result`, `procedure`, `cause`

Métrica	Tipo	Rótulos
`mme_gtpc_peer_restart_count`	Contador	—
`mme_gtpc_path_failure_count`	Contador	—

Métricas Diameter S6a

Métrica	Tipo	Rótulos	
`mme_s6a_request_count`	Contador	`command`, `result_code`	S in (A co de D
`mme_s6a_request_duration_milliseconds`	Histograma	`command`	La vo so pa
`mme_s6a_server_initiated_count`	Contador	`command`, `result`	M in (C po re

```
# Latência S6a (HSS) p95 em 5m
histogram_quantile(0.95,
  sum by (le, command)
(rate(mme_s6a_request_duration_milliseconds_bucket[5m])))
```

Métricas S1AP

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_s1ap_message_count`	`direction`, `message_type`, `enb_id`	Mensagens S1AP por direção, tipo e eNB.
`mme_s1ap_degraded_ie_count`	`message_type`, `ie`, `criticality`, `reason`, `enb_id`	IEs S1AP que o codec não conseguiu molda `reason=unknown_ie` é um IE que este MME não conhece (TS 36.4 §10.3.2); `reason=shaping_fail` é uma limitação do codec que deixa um valor ASN.1 bruto.
`mme_s1ap_encode_failure_count`	`message_type`, `enb_id`	Falhas de codificação S1AP.
`mme_s1ap_error_indication_count`	`cause`, `enb_id`	Indicações de erro S1 de eNBs.
`mme_s1ap_setup_count`	`result`, `enb_id`	Resultados da configuração S1 (integração do eNB).
`mme_s1ap_reset_count`	`direction`, `enb_id`	S1AP Reset / Reconhecimento de Reset.
`mme_erab_setup_count`	`result`, `cause`, `enb_id`	Resultados da configuração E-RAB.

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_erab_release_count`	`result`, `cause`, `enb_id`	Resultados da liberaç E-RAB.
`mme_initial_context_setup_count`	`result`, `enb_id`	Resultados da configuração do contexto inicial.

Métricas de Mobilidade e Paginação

Métrica	Rótulos	Descrição
`mme_paging_count`	`result`, `stage`	Eventos de paginação; `result` = tentativa/sucesso, `stage` = estágio do procedimento de paginação (S-TMSI / IMSI).
`mme_handover_count`	`kind`, `direction`, `result`	Transferências por `kind` (x2/s1/s10/n26/descarregamento), direção e resultado.

Contadores de descoberta inter-MME / inter-sistema estão listados sob Contadores de Seleção de Nó (`mme_mme_peer_selection_count`, `mme_amf_selection_count`).

Baldes de Histograma

Todos os histogramas `*_duration_milliseconds` compartilham esses baldes de latência (ms):

```
1, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000
```

`mme_dns_answer_records` usa baldes de contagem `0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 50`.

Métricas da VM BEAM

OmniMME exporta métricas de tempo de execução da BEAM para planejamento de capacidade e diagnóstico de vazamentos de memória ou processos. Todas as métricas de memória estão em bytes.

Métrica	Descrição
`beam_memory_total`	Total de memória alocada pela VM BEAM (todas as categorias).
`beam_memory_processes`	Memória alocada para processos Erlang (heap, pilha, caixas de correio).
`beam_memory_processes_used`	Memória ativamente usada dentro dos heaps de processo.
`beam_memory_system`	Memória usada pelo sistema BEAM (código, ETS, átomos, etc.).
`beam_memory_atom`	Memória alocada para a tabela de átomos (usada + reservada).
`beam_memory_atom_used`	Memória ativamente usada por átomos.
`beam_memory_binary`	Memória binária fora do heap (contada por referência). Um aumento sustentado pode indicar um vazamento binário.
`beam_memory_code`	Memória usada pelo código do módulo BEAM carregado. Geralmente estável após a inicialização.
`beam_memory_ets`	Memória usada por tabelas ETS. OmniMME armazena contextos de UE/eNB em ETS, portanto, isso cresce com o número de assinantes.
`beam_processes_count`	Número de processos Erlang em execução. Um aumento sustentado pode indicar um vazamento de processo.

Métrica	Descrição
`beam_ports_count`	Número de portas Erlang abertas (sockets, descritores de arquivo). Acompanha aproximadamente conexões SCTP/TCP ativas.
`beam_atom_count`	Total de átomos na tabela de átomos. Átomos nunca são coletados — um número crescente indica criação dinâmica de átomos (um vazamento).
`beam_vm_uptime`	Segundos desde que a VM BEAM foi iniciada.

```
# Memória ETS como uma porcentagem do total
beam_memory_ets / beam_memory_total * 100

# Reinicialização inesperada (uptime reinicia próximo de zero)
beam_vm_uptime < 300
```

Alertas Recomendados

Alerta	Expressão	S
eNB offline	`mme_s1ap_enb_status == 0`	A
Zero UEs conectados durante o horário comercial	`mme_ue_connected_count == 0`	C
Taxa de sucesso de anexação degradada	`sum(rate(mme_attach_count{result="success"}[5m])) / sum(rate(mme_attach_count{result="attempt"}[5m])) < 0.9`	A
Erros HSS (S6a) em ascensão	`sum(rate(mme_s6a_request_count{result_code!~"2.*"}[5m])) > 0`	A
Falha no caminho GTP-C	`increase(mme_gtpc_path_failure_count[5m]) > 0`	A
Falhas de manipulador GTP-C	`increase(mme_gtpc_handler_crash_count[5m]) > 0`	A
Vazamento de procedimento ESM	`mme_esm_procedure_pending_count > 100`	A
Alto uso de memória	`beam_memory_total > 3221225472`	A

Alerta	Expressão	S
Pico na contagem de processos	`beam_processes_count > 50000`	A
Reinicialização da BEAM detectada	`beam_vm_uptime < 120`	C
Crescimento da tabela de átomos	`deriv(beam_atom_count[10m]) > 100`	A

NIDD e a Interface T6a/T6b — Entrega de Dados Não-IP para CIoT

Entrega de Dados Não-IP (NIDD) permite que um dispositivo Cellular-IoT (CIoT / NB-IoT) troque pequenos dados **Não-IP** com um servidor de aplicação **sem nunca ser alocado um endereço IP**. Os dados trafegam pelo plano de sinalização NAS (a **otimização CIoT do Controle-Plane EPS**) entre o UE e o MME, e o MME os retransmite para uma **Função de Exposição de Capacidade de Serviço (SCEF)** através da interface **T6a** Diameter.

A interface é definida em 3GPP TS 29.128 (aplicação Diameter T6a/T6b, application-id **16777346**) e os procedimentos em 3GPP TS 23.682 §5.13. O transporte de dados NAS utiliza a mensagem ESM DATA TRANSPORT de 3GPP TS 24.301.

> **Opcional e desativado por padrão.** Sem a configuração `:nidd`, o MME não anuncia suporte ao CIoT do Controle-Plane, e conexões PDN Não-IP não são atendidas via T6a. Um MME não-CIoT se comporta exatamente como antes.

Índice

- Arquitetura
- Estabelecimento de conexão
- Dados Originados pelo Móvel
- Dados Terminados pelo Móvel
- Configuração
- Escopo suportado e limitações

Arquitetura

```
        NAS (ESM DATA TRANSPORT)          T6a / TS 29.128
(Diameter)
  UE  <----------------------------> MME <------------------------
--> SCEF <----> SCS/AS
       Otimização CIoT do Controle-Plane     CMR/CMA  ODR/ODA
TDR/TDA
```

Uma conexão PDN Não-IP **não possui PGW, não possui SGW e não possui túnel GTP-U**. Em vez disso, o MME mantém uma sessão PDN Não-IP sem túnel vinculada ao SCEF pelo **SCEF-ID** e pelo **Session-Id** Diameter que o MME alocou para a conexão T6a.

O MME é um par Diameter do SCEF (diretamente, ou via um DRA). O mesmo serviço Diameter que transporta S6a/S13 também transporta T6a — a aplicação `:t6a` é registrada junto com `:s6a`.

Estabelecimento de conexão

(TS 23.682 §5.13.1) Quando um UE se conecta com **tipo de PDN "Não-IP"** e a configuração APN da assinatura para essa APN carrega um **PDN-Type = Não-IP (4)** além de um **SCEF-ID** (a codificação de estágio 3 do indicador "Invoke SCEF Selection"), o MME — em vez de um GTP-C Create Session em direção a um PGW — envia um **Connection-Management-Request (CMR)** para o SCEF:

AVP	Valor
`Connection-Action`	`CONNECTION_ESTABLISHMENT (0)`
`Service-Selection`	a APN (por exemplo, `non-ip`)
`User-Identifier`	`{ User-Name = IMSI }`
`Bearer-Identifier`	a Identidade do Bearer EPS alocada
`Destination-Host` / `-Realm`	derivado do SCEF-ID da assinatura

Em uma **Connection-Management-Answer (CMA, Result-Code 2001)** bem-sucedida, o MME registra a sessão PDN Não-IP e anuncia a **otimização CIoT do Controle-Plane EPS** para o UE nas Funcionalidades de Suporte da Rede EPS da Aceitação de Anexação. A conexão é liberada com um CMR carregando `CONNECTION_RELEASE (1)` quando a conexão PDN é encerrada, e uma liberação de CMR iniciada pelo SCEF também é honrada.

Dados Originados pelo Móvel

(TS 23.682 §5.13.4) O UE envia dados Não-IP em um **ESM DATA TRANSPORT** NAS (tipo de mensagem `0xEB`) contêiner de dados do usuário. O MME o encaminha para o SCEF como um **MO-Data-Request (ODR)** cujo AVP **`Non-IP-Data`** é o payload literal.

```
UE --ESM DATA TRANSPORT(dados do usuário)--> MME --ODR(Non-IP-
Data)--> SCEF
```

Dados Terminados pelo Móvel

(TS 23.682 §5.13.3) O SCEF envia dados Não-IP de downlink em um **MT-Data-Request (TDR)**. O MME mapeia o AVP **`Non-IP-Data`** em um **ESM DATA**

TRANSPORT NAS de downlink para o UE e responde ao SCEF com um **MT-Data-Answer (TDA)**.

```
SCEF --TDR(Non-IP-Data)--> MME --ESM DATA TRANSPORT(dados do
usuário)--> UE
              MME --TDA(Result-Code)--> SCEF
```

Um TDR é associado ao UE por **User-Name (IMSI)** + **Bearer-Identifier (EBI)**. Se o UE ou sua sessão SCEF não puderem ser encontrados, o MME responde ao SCEF com `UNABLE_TO_COMPLY (5012)` para que o SCEF possa aplicar sua própria política de bufferização / retransmissão.

Configuração

Duas peças são necessárias:

1. **Habilitar NIDD** para que o MME anuncie suporte ao CIoT do Controle-Plane:

   ```
   config :mme, :nidd, enabled: true
   ```

2. **Registrar o SCEF como um par Diameter** na lista `:peers` de `:diameter_ex` (ou alcançá-lo via o DRA existente). A aplicação `:t6a` (dicionário `:diameter_gen_3gpp_t6a`, application-id `16_777_346`) é registrada automaticamente na lista `applications:`.

A própria APN Não-IP é provisionada na assinatura do **HSS**: uma configuração APN com `PDN-Type = Não-IP (4)` e um `SCEF-ID`.

Veja a Referência de Configuração para a tabela completa de parâmetros, incluindo o endpoint `s11u_ip` para dados IP de NB-IoT.

Dados IP de NB-IoT sobre CIoT do Controle-Plane (S11-U)

Além do NIDD Não-IP, a mesma otimização CIoT do Controle-Plane transporta dados **IP** para NB-IoT (TS 23.401 §5.3.4B). Aqui, a PDN é uma PDN IP normal em direção a um PGW, mas os dados trafegam pelo NAS:

```
  UE  <--ESM DATA TRANSPORT (pacote IP)-->  MME  <--GTP-U no S11-
U-->  SGW  <--->  PGW
        Otimização CIoT do Controle-Plane            (MME termina
o plano do usuário)
```

O MME termina o plano do usuário na interface **S11-U** em vez do eNB no S1-U:

- A solicitação de criação de sessão transporta o **S11-U GTP-U F-TEID** do MME (tipo de interface 38) no contexto do bearer; o SGW retorna seu **S11-U GTP-U F-TEID** (tipo 39). Nenhum E-RAB S1-U é configurado.
- **Uplink**: um pacote IP em um ESM DATA TRANSPORT é encapsulado em GTP-U (G-PDU, TEID = o TEID S11-U do SGW) e enviado ao SGW.
- **Downlink**: um G-PDU que chega no TEID S11-U do MME é desencapsulado e entregue ao UE como um ESM DATA TRANSPORT de downlink (reutilizando a bufferização/paging do UE ocioso).

Este caminho é selecionado quando o CP-CIoT está habilitado (`config :mme, :nidd, enabled: true`), o UE anunciou suporte ao CIoT do Controle-Plane, e o tipo de PDN é IP. O endpoint S11-U GTP-U do MME escuta na porta UDP **2152** (`config :mme, :nidd, s11u_ip:` — padrão para o IP GTP-C S11). O **Pedido de Serviço do Controle Plane** de NB-IoT (`0x4D`) restabelece a conexão para um UE ocioso.

Anexação sem um bearer de plano de usuário

Uma conexão PDN Não-IP / CP-CIoT não carrega plano de usuário, então a Aceitação de Anexação (com a Solicitação de Ativação do Contexto de Bearer

EPS Padrão, tipo de PDN Não-IP) é entregue via NAS em um **Downlink NAS Transport** — não há Solicitação de Configuração de Contexto Inicial e nenhum E-RAB S1-U. Os dados então trafegam pelo ESM DATA TRANSPORT na mesma conexão de sinalização S1. Isso é selecionado automaticamente quando o tipo de PDN do bearer padrão é Não-IP.

Entrega de Dados Terminados pelo Móvel para UE Ocioso

Quando dados MT chegam para um UE **ocioso**, o MME os armazena no contexto do UE e **paginam** o UE (TS 23.682 §5.13.3 etapas 2–4). O SCEF é informado `DIAMETER_SUCCESS` — o MME assumiu a responsabilidade pela entrega. O buffer é esvaziado assim que o UE responde à paginação com qualquer mensagem NAS de uplink. (A bufferização está em estado de contexto volátil, portanto, não sobrevive a um reinício do MME.)

Escopo suportado e limitações

- **Apenas não-roaming.** O NIDD é atendido para assinantes locais via T6a. NIDD de roaming — T6b para um IWK-SCEF na rede visitada — não é suportado.
- **Tamanho máximo da mensagem Não-IP.** Cada mensagem Não-IP, uplink ou downlink, carrega até **255 bytes** de dados do usuário; payloads de aplicação maiores devem ser segmentados pela aplicação.
- **Conexões são identificadas por IMSI.** Cada conexão SCEF é identificada pelo IMSI do assinante (conforme TS 23.682 §5.13.1.2); a identificação baseada em MSISDN não é utilizada.
- **Não suportado:** a indicação de dados de exceção originados pelo móvel e o Serviço de Dados Confiável.

Guia de Operações do OmniMME

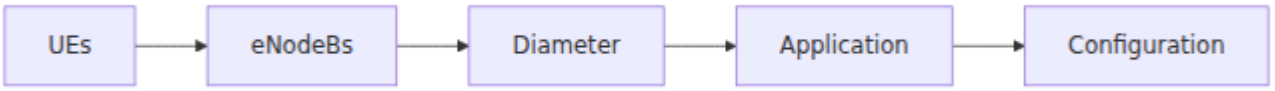
Este guia cobre a operação diária do OmniMME usando a interface web do Painel de Controle e a API REST.

Índice

- Visão Geral do Painel de Controle
- Gerenciando Equipamentos de Usuário
- Gerenciando eNodeBs
- Status do Par de Diâmetro
- Serviços de Localização
- Transferência Inter-MME S10
- API REST
- Referência de Estados do UE
- Solução de Problemas

Visão Geral do Painel de Controle

O Painel de Controle é acessível em `https://<mme-host>:10443`. Ele fornece visualizações em tempo real dos contextos de UE, conexões de eNodeB e status do par de Diâmetro, atualizando automaticamente a cada segundo.



A ordem de navegação da barra lateral é configurável via `page_order` em `runtime.exs`. Veja Referência de Configuração. As páginas Localização e S10 estão disponíveis além das páginas acima quando suas interfaces estão habilitadas; adicione seus caminhos a `page_order` para exibi-los na barra lateral.

Gerenciando Equipamentos de Usuário

A página **UEs** mostra todos os contextos de UE atualmente mantidos pelo MME — conectados, ociosos e recentemente desconectados.

Resumo do Status do UE

No topo da página UEs, uma contagem ao vivo mostra:

Status	Significado
Conectado	UE está EMM-Registrado e ECM-Conectado (associação S1AP ativa, plano de dados ativo)
Ocioso	UE está EMM-Registrado e ECM-Ocioso (S1AP liberado, contexto retido — acessível via paginação)
Desconectado	UE está EMM-Deregistrado (desconectado; contexto retido brevemente para reanexação baseada em contexto)

Pesquisa e Filtragem

A caixa de pesquisa corresponde a IMSI, MSISDN, IMEISV, ID S1AP UE do MME, ID S1AP UE do eNB e nome do eNodeB. Os resultados são atualizados à medida que você digita com um debounce de 300ms.

O botão **Filtros** fornece filtragem baseada em status:

- **Todos os Status** — Mostrar todos os contextos
- **Conectado** — Apenas ECM-Conectado
- **Ocioso** — Apenas ECM-Ocioso
- **Desconectado** — Apenas EMM-Deregistrado

Os resultados são paginados em 10 por página. Use os controles de paginação para navegar por grandes populações de assinantes.

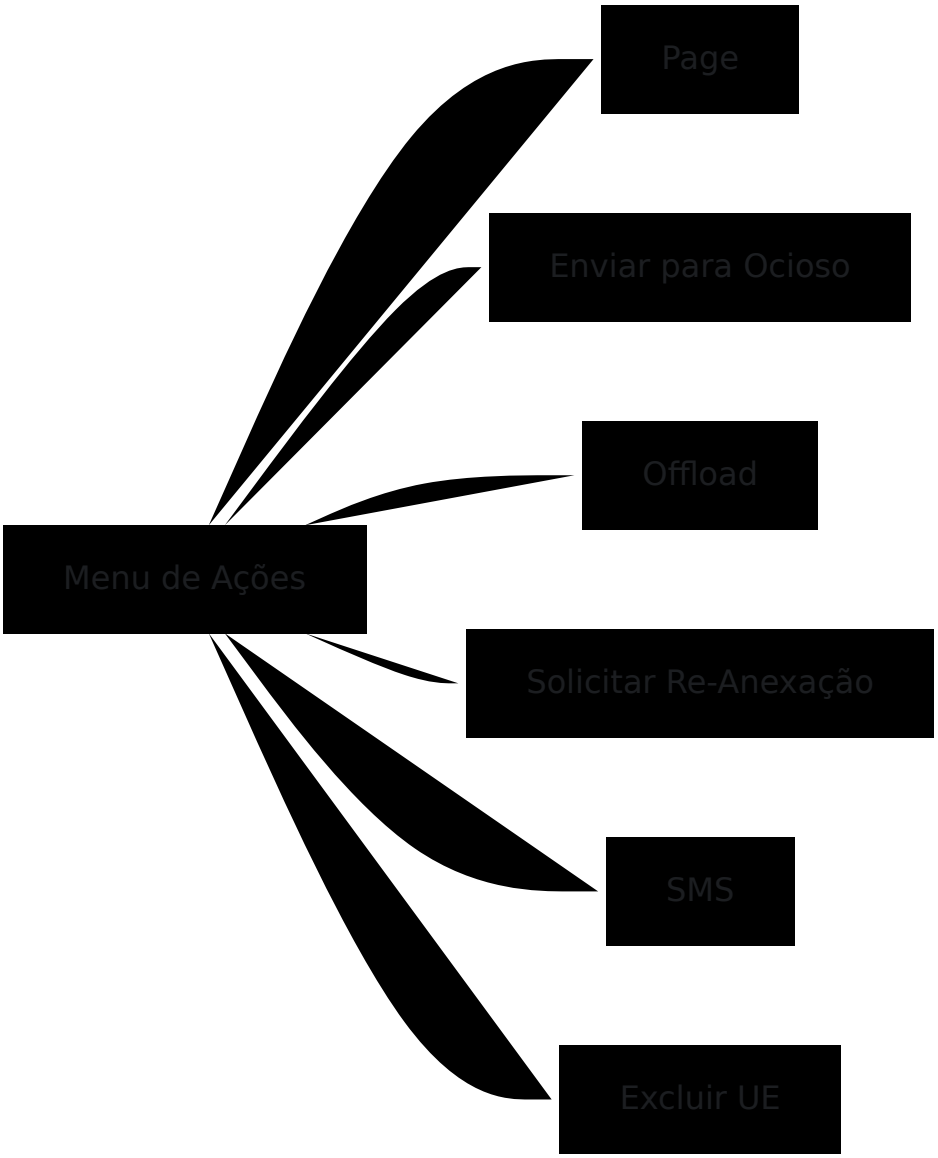
Visualização de Detalhes do UE

Clique em qualquer linha de UE para expandir sua visualização de detalhes. As seções mostradas dependem do contexto disponível:

Seção	Conteúdos
Informações Básicas	IMSI, MSISDN, IMEISV, tipo de dispositivo, GUTI, TAI atual, ECGI atual, UE AMBR, pontos finais do túnel S11, timestamps de contexto
Capacidade de Rádio	Bandas LTE suportadas, capacidade MIMO, nível de liberação, categoria de UE
Capacidade de Rede do UE	Algoritmos de criptografia e integridade EPS, suporte a codec
Contexto de Segurança	Algoritmo de segurança NAS e identificador do conjunto de chaves
Sessões PDN	Conexões PDN ativas com APN, AMBR e detalhes de bearer
APNs Permitidos	Perfil de configuração de APN da assinatura HSS
Procedimentos ESM Recentes	Transações de configuração/desmontagem de bearer em andamento ou recentemente concluídas

Ações do UE

Cada UE tem um menu de ações (botão ⋮). As ações estão desativadas para UEs EMM-Deregistrados onde não teriam efeito.



Página

Envia uma mensagem de paginação para recuperar a UE do ECM-Ocioso. Dois métodos de paginação estão disponíveis:

Método	Comportamento	Quando usar
S-TMSI	Pagina usando o S-Temporary Mobile Subscriber Identity da UE. Mecanismo de paginação padrão.	Padrão — use isso na operação normal.
IMSI	Pagina usando o IMSI completo da UE.	Use apenas quando a paginação S-TMSI falhar. **Aviso:** A paginação IMSI pode causar a desconexão e reanexação da UE.

A ação de página está disponível apenas para UEs registradas (Conectadas ou Ociosas).

Enviar para Ocioso

Envia um Comando de Liberação de Contexto de UE para o eNodeB, transitando a UE de ECM-Conectado para ECM-Ocioso. O contexto da UE é retido no MME e a UE permanece registrada. Use isso para liberar recursos de rádio para um assinante ocioso.

Offload

Move uma UE para um MME diferente ou força uma re-seleção enviando um Comando de Liberação de Contexto de UE com a causa `load-balancing-tau-required`. Se a UE estiver atualmente ociosa, ela é paginada primeiro para garantir que a liberação seja entregue.

Isso interrompe brevemente a conexão de dados da UE. A UE realizará um TAU e normalmente se reanexará a um MME menos carregado.

Solicitar Re-Anexação

Desconecta a UE e aciona uma reanexação imediata enviando um Pedido de Desconexão com reanexação necessária. Se a UE estiver atualmente ociosa, ela é paginada primeiro.

Use isso para forçar a reautenticação ou aplicar uma alteração de assinatura que requer um novo anexo.

SMS

Envia uma mensagem SMS para a UE pela interface NAS (SMS-over-NAS). Se a UE estiver atualmente ociosa, ela é paginada primeiro antes que a mensagem seja entregue.

Preencha:

- **MSISDN do Remetente** — O número que aparecerá como remetente da mensagem (apenas dígitos)
- **Mensagem** — O corpo do texto do SMS

Excluir UE

Remove todo o contexto armazenado para esta UE imediatamente. A UE precisará realizar um procedimento de anexo completo para reconectar. Isso não envia nenhum sinal para a UE ou eNodeB — é apenas uma exclusão de estado local.

Use isso para limpar um contexto obsoleto ou preso que está impedindo um anexo normal.

Gerenciando eNodeBs

A página **eNodeBs** mostra todos os eNodeBs que se conectaram anteriormente ao MME, com status de conexão S1 ao vivo.

Resumo do Status do eNB

Status	Significado
Conectado	Associação SCTP ativa; S1 Setup concluído
Desconectado	Associação SCTP perdida ou S1 Setup ainda não concluído

Visualização de Detalhes do eNB

Clique em qualquer linha de eNB para expandir sua visualização de detalhes:

Seção	Conteúdos
Informações Básicas	PLMN, DRX de Paginação Padrão, DRX de Paginação NB-IoT, capacidade de MME anunciada
Detalhes da Conexão	ID da associação SCTP, endereço/porta local e remota, contagens de stream, estado e histórico SCTP
Configuração de TAI	TAIs anunciados pelo eNB e o subconjunto aceito pelo MME
e-gNBs Conectados	Nós secundários 5G NR (e-gNBs) conectados a este eNB para operação NR-NSA

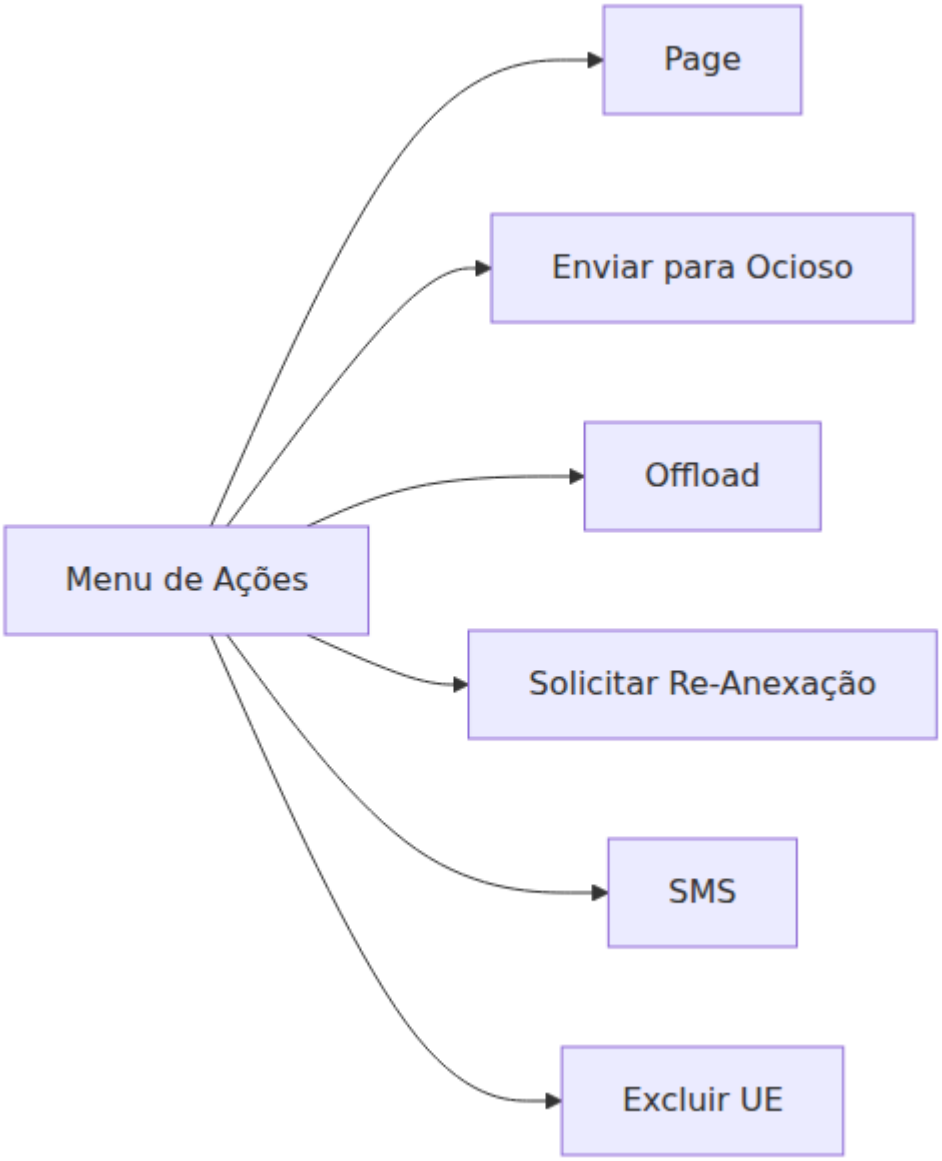
Atualizando a Capacidade de MME Anunciada

O OmniMME pode instruir um eNodeB a usar um valor diferente de **capacidade relativa de MME** sem exigir uma reinicialização. Isso é útil para balanceamento de carga suave ou drenagens de manutenção.

1. Abra o menu de ações (⋮) ao lado do eNB — disponível apenas quando o eNB está **Conectado**.
2. Selecione **Atualizar Capacidade**.

3. Insira um valor entre 0 e 255.
4. Clique em **Enviar para eNB**.

O OmniMME envia uma mensagem de Atualização de Configuração de MME para o eNB com a nova capacidade relativa. A mudança entra em vigor imediatamente no lado do eNB, mas reverte ao valor em `runtime.exs` após a reinicialização do MME.



Status do Par de Diâmetro

A página **Diameter** mostra todos os pares de Diâmetro configurados e seu estado de conexão atual.

Para cada par, o seguinte é exibido:

Campo	Descrição
Host	Identidade de Diâmetro (Origin-Host) do par
Status	Estado de conexão atual: Conectado, Desconectado ou Conectando
IP / Porta	Endereço de rede do par
Transporte	TCP ou SCTP
Iniciação de Conexão	Se o OmniMME inicia (`outbound`) ou aceita (`inbound`) a conexão
Reino	Reino de Diâmetro relatado pelo par no CEA
Nome do Produto	String do produto do fornecedor relatada pelo par no CEA
IDs de Aplicação	IDs de aplicação de Diâmetro negociados no CEA

Expanda uma linha de par para ver o detalhe completo da conexão.

Uma implantação saudável requer que todos os pares S6a configurados apareçam como **Conectados**. A perda de todos os pares S6a impedirá que novos procedimentos de anexo de UE completem a autenticação.

Serviços de Localização

A página **Localização** fornece posicionamento de plano de controle (LCS) para UEs registradas. Está disponível apenas quando a interface SLs para o E-SMLC está habilitada (`esmlc.enabled`, veja Referência de Configuração); os resultados de posicionamento vêm do E-SMLC via SLs (LCS-AP), com medições coletadas do eNB (LPPa) e/ou da UE (LPP).

No topo da página, contagens ao vivo mostram **Total**, **Conectados**, **Ociosos** e **Localizados** UEs. A pesquisa corresponde a IMSI, MSISDN ou ID S1AP UE do MME.

Métodos de Posicionamento

Selecione o método antes de solicitar uma fixação:

Método	Fonte	Precisão típica	Notas
ID da Célula	Célula servidora (ECGI) e área de rastreamento (TAI)	Nível de célula	Mais rápido; nenhuma campanha de medição de UE/eNB necessária.
E-CID (ID de Célula Aprimorada)	Medições do eNB via LPPa (TS 36.455)	Dezenas a centenas de m	Quantidades selecionáveis: ID da Célula, Tipo de TA 1, Tipo de TA 2, Ângulo de Chegada, RSRP, RSRQ.
GNSS (GPS)	GPS da UE via LPP (TS 36.355)	10–50 m	Mais preciso; requer suporte LPP da UE e visibilidade GPS.
OTDOA	PRS do eNB + diferenças de tempo da UE via LPP	Dezenas de m	Requer múltiplas células com PRS habilitado.

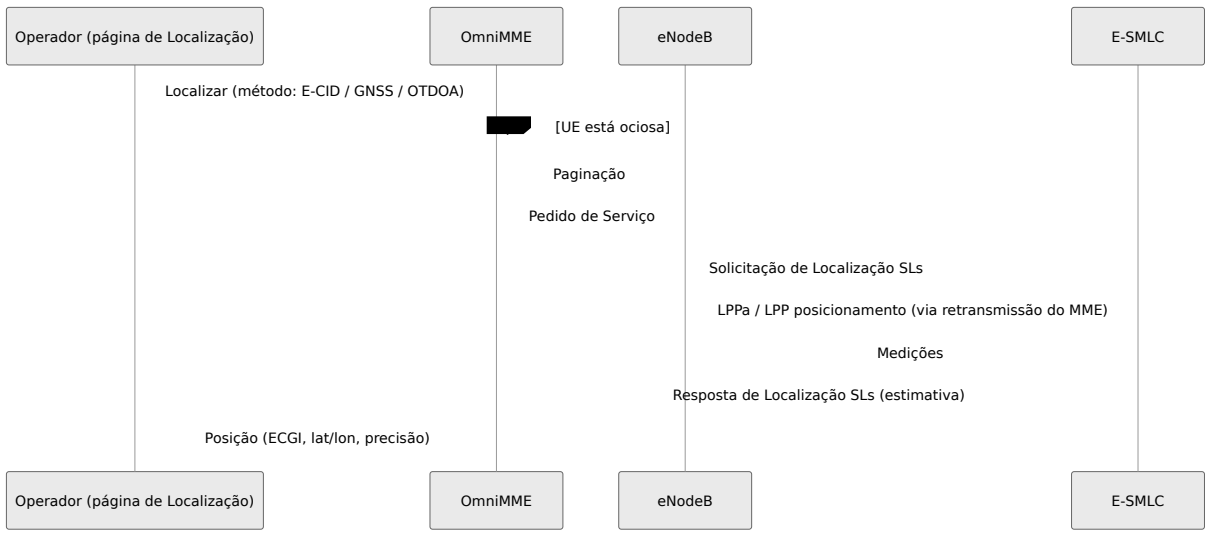
Para E-CID, use os botões de quantidade de medição para controlar quais quantidades o E-SMLC solicita.

Solicitando uma Localização

Ação	Comportamento
Localizar	Executa uma solicitação de posicionamento ao vivo usando o método selecionado. Se a UE estiver ociosa, ela é paginada primeiro. O resultado é buscado de forma assíncrona e a linha é atualizada quando chega.
Em Cache	Retorna a última localização conhecida da UE (ECGI servidora + TAI) sem contatar o E-SMLC ou paginar a UE.

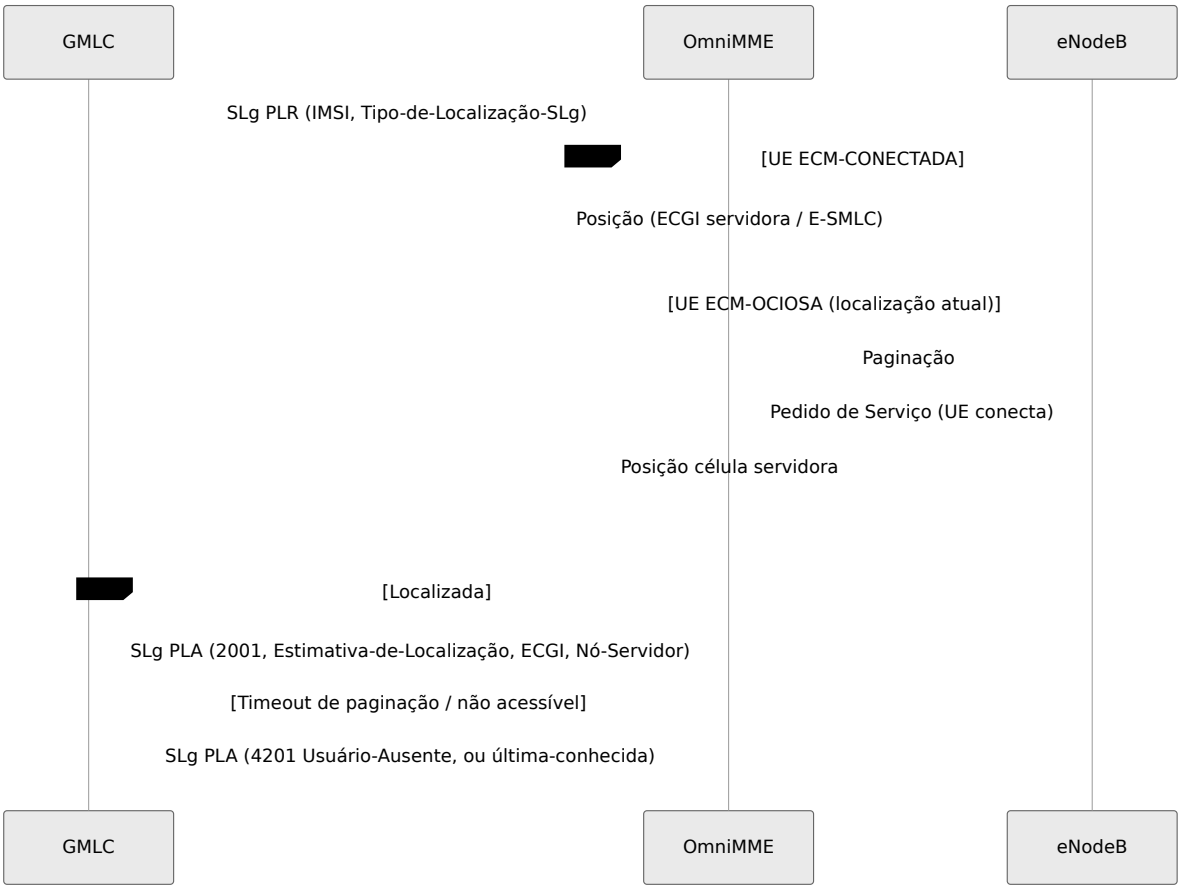
O painel de resultados mostra ECGI, TAI, latitude/longitude/altitude, incerteza e confiança; detalhes de medição E-CID (célula, TAC, tipos de TA, AoA, RSRP, RSRQ); e informações sobre células OTDOA (PCI, EARFCN, largura/configuração de banda PRS). Quando coordenadas GNSS estão presentes, um pino de mapa embutido é mostrado.

Uma solicitação de **Localizar** segue o fluxo LCS de plano de controle: o MME aciona o E-SMLC via SLs, que por sua vez coleta medições do eNB (LPPa) e/ou da UE (LPP).



Solicitação de Localização SLg (de um GMLC)

Quando um GMLC envia um **Pedido de Fornecimento de Localização (PLR)** via SLg (TS 29.172), o MME resolve a localização do assinante e responde com um **Resposta de Fornecimento de Localização (PLA)**. Para um pedido de *localiza►►ão atual* de uma UE ociosa, o MME pagina a UE primeiro (acionado pela rede), então a posiciona:



- Os tipos de localização **Atual / Inicial / Verificação de Notificação** paginam uma UE ociosa (limitada por T3413), então retornam a célula servidora. Em caso de timeout de paginação, eles recorrem à última conhecida para *atual-ou-última-conhecida*, ou `DIAMETER_ERROR_ABSENT_USER` (4201) para estritamente atual.
- **Atual-ou-última-conhecida** retorna o ECGI/TAI servidora em cache sem paginação quando nenhuma fixação ao vivo está disponível.
- Códigos de resultado: `2001` sucesso, `5001` usuário desconhecido, `4201` ausente/não acessível, `4260` falha no método de posição.

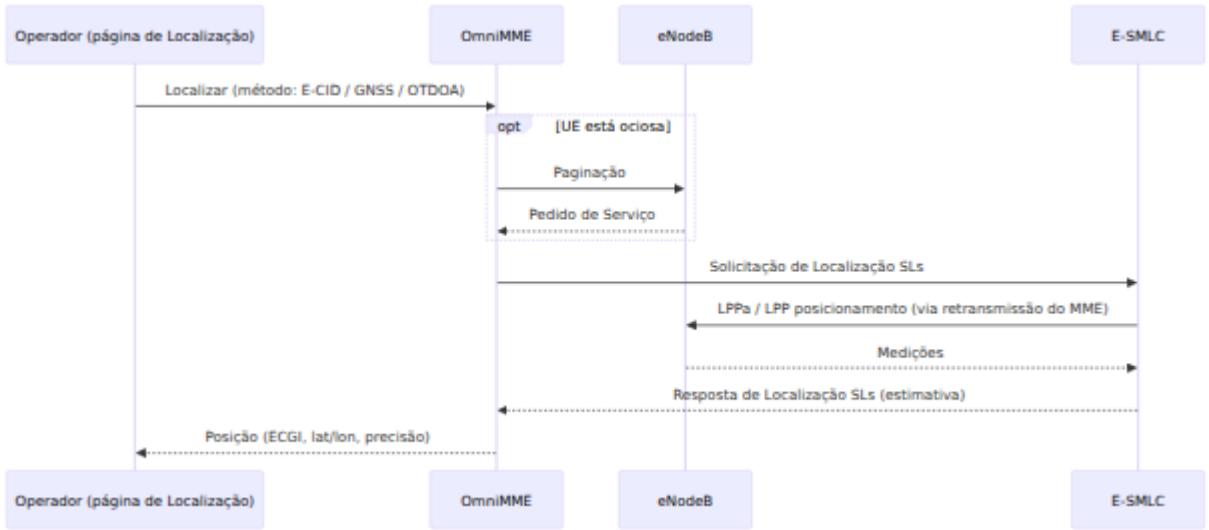
> Quando `esmlc.enabled` está definido, o PLR é satisfeito através do caminho de posicionamento SLs/E-SMLC acima; caso contrário, o MME

> responde a partir de seu próprio estado de célula servidora / última conhecida.

Transferência Inter-MME S10

A página **S10** é um monitor somente leitura para mobilidade inter-MME — transferência de contexto em modo ocioso (TAU foreign-GUTI) e realocação em modo conectado — via a interface GTP-C S10, além de interconexão N26 para 5GS. Veja MME Vizinhos (S10) para configuração.

Quando uma UE chega em um TAU apresentando um GUTI que pertence a outro MME (um GUTI *estrangeiro*), o OmniMME puxa o contexto da UE do MME anterior via S10 em vez de rejeitá-lo:



Descoberta de Vizinhos

Mostra o `selection_method` configurado (S-NAPTR baseado em DNS ou pares estáticos) e, para configuração estática, a lista de pares MME vizinhos: **Host**, **IP** e **Porta**.

Transferências Ativas

Lista as realocações S10/N26 em andamento com uma contagem ao vivo, cada linha mostrando:

Campo	Descrição
IMSI	Assinante sendo realocado.
ID S1AP UE do MME	Identificador S1AP local para o contexto da UE.
Fase	Estágio da realocação — e.g. acquiring-context, preparing-relocation, relocation-complete.

Não há ações do operador nesta página; a transferência forçada para um MME par é realizada através da API REST.

API REST

A API REST (`https://<mme-host>:8443`) fornece acesso programático para integração e automação OSS/BSS. A documentação interativa está disponível em `/api/swagger`.

Endpoints de UE

Listar UEs

```
GET /api/ues
```

Parâmetros de consulta:

Parâmetro	Tipo	Descrição
`search`	String	Filtrar por IMSI, MSISDN, IMEISV, ID S1AP UE do MME, ID S1AP UE do eNB ou nome do eNB
`status`	String	Filtrar por status: `connected`, `idle` ou `disconnected`
`page`	Integer	Número da página (padrão: 1)
`per_page`	Integer	Resultados por página (padr►►o: 50)

Resposta:

```
{
  "data": [ ... ],
  "page": 1,
  "per_page": 50,
  "total": 142,
  "total_pages": 3
}
```

Cada objeto UE em `data` inclui: `context_id`, `imsi`, `imeisv`, `msisdn`, `mme_ue_s1ap_id`, `enb_ue_s1ap_id`, `global_enb_id`, `enb_name`, `emm_state`, `ecm_state`, `current_tai`, `current_ecgi`, `guti`, `s_tmsi`, `ue_ambr`, timestamps, `session_contexts`, `esm_procedures` e `apn_configuration_profile`.

Obter UE por ID de Contexto

```
GET /api/ues/:context_id
```

Retorna um único objeto de contexto de UE. Retorna `404` com `{"error": "not_found"}` se o ID de contexto não existir.

Ações do UE

```
POST /api/ues/:ue_id/actions
```

Executa uma ação do operador em uma UE — o equivalente da API ao menu de ações da página UEs.

Parâmetros do corpo:

Parâmetro	Tipo	Descrição
`action`	String	Um dos `page`, `send_to_idle`, `offload`, `delete`, `request_reattach`, `send_sms`.
`paging_type`	String	Para `page`: `s_tmsi` (padrão) ou `imsi`.
`sender_msisdn`	String	Para `send_sms`: o número do remetente mostrado para a UE (apenas dígitos).
`text`	String	Para `send_sms`: o corpo da mensagem.

UEs ociosas são paginadas primeiro onde a ação requer um caminho NAS. Veja Aç►►es do UE para o comportamento de cada ação.

Endpoints de eNodeB

Listar eNodeBs

```
GET /api/enodebs
```

Parâmetros de consulta: `status` — `connected` ou `disconnected`.

Obter eNodeB

```
GET /api/enodebs/:id
```

Retorna um único contexto de eNodeB pelo ID global do eNB.

Ações do eNodeB

```
POST /api/enodebs/:enodeb_id/actions
```

Parâmetros do corpo:

Parâmetro	Tipo	Descrição
`action`	String	Atualmente `update_mme_capacity`.
`relative_mme_capacity`	Integer	Nova capacidade relativa de MME (0–255). Envia uma Atualização de Configuração de MME para o eNB (veja Atualizando a Capacidade de MME Anunciada).

Endpoints de Diâmetro

```
GET /api/diameter
GET /api/diameter/:id
```

Lista pares de Diâmetro (opcionalmente filtrados por `status`), ou busca um por host. Espelha a página Diameter.

Endpoints de Par SGW

```
GET /api/sgw_peers
GET /api/sgw_peers/:id
```

Lista os pares S-GW que atualmente ancoram sessões S11, ou busca um por IP. Útil para confirmar a distribuição de sessões e o estado de recuperação de pares.

S10 / Transferência Inter-MME

```
GET  /api/s10
POST /api/s10/offload
```

`GET /api/s10` retorna o estado de descoberta de vizinhos S10/N26 e a lista de transferências ativas (espelha a página S10).

`POST /api/s10/offload` força a transferência de um assinante para um MME par. Corpo: `imsi` (obrigatório). Para uma UE conectada, isso realiza uma realocação em modo conectado e aguarda a conclusão; uma UE ociosa é sinalizada para ser liberada com `load-balancing-TAU-required` em seu próximo Pedido de Serviço ou TAU (não é **paginada** para a transferência, conforme TS 23.401 §4.3.7.3). A transferência de uma UE com um bearer dedicado/GBR é recusada (isso derrubaria a chamada) — use uma transferência S1 em modo conectado em vez disso.

Realoção de GUTI

```
POST /api/guti/reallocate
```

Aciona o procedimento de Realoção de GUTI (TS 24.301) para uma UE. Corpo: `imsi` (obrigatório). A UE deve estar **conectada** — não há caminho NAS para uma UE ociosa, portanto, um pedido para uma UE ociosa/desconhecida é rejeitado.

Teste de DNS / Rota

```
POST /api/dns-test/pgw
POST /api/dns-test/sgw
POST /api/dns-test/mme
```

Execuções secas do pipeline de seleção de P-GW / S-GW / MME-alvo para um determinado assinante — constrói o FQDN, resolve via DNS (S-NAPTR, sobre TCP) e aplica o método de seleção configurado — e retorna **o que seria**

selecionado, sem anexar um assinante, enviar qualquer GTP-C ou mudar o estado. Use-o para validar a configuração de DNS e roteamento (novos pools de gateway, substituição de APN-OI, casa vs roaming, rotas específicas de PLMN) como uma verificação segura e repetível antes da mudança, em vez de anexar uma UE ao vivo e ler a escolha nos logs.

A execução seca usa o **mesmo código de seleção que o caminho de anexo ao vivo**, então seu resultado corresponde ao que um assinante real obteria.

Corpo da solicitação (JSON) — forneça o PLMN explicitamente (`mcc`/`mnc`) ou como um `imsi` para derivá-lo:

Campo	PGW	SGW	MME	Descrição
`apn`	obrigatório	–	–	Identificador de Rede APN (ex: `ims`) ou um APN-FQD completo
`tac`	–	obrigatório	obrigatório	Código da Área de Rastreamen do TAI alvo
`imsi`	opcional	opcional	opcional	Deriva `mcc`/`mnc` e a classificação de casa/roamin (como anexo faz)
`mcc`, `mnc`	opcional	opcional	opcional	PLMN servidora/alv quando nenhum `ims` é dado
`subscriber_type`	opcional	opcional	–	`home` ou `roaming`; substitui a classificação derivada
`apn_oi_replacement`	opcional	–	–	Exercita o caminho de Substituição

Campo	PGW	SGW	MME	Descriçã
				APN-OI do P-GW

```
curl -sk -X POST https://<mme>:8443/api/dns-test/pgw \
  -H 'content-type: application/json' \
  -d '{"apn":"ims","imsi":"001010000004157"}'
```

A resposta expõe cada estágio para que seja diagnosticável, não apenas o IP final:

```
{
  "node": "PGW",
  "subscriber_type": "home",
  "selection_method": "dns_lookup",
  "fqdn": "ims.apn.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  "attempts": [{"dns_server": "10.103.1.53", "fqdn": "...",
"candidate_count": 2}],
  "candidates": [{"host": "pgw01...", "ips": ["10.103.1.21"],
"port": 2123, "service": "x-3gpp-pgw:x-s5-gtp"}],
  "selected": {"host": "pgw01...", "ip": "10.103.1.21", "port":
2123},
  "notes": []
}
```

`candidates` é a lista resolvida em ordem de seleção; `selected` é o par que seria escolhido (para pools de peso/prioridade, esta é uma escolha ponderada — a lista completa de `candidates` é a visão determinística). `notes` sinaliza alternativas, como a ausência de candidatos resolvidos. Para um pool `random_peer` (estático), `candidates` é o pool configurado e `fqdn` é `null`.

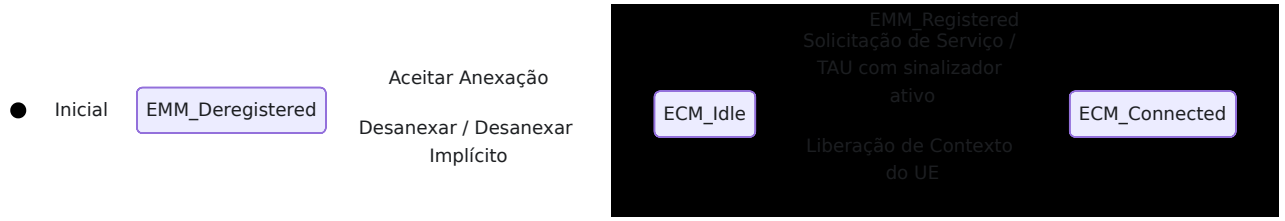
Sistema

```
GET /api/status
```

Verificação de saúde; retorna `{"result": "ok"}` quando a API está em funcionamento.

Referência de Estados do UE

OmniMME rastreia duas máquinas de estado independentes por UE:



Estados EMM (Gerenciamento de Mobilidade EPS):

Estado	Significado
`emm_registered`	UE anexou-se com sucesso. Autenticação e recuperação de assinatura concluídas.
`emm_deregistered`	UE desanexou-se ou foi desanexada implicitamente. O contexto pode ainda ser mantido por um curto período.

Estados ECM (Gerenciamento de Conexão EPS):

Estado	Significado
`ecm_connected`	Associação S1AP ativa entre MME e eNodeB para este UE. Plano de dados ativo.
`ecm_idle`	Associação S1AP liberada. Contexto do UE retido no MME. UE acessível via paginação.

O estado ECM só é significativo quando `emm_state` é `emm_registered`. Um UE `emm_deregistered` não tem estado ECM significativo.

Solução de Problemas

UEs Incapazes de Anexar

Sintomas: Novas solicitações de anexação falham; UEs mostram erros de autenticação ou rejeição.

Causas possíveis:

- Par Diameter S6a desconectado — HSS inacessível para autenticação
- PLMN doméstico mal configurado — PLMN IMSI do UE não corresponde ao `home_plmn` na configuração
- Verificação de equipamento S13 bloqueando — dispositivo IMEISV classificado como na lista negra
- TAI servido não incluindo o TAC do eNB — TAI do eNB não aceito durante a Configuração S1

Resolução:

1. Verifique a página Diameter no Painel de Controle — todos os pares S6a devem mostrar Conectado.
2. Verifique se `home_plmn` corresponde ao MCC/MNC codificado nos SIMs dos assinantes.
3. Se `s13.enabled` for `true`, confirme se `allowed_equipment_status` inclui a classificação esperada.
4. Verifique a visualização de detalhes do eNB → seção de Configuração TAI para confirmar se o TAC do UE que está anexando aparece na lista de TAIs aceitos.

---

eNodeB Desconectando Frequentemente

Sintomas: O status do eNB oscila entre Conectado e Desconectado; UEs experimentam sessões interrompidas.

Causas possíveis:

- Instabilidade do caminho de rede entre MME e eNB
- Desajuste de MTU causando problemas de fragmentação SCTP
- MME sobrecarregado — batimentos cardíacos SCTP atrasados

Resolução:

1. Verifique a qualidade do caminho de rede entre `s1ap.listen_ip` e o IP do eNB mostrado nos Detalhes da Conexão.
2. Verifique se o tráfego SCTP (protocolo IP 132) não está sendo bloqueado ou NAT'd no caminho.
3. Revise as métricas BEAM (`beam_processes_count`, `beam_memory_total`) em busca de sinais de exaustão de recursos.

Falha na Entrega de SMS

Sintomas: Ação de SMS retorna "UE paginado, mas sem resposta."

Causas possíveis:

- UE está genuinamente inacessível (desligado, fora de cobertura)
- UE não suporta SMS sobre NAS
- Área de paginação mal configurada — lista de TAI não cobre o último TAI conhecido do UE

Resolução:

1. Verifique o último TAI conhecido do UE e confirme se o TAC está em `served_tai`.
2. Verifique se o eNB que serve esse TAC está atualmente Conectado.
3. Confirme se a assinatura do UE suporta SMS sobre NAS.

Contextos de UE Obsoletos Acumulando

Sintomas: `mme_ue_count` cresce ao longo do tempo, mas as contagens conectadas/ociosas permanecem estáveis; muitos contextos no estado Desconectado.

Causas possíveis:

- UEs ociosos não estão sendo desanexados implicitamente — por exemplo, os temporizadores de Acessibilidade Móvel / Desanexação Implícita estão configurados para muito além do intervalo periódico de TAU, ou UEs estão saindo da cobertura sem se desanexar.

Resolução:

1. O ciclo de vida do contexto do UE é governado pelos temporizadores de Acessibilidade Móvel e Desanexação Implícita (veja Referência de Configuração). Um UE que perde seu TAU periódico (`t3412`) é desanexado implicitamente e seu contexto removido assim que esses temporizadores expiram.
2. Para redes de alta rotatividade, revise `t3412` e os derivados `mobile_reachable_timer` / `implicit_detach_timer` para que contextos obsoletos sejam expulsos em uma escala de tempo que se ajuste à sua base de assinantes.
3. Contextos obsoletos individuais podem ser removidos imediatamente através da ação **Excluir UE** no Painel de Controle, ou `POST /api/ues/:ue_id/actions` com `action: "delete"`.

> As configurações legadas `persistent_emm_deregistered_cleanup_interval` / `persistent_ecm_idle_cleanup_interval` não têm mais efeito — veja a nota sob Parâmetros Centrais do MME.

Roaming

Este guia cobre como o OmniMME lida com assinantes de **roaming de entrada** — UEs cujo IMSI pertence a outro PLMN — e como mantém o tráfego de roaming em gateways dedicados voltados para a borda.

Para cada Attach e Atualização de Área de Rastreamento, o MME toma uma decisão que direciona tudo o que está nesta página: este assinante é **local** ou **roaming**? Essa classificação então seleciona qual Gateway de Serviço (SGW) e Gateway de Rede de Dados de Pacote (PGW) a sessão é ancorada, qual pool de DNS é consultado e qual fronteira interoperadora o tráfego atravessa.

Índice

- Classificação de Local e Roaming
- Fallback Off-Net para PLMN Desconhecido
- Seleção de SGW e PGW
- Resolução de DNS EPC
- SGWs de Roaming Dedicados
- Arquivo de Sobrescrição de PLMN do Operador
- API de Consulta de Operador IMSI
- Solução de Problemas

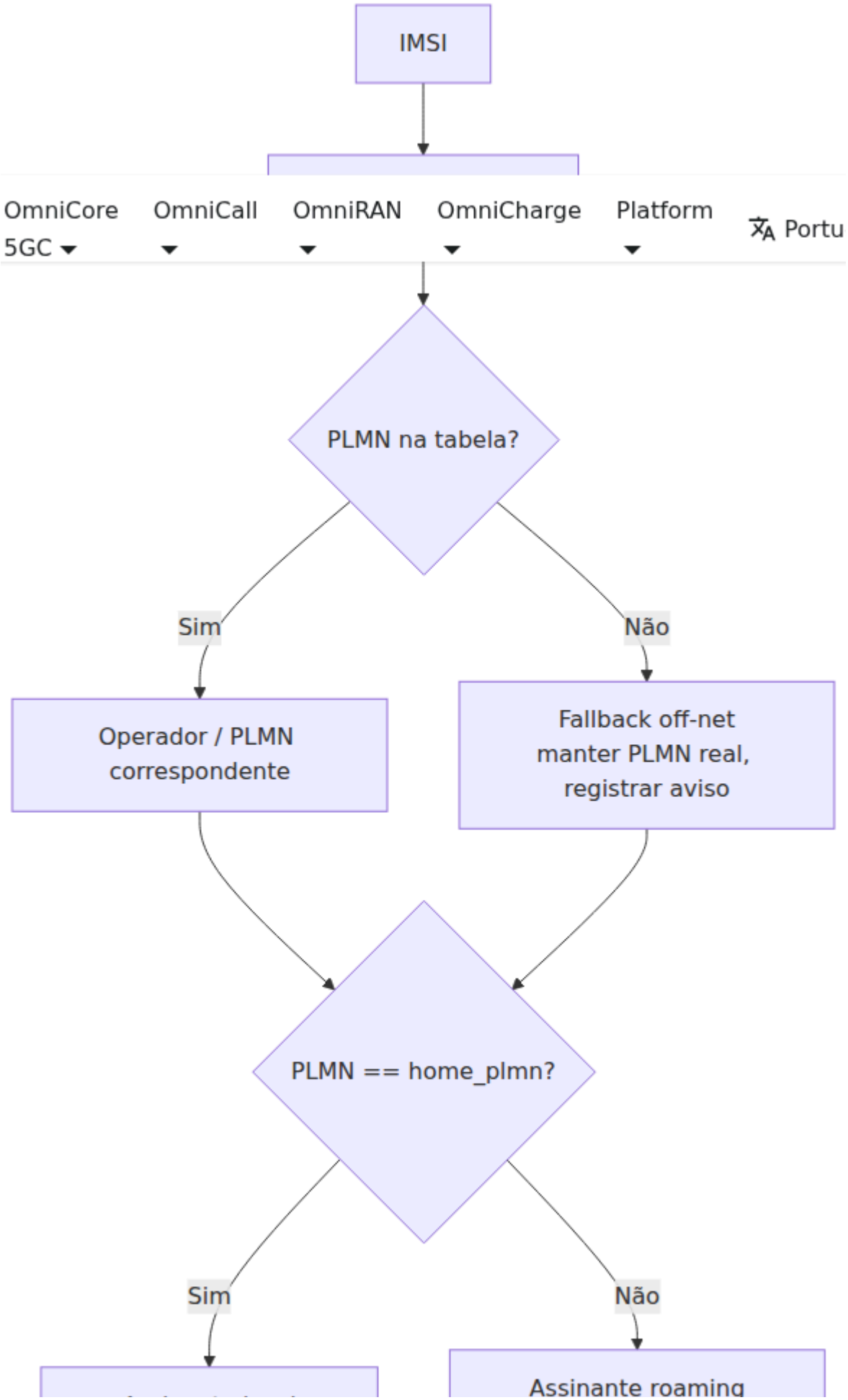
Classificação de Local e Roaming

Os dígitos iniciais do IMSI são o PLMN do assinante: um código de país móvel (MCC) de três dígitos seguido por um código de rede móvel (MNC) de dois ou três dígitos, conforme TS 23.003 §2.2. O OmniMME resolve isso em sua tabela de referência de PLMN — o banco de dados global de operadores enviado mais qualquer sobrescrição de operador — para recuperar o nome do operador, país e comprimento do MNC:

1. Os primeiros **seis** dígitos são consultados como um PLMN de MNC de três dígitos.

2. Se isso falhar, os primeiros **cinco** dígitos são consultados como um PLMN de MNC de dois dígitos.
3. Se ambos falharem, o fallback off-net se aplica.

O PLMN correspondente é comparado com o `home_plmn` configurado. Se o MCC **e** o MNC coincidirem, o assinante é **local**; caso contrário, é **roaming**. Essa única classificação alimenta a seleção de SGW, a seleção de PGW, o pool de DNS / peer escolhido pelo `type` do assinante e o sufixo APN-OI.


IMSI
OmniCore 5GC
OmniCall
OmniRAN
OmniCharge
Platform
Portu
PLMN na tabela?
Sim
Não
Operador / PLMN correspondente
Fallback off-net manter PLMN real, registrar aviso
PLMN == home_plmn?
Sim
Não
Assinante roaming

> Os exemplos nesta página assumem que `home_plmn` está configurado para MCC `001` / MNC `01` (`Exemplo de Rede Local`), com `Exemplo de Parceiro de Roaming` (MCC `999` / MNC `970`) como um roamer de entrada.

Fallback Off-Net para PLMN Desconhecido

Quando o PLMN de um assinante **não** está presente na tabela — um parceiro de roaming ou rede privada que não foi adicionado — o OmniMME **não** assume que o assinante é local. Ele mantém o MCC/MNC real do assinante retirado diretamente do IMSI, para que o assinante seja corretamente classificado como **roaming** e seja roteado para o pool de gateways de roaming em vez de um gateway local.

Como um IMSI sozinho não indica se seu MNC tem dois ou três dígitos, o comprimento do MNC é inferido de outras linhas que compartilham o mesmo MCC (o comprimento do MNC é consistente dentro de uma região MCC conforme TS 23.003), defaultando para três dígitos quando o MCC é totalmente desconhecido.

Cada fallback off-net é registrado como `warning` para que os operadores possam ver exatamente qual PLMN está faltando e deve ser adicionado ao arquivo de sobrescrição:

```
level=warning msg="IMSI PLMN não na tabela de PLMN; classificando
assinante como off-net (roaming)"
  protocol=s1ap imsi=999970000000001 mcc=999 mnc=970 mnc_length=3
inferred=true
```

Um operador de roaming que **está** na tabela (correspondido, mas não o PLMN local) não produz este aviso — é considerado roaming esperado. O aviso sinaliza especificamente PLMNs dos quais o MME não tem registro, que é a causa mais comum de um roamer ser mal roteado.

Seleção de SGW e PGW

Uma vez classificada, a sessão é ancorada em gateways escolhidos para esse tipo de assinante:

Classe	Pool SGW	Interface PGW	Serviço DNS PGW
Local	SGWs Locais	S5	`x-3gpp-pgw:x-s5-gtp`
Roaming	SGWs de Roaming	S8	`x-3gpp-pgw:x-s8-gtp`

A conectividade PDN de roaming é **roteada para a casa** (TS 23.401 §4.3): o SGW da rede visitada conecta-se via **S8** ao PGW **local** do roamer, de modo que o tráfego do roamer se desvia em sua rede local. Assinantes locais usam **S5** para um PGW local.

Cada gateway é selecionado por um de dois métodos, configuráveis globalmente ou **por tipo de assinante** (`%{home: ..., roaming: ...}`):

Método	Comportamento
`:random_peer`	Escolher aleatoriamente entre os peers configurados estaticamente cujo `type` corresponde à classe do assinante (`:home`, `:roaming` ou `:home_and_roaming`).
`:dns_lookup`	Resolver uma consulta de DNS de topologia contra os servidores DNS cujo `type` corresponde à classe do assinante. Veja Resolução de DNS EPC.

Uma implantação comum usa peers estáticos para assinantes locais e DNS para roamers de entrada, para que parceiros de roaming possam publicar sua própria topologia via DNS. Os parâmetros `selection_method`, `peers` e `dns` estão documentados nas seções Gateway de Serviço e PGW da Referência de Configuração.

Resolução de DNS EPC

A seleção baseada em DNS segue o procedimento Straightforward-NAPTR (S-NAPTR) de TS 29.303, resolvendo um nome de serviço para um endereço de nó concreto através de uma cadeia NAPTR → SRV → A/AAAA.

SGW (S11). O MME constrói um **TAI-FQDN** da área de rastreamento do UE e do PLMN:

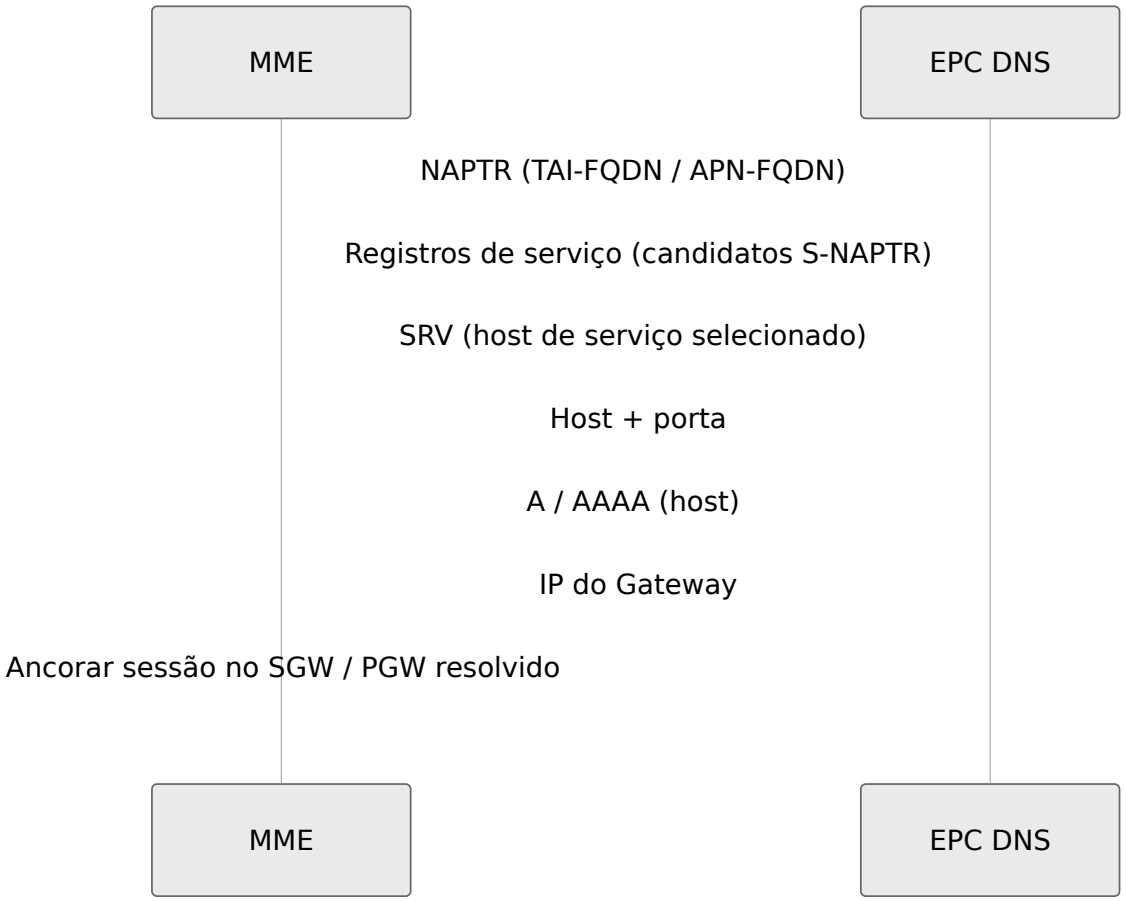
```
tac-lb<low-byte>.tac-hb<high-
byte>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

e executa S-NAPTR para o serviço `x-3gpp-sgw:x-s11`. Se o SGW publica apenas seus registros S5/S8 naquele nome, o MME pega o nome canônico do nó do SGW (removendo os rótulos de topologia `topon`/`topoff` conforme TS 29.303 §4.3.2) e executa um segundo S-NAPTR para `x-s11` contra ele.

PGW (S5/S8). O MME constrói um **APN-FQDN** a partir do APN solicitado e do PLMN:

```
<apn>.apn.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

e executa S-NAPTR para `x-3gpp-pgw:x-s5-gtp` (local) ou `x-3gpp-pgw:x-s8-gtp` (roaming).



Os rótulos do PLMN (`mnc<MNC>.mcc<MCC>`) sempre carregam o PLMN **real** do assinante, de modo que a consulta de um roamer se resolve contra sua topologia local ou de parceiro — nunca a da rede visitada. Quando um nó S-NAPTR retorna tanto endereços IPv4 quanto IPv6, a preferência `dns_ip_version` decide qual família é usada, com a outra mantida como fallback. Os pools de servidores DNS são eles mesmos marcados como `:home` / `:roaming` / `:home_and_roaming`, de modo que consultas locais e de roaming possam ser enviadas para resolvedores totalmente separados. Veja Parâmetros DNS para configuração.

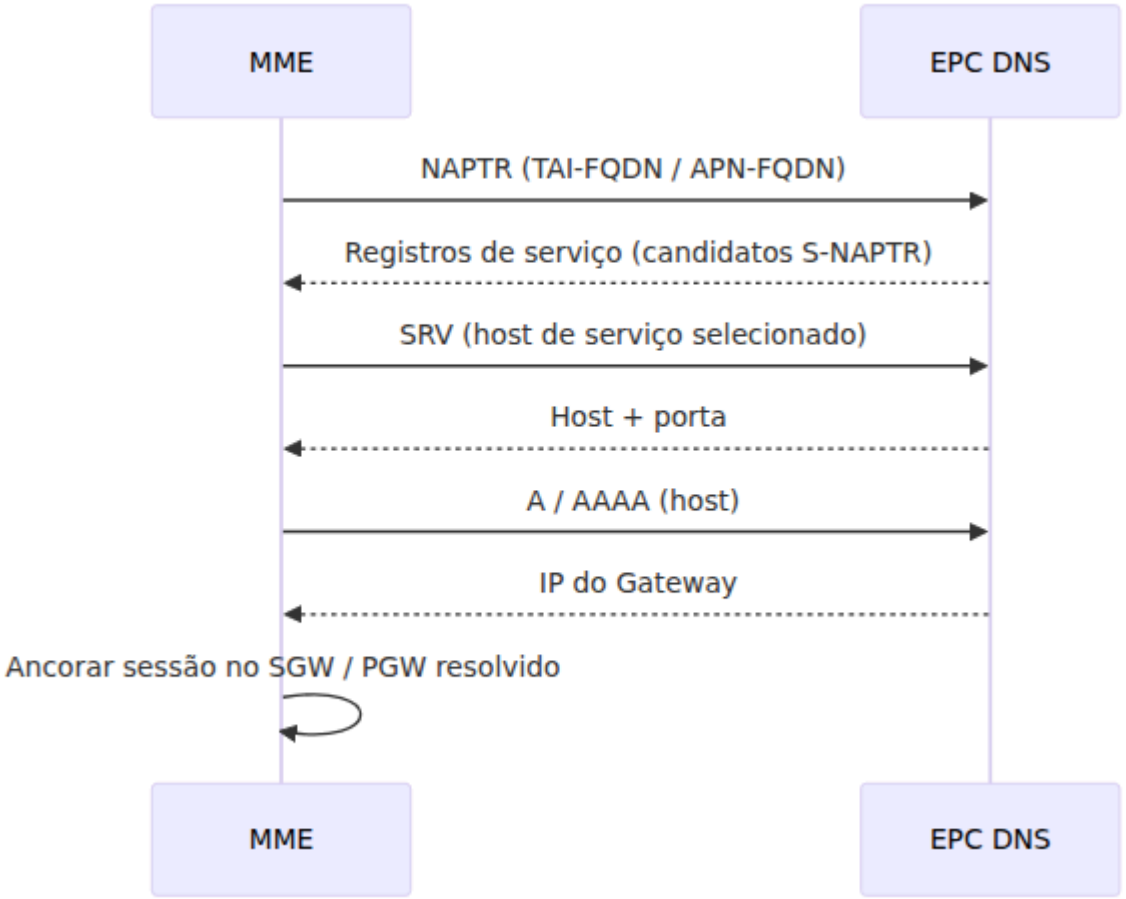
SGWs de Roaming Dedicados

Os SGWs de roaming são deliberadamente mantidos **separados** dos SGWs locais e são os únicos gateways expostos na borda da rede para parceiros de roaming.

No roaming roteado para a casa, o SGW visitado deve alcançar o PGW **local** do roamer através da fronteira interoperadora (a rede IPX/GRX, conforme GSMA

IR.88). Essa é uma conexão externa, voltada para o parceiro. Ao dedicar um pool de SGWs para roaming e direcionar apenas roamers para eles, o operador:

- **Limita a exposição** — apenas os SGWs de roaming são acessíveis a partir da borda inter-PLMN; os SGWs locais (e o restante do núcleo) permanecem internos e inacessíveis a partir das redes parceiras.
- **Oculta a topologia** — parceiros e o IPX veem um pequeno conjunto fixo de nós de borda, não o layout interno do gateway do operador.
- **Simplifica a fronteira** — firewalling inter-PLMN, IPsec e limitação de taxa são aplicados a um pool de borda conhecido e contido, em vez de a totalidade do patrimônio SGW.
- **Contém o raio de explosão** — uma conexão de roaming comprometida ou abusada é confinada aos SGWs de borda.



A classificação de local/roaming do MME é o ponto de controle que faz isso funcionar: é o que direciona um roamer de entrada para o pool de SGWs de roaming expostos na borda e mantém assinantes locais no pool local interno. Um roamer mal classificado (por exemplo, um confundido com um assinante local porque seu PLMN está ausente da tabela) seria ancorado em um SGW

local interno — derrotando a separação — que é exatamente por isso que o fallback off-net classifica PLMNs desconhecidos como roaming e emite um aviso.

Arquivo de Sobrescrição de PLMN do Operador

O OmniMME envia um banco de dados global de PLMN cobrindo operadores conhecidos. Os operadores adicionam suas **próprias** entradas — correções de PLMN local, parceiros de roaming, redes privadas — através de um arquivo de sobrescrição opcional, sem precisar reconstruir ou redistribuir a versão.

```
config :mme,
  plmn_override_path: "/etc/omnimme/plmn.exs"
```

Parâmetro	Tipo	Necessário	Padrão	
`plmn_override_path`	String	Não	`/etc/omnimme/plmn.exs`	Ca sis ar ur so de m op pe Se es au pa er us in

O arquivo de sobrescrição é um mapa indexado pela string PLMN `"<MCC><MNC>"`, na mesma forma que a tabela enviada:

```
%{
  # Adicionar um parceiro de roaming que o banco de dados global
não contém
  "999970" => %{
    country: :example_country,
    operator: "Exemplo de Parceiro de Roaming",
    mcc: "999",
    mnc: "970",
    mnc_length: 3
  },
  # Corrigir uma entrada existente reutilizando sua chave PLMN
  "00101" => %{
    country: :example_country,
    operator: "Exemplo de Rede Local",
    mcc: "001",
    mnc: "01",
    mnc_length: 2
  }
}
```

Campo	Tipo	Descrição
`mcc`	String	Código de País Móvel — três dígitos. Deve ser igual aos primeiros três dígitos da chave PLMN.
`mnc`	String	Código de Rede Móvel — dois ou três dígitos. Deve ser igual aos dígitos restantes da chave PLMN.
`mnc_length`	Inteiro	Número de dígitos do MNC (2 ou 3). Determina se o prefixo IMSI é correspondido como cinco ou seis dígitos.
`operator`	String	Nome do operador, usado para exibição e na API de consulta.
`country`	Átomo | String	Rótulo do país para o operador.

Semântica de sobrescrição:

- **Mesclar, não substituir.** A sobrescrição é mesclada *sobre* os padrões enviados. Uma chave PLMN presente na sobrescrição substitui aquela única linha enviada; todas as outras linhas enviadas permanecem intactas. Os operadores apenas mantêm seus próprios deltas — não há necessidade de copiar o banco de dados global.
- **Validada.** Cada linha de sobrescrição é verificada na carga: o MCC deve ter exatamente três dígitos e o MNC dois ou três dígitos (TS 23.003 §2.x).
- **Fail-safe.** Se o arquivo de sobrescrição não puder ser lido, tiver um erro de sintaxe ou contiver uma linha inválida, ele é ignorado completamente e o MME continua com os padrões enviados, registrando um `warning`. Uma sobrescrição malformada nunca pode derrubar a resolução de PLMN ou impedir a inicialização.

```
level=warning msg="arquivo de sobrescrição de PLMN inválido;
usando apenas padrões enviados"
  path=/etc/omnimme/plmn.exs error=<reason>
```

A sobrescrição é lida na inicialização e relida na recarga de configuração, de modo que adicionar um parceiro de roaming não requer uma reinicialização do processo.

API de Consulta de Operador IMSI

Um endpoint somente leitura resolve qualquer IMSI para seu operador/PLMN e a classificação local-vs-roaming que o MME aplicaria — útil para confirmar se uma sobrescrição teve efeito ou diagnosticar por que um assinante foi roteado para um pool de gateway particular.

```
GET https://<mme-host>:8443/imsi/{imsi}
```

Campo	Tipo	Descrição
`imsi`	String	O IMSI que foi consultado.
`mcc`	String	Código de País Móvel correspondente (ou derivado do IMSI).
`mnc`	String	Código de Rede Móvel correspondente (ou derivado do IMSI).
`operator`	String | null	Nome do operador, ou `null` quando o PLMN não está na tabela.
`country`	String | null	País do operador, ou `null` quando o PLMN não está na tabela.
`mnc_length`	Inteiro	Número de dígitos do MNC (2 ou 3).
`matched`	Booleano	`true` se o PLMN foi encontrado na tabela; `false` se foi inferido do IMSI através do fallback off-net.
`classification`	String	`home` ou `roaming` — a classe de seleção de gateway que o MME aplica a este assinante.

Exemplo — um assinante local:

```
{
  "imsi": "001010000000001",
  "mcc": "001",
  "mnc": "01",
  "operator": "Exemplo de Rede Local",
  "country": "example_country",
  "mnc_length": 2,
  "matched": true,
  "classification": "home"
}
```

Exemplo — um PLMN ausente da tabela (off-net):

```
{
  "imsi": "999970000000001",
  "mcc": "999",
  "mnc": "970",
  "operator": null,
  "country": null,
  "mnc_length": 3,
  "matched": false,
  "classification": "roaming"
}
```

Um resultado `matched: false` classificado como `roaming` confirma o fallback em ação: o assinante mantém seu PLMN real e roteia como um roamer. Adicionar esse PLMN ao arquivo de sobrescrição muda `matched` para `true` e preenche `operator`/`country`. Um IMSI que não tem de 5 a 15 dígitos retorna `400 Bad Request`.

Solução de Problemas

Um roamer está ancorado em um SGW local / interno

Sintomas: A sessão de um assinante de roaming de entrada é configurada em um SGW ou PGW local interno em vez do pool de roaming.

Causas possíveis:

- O PLMN do roamer está ausente da tabela de PLMN, então foi corretamente classificado como off-net — mas nenhum peer de roaming/DNS de `type: :roaming` está configurado, então a seleção voltou para qualquer pool existente.
- O PLMN do roamer foi erroneamente adicionado à sobrescrição com o MCC/MNC **local**.

Resolução:

1. Pesquise os logs por `IMSI PLMN não na tabela de PLMN` para confirmar o PLMN e que foi classificado como off-net.
2. Consulte `GET /imsi/{imsi}` e confirme que `classification` é `roaming`.
3. Certifique-se de que peers SGW/PGW de roaming (ou servidores DNS) com `type: :roaming` estão configurados. Veja Parâmetros de Peer SGW/PGW.

A API de consulta mostra `operator: null` / `matched: false`

Sintomas: Um parceiro de roaming conhecido resolve com um operador nulo e `matched: false`.

Resolução: O PLMN do parceiro não está na tabela. Adicione-o ao arquivo de sobrescrição e recarregue. Reconsulte a API para confirmar que `matched` agora é `true`.

A seleção de DNS não retorna gateway

Sintomas: A configuração da sessão falha sem SGW/PGW resolvido quando `selection_method` é `:dns_lookup`.

Causas possíveis:

- Nenhum servidor DNS do `type` correspondente (`:home` / `:roaming`) está configurado para essa classe de assinante.
- O parceiro não publicou os registros S-NAPTR esperados `x-s11` / `x-s8-gtp`.

Resolução:

1. Confirme que um servidor DNS com o `type` correto está configurado (veja Parâmetros DNS).
2. Verifique se o parceiro publica os registros de serviço esperados para o TAI-FQDN / APN-FQDN.

Interface SGs — CS Fallback & SMS sobre SGs

A **interface SGs** conecta o MME a um **Centro de Comutação Móvel / Registro de Localização de Visitantes (MSC/VLR)** 2G/3G para que assinantes LTE possam usar serviços comutados por circuito (CS) que o núcleo de pacotes EPS não fornece nativamente:

- **Voz CS Fallback (CSFB)** — quando um assinante LTE faz ou recebe uma chamada de voz, o MME redireciona o UE para 2G/3G para a chamada.
- **SMS sobre SGs** — mensagens curtas são retransmitidas entre o UE e o MSC pela interface SGs, sem necessidade de um caminho de SMS comutado por pacotes.

A interface é definida na 3GPP TS 29.118 (protocolo SGsAP) e os procedimentos em 3GPP TS 23.272 (CS Fallback).

> **Opcional e desativado por padrão.** A interface SGs é inerte a menos que configurada explicitamente. Sem a configuração `:sgs`, o MME nunca se conecta a um MSC, nunca anuncia a disponibilidade de CS para UEs e se comporta exatamente como um MME apenas para pacotes. A *voz* CS Fallback tem seu próprio interruptor separado (`csfb_enabled`) que também está desligado por padrão, portanto, SMS sobre SGs pode ser executado sem habilitar o fallback de voz.

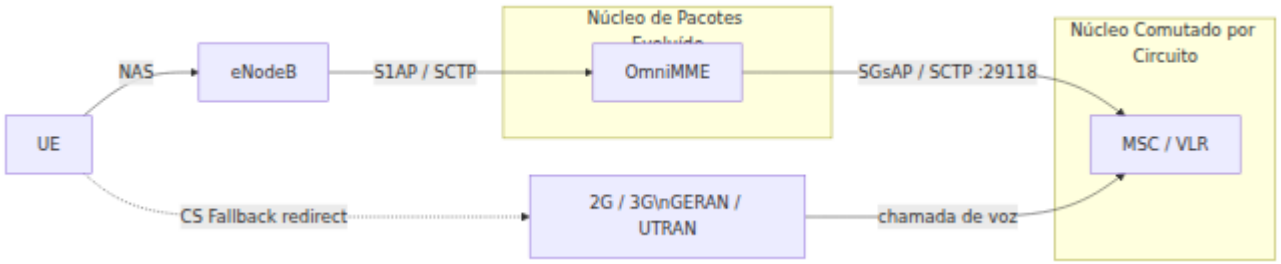
Índice

- Arquitetura
- Gerenciamento de Associação
- Attach e TAU Combinados
- SMS sobre SGs
- Chamada CS Terminada em Móvel (Paging)

- Redirecionamento de Voz CS Fallback
- Configuração
- Métricas
- Solução de Problemas

Arquitetura

O MME é o **cliente SCTP** na interface SGs: ele se conecta *para fora* ao MSC/VLR (porta padrão **29118**) e mantém uma única associação SCTP, reconectando automaticamente se a associação cair.

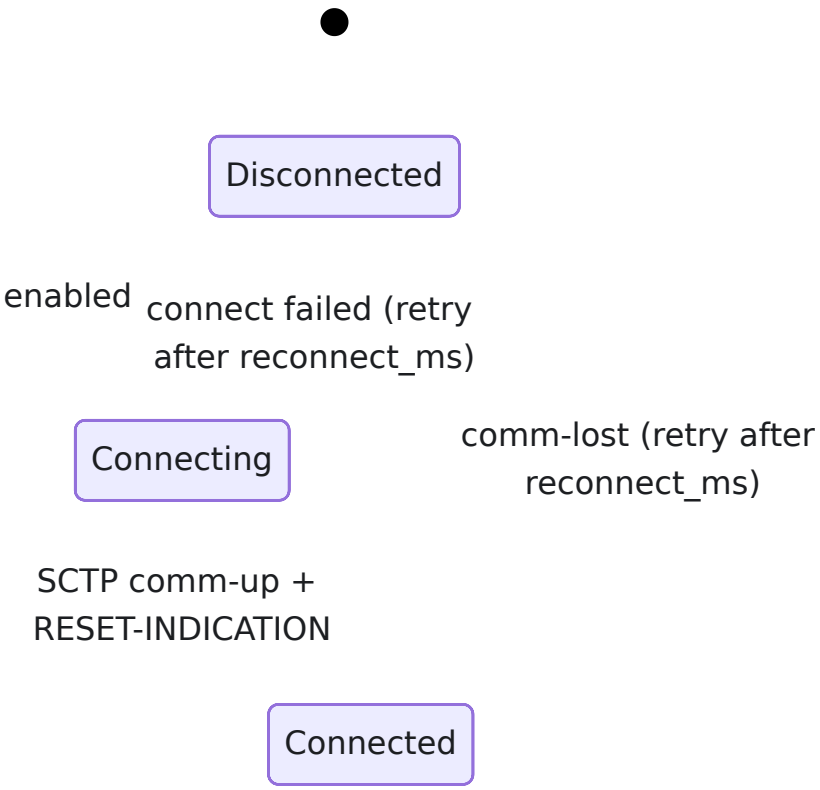


Elemento	Papel
MME	Cliente SCTP; envia atualizações de localização, respostas de paging, SMS e indicações CSFB para o MSC; retransmite SMS para o UE
MSC / VLR	Servidor SCTP; mantém o registro CS do UE; faz paging para chamadas MT; envia SMS MT
eNodeB	Transporta NAS entre UE e MME; realiza o redirecionamento de rádio para 2G/3G em um pedido de CS Fallback

Gerenciamento de Associação

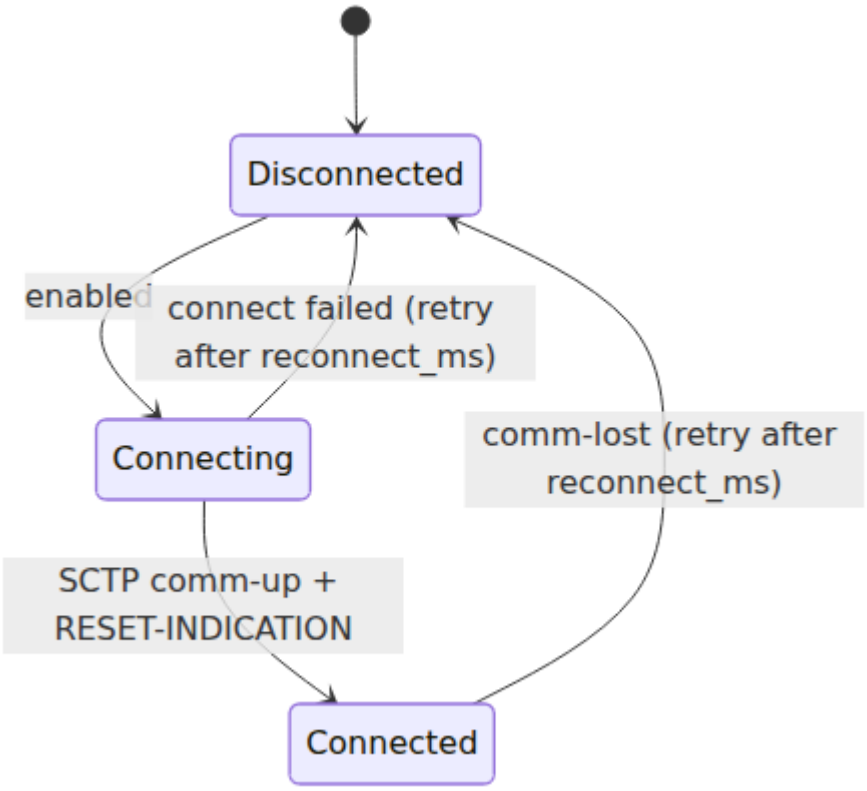
Na inicialização (quando habilitado), o MME se conecta ao MSC configurado e, uma vez que a associação SCTP é estabelecida, envia um **RESET-INDICATION** SGsAP para que o MSC limpe qualquer estado obsoleto de uma encarnação

anterior do MME (TS 29.118 §8.20). Se a associação cair, o MME tenta novamente no intervalo `reconnect_ms`.



Attach e TAU Combinados

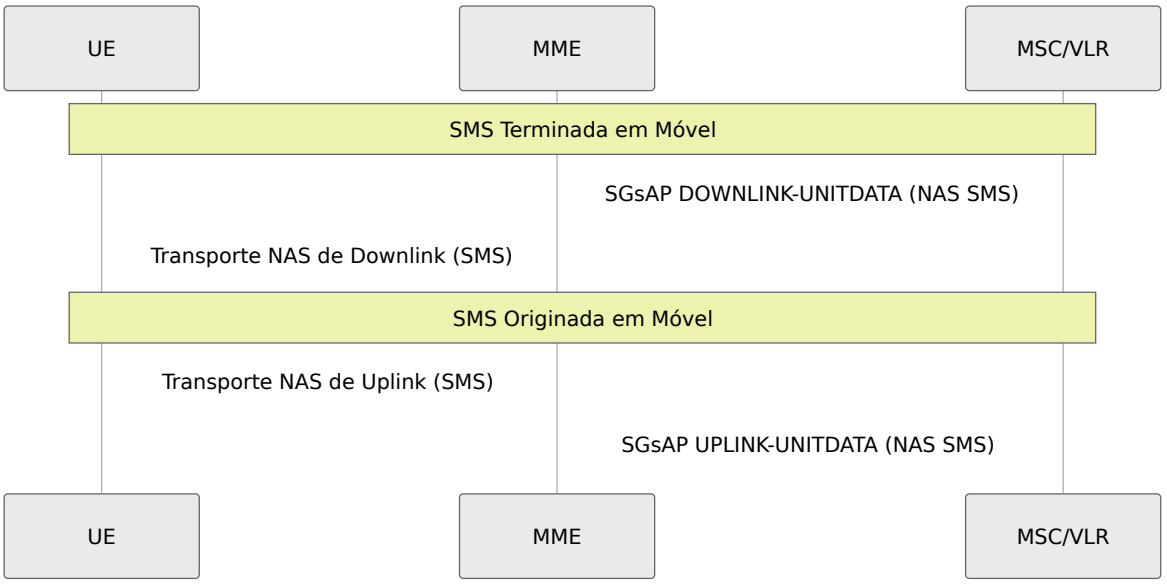
Quando um UE realiza um **attach combinado EPS/IMSI** (ou TAU combinado), ele está solicitando tanto registro de pacote (EPS) quanto registro comutado por circuito. Com SGs habilitado, o MME registra o assinante com o MSC via um **LOCATION-UPDATE-REQUEST** e só concede o resultado combinado uma vez que o MSC aceita:



Se o MSC **rejeitar** a atualização de localização, ou não responder dentro de `lu_timeout_ms`, o MME recua para um **Attach Accept apenas EPS** — o attach de pacotes nunca é atrasado ou bloqueado por um MSC lento ou indisponível. O resultado combinado é honesto: o UE é informado que CS está disponível apenas quando realmente está.

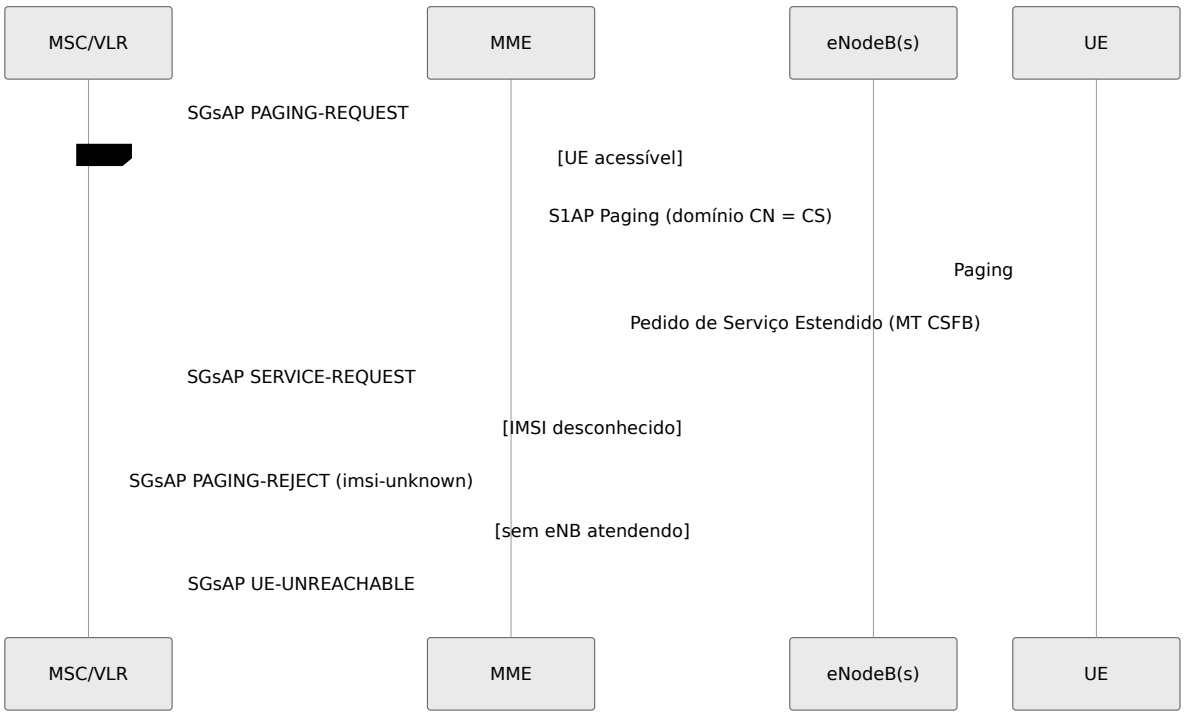
SMS sobre SGs

Mensagens curtas são transportadas de forma transparente entre o UE e o MSC dentro de mensagens unitdata SGsAP; o MME retransmite a carga útil NAS em cada direção.



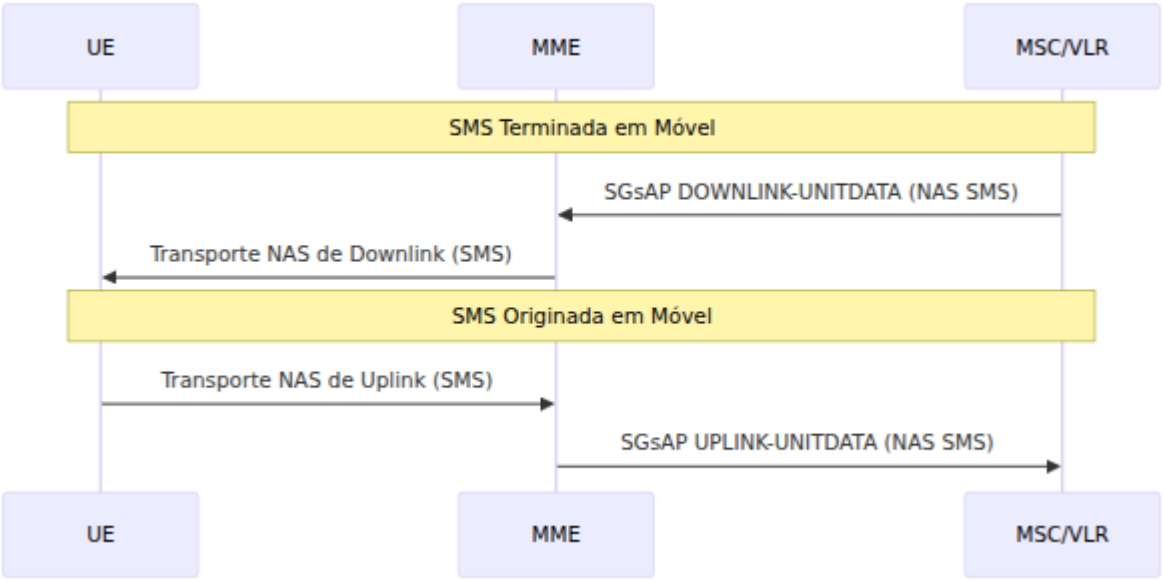
Chamada CS Terminada em Móvel (Paging)

Quando o MSC precisa entregar uma chamada CS (ou SMS) para um UE ocioso, ele faz paging via SGs. O MME faz paging para o UE no **domínio CS** através dos eNodeBs que atendem a lista de Áreas de Rastreamento registradas do UE. Se o UE não puder ser alcançado, o MME informa o MSC.



Redirecionamento de Voz CS Fallback

A voz CS Fallback é controlada pelo interruptor **separado** `csfb_enabled` (desativado por padrão). Quando habilitado, um **Pedido de Serviço Estendido** de um UE registrado faz com que o MME notifique o MSC via SGs e instrua o eNodeB — através de uma **Modificação de Contexto de UE** S1AP que carrega o **Indicador de Fallback CS** — a redirecionar o UE para 2G/3G para a chamada.



Quando `csfb_enabled` está desligado, ou o UE não está associado ao SGs, o MME responde ao Pedido de Serviço Estendido com uma **Rejeição de Serviço** — o mesmo comportamento de um MME apenas para pacotes.

Configuração

A interface SGs é configurada sob a chave `:sgs` em `runtime.exs`. Todo o bloco é opcional; omita-o para desativar a interface.

```
config :mme, :sgs,
  # Interruptor mestre para a interface SGs
  enabled: true,

  # Voz CS Fallback — interruptor separado, desligado por padrão
  csfb_enabled: false,

  # Conexão MSC / VLR (o MME se conecta a isso)
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  vlr_port: 29118,

  # Identidade do MME anunciada ao MSC
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

  # Temporizadores
  reconnect_ms: 5_000,
  lu_timeout_ms: 4_000
```

Parâmetros

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
`enabled`	Booleano	Não	`false`	Interruptor mestre para a interface SGs. Quando `false` (ou o bloco `:sgs` está ausente), o MME nunca se conecta a um MSC e se comporta como um MME apenas para pacotes.
`csfb_enabled`	Booleano	Não	`false`	Habilita o redirecionamento de voz CS Fallback **em** um Pedido de Serviço Estendido. Independente de SMS sobre SGs: deixe `false` para executar SMS sobre SGs sem fallback de voz CS. Não tem efeito a menos que `enabled` seja `true`.
`vlr_ip`	String	Sim (quando habilitado)	-	Endereço IPv4 do MSC/VLR ao qual

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
				o MME se conecta.
`vlr_port`	Inteiro	Não	`29118`	Porta SCTP do MSC/VLR. A porta padrão SGsAP é 29118 conforme TS 29.118 §5.2.
`mme_name`	String	Não	derivado do FQDN do nó	O FQDN do nó MME anunciado no SGsAP **MME Name** IE (TS 29.118 §9.4.13). Deve ter ≤ 55 octetos. Quando omitido, é derivado do nome MME configurado / GUMMEI.
`local_ip`	String	Não	o IP de escuta S1AP	Endereço IPv4 local que o MME vincula para a associação SGs de saída. Por padrão, é o IP de escuta S1AP.
`reconnect_ms`	Inteiro	Não	`5000`	Intervalo, em milissegundos, entre tentativas de reconexão SCTP após uma associação

Parâmetro	Tipo	Obrigatório	Padrão	Descrição
				falhada ou perdida.
`lu_timeout_ms`	Inteiro	Não	`4000`	Tempo máximo, em milissegundos, que um attach combinado aguarda pela aceitação de LOCATION-UPDATE do MSC antes de recuar para um Attach Accept apenas EPS. Impede que um MSC lento ou ausente atrase o attach EPS.

Exemplos

Exemplo 1: SMS sobre SGs apenas (sem voz CS)

```
config :mme, :sgs,
  enabled: true,
  csfb_enabled: false,
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
```

Como funciona: O MME registra UEs com attach combinado com o MSC e retransmite SMS em ambas as direções, mas responde a qualquer pedido de fallback de voz CS com uma Rejeição de Serviço.

Caso de uso: Redes que desejam SMS para assinantes LTE via um MSC legado, mas fornecem voz através de VoLTE (ou não fornecem voz).

Exemplo 2: Fallback CS completo (voz + SMS)

```
config :mme, :sgs,
  enabled: true,
  csfb_enabled: true,
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  vlr_port: 29118,
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  reconnect_ms: 5_000,
  lu_timeout_ms: 4_000
```

Como funciona: Além de SMS, um Pedido de Serviço Estendido aciona um redirecionamento do UE para 2G/3G para a chamada comutada por circuito, com o MSC notificado via SGs.

Caso de uso: Redes LTE sem VoLTE que dependem de 2G/3G para voz.

Métricas

Todas as métricas SGs são exportadas no endpoint padrão de coleta do Prometheus.

Métrica: `mme_sgs_message_count`
Tipo: Contador
Descrição: Mensagens SGsAP trocadas com o MSC/VLR.
Rótulos:

- `direction` — `inbound` (do MSC) ou `outbound` (para o MSC)
- `message_type` — a mensagem SGsAP, e.g. `location_update_accept`, `paging_request`, `downlink_unitdata`

Métrica: `mme_sgs_procedure_count`
Tipo: Contador
Descrição: Resultados dos procedimentos SGs do lado do MME.
Rótulos:

- `procedure` — e.g. `location_update_accept`, `paging_request`, `downlink_unitdata`, `reset_indication`
- `result` — e.g. `associated`, `rejected`, `paged`, `ue_unreachable`, `relayed`, `acked`

Métrica: `mme_sgs_association_event_count`
Tipo: Contador
Descrição: Eventos do ciclo de vida da associação SCTP SGs.
Rótulos:

- `event` — `connect_attempt`, `comm_up`, `comm_lost`, `connect_failed`

Métrica: `mme_sgs_association_up`
Tipo: Gauge
Descrição: Se a associação SGs ao MSC/VLR está atualmente ativa (`1`) ou inativa (`0`).

Consultas de exemplo

```
# A associação SGs está ativa?
mme_sgs_association_up

# Taxa de mensagens SGsAP de entrada vs saída por tipo
sum by (direction, message_type) (rate(mme_sgs_message_count[5m]))

# Taxa de sucesso vs rejeição de registro de attach combinado
sum by (result)
(rate(mme_sgs_procedure_count{procedure="location_update_accept"}
[5m]))

# Páginas CS que não encontraram UE acessível
rate(mme_sgs_procedure_count{result="ue_unreachable"}[15m])

# Flaps de associação na última hora
increase(mme_sgs_association_event_count{event="comm_lost"}[1h])
```

Solução de Problemas

A associação SGs nunca é estabelecida

Sintomas: `mme_sgs_association_up` permanece `0`; eventos repetidos `connect_failed`.

Possíveis causas:

- `vlr_ip` / `vlr_port` incorretos ou o MSC não está ouvindo na porta SGsAP
- Um firewall está bloqueando SCTP entre o MME e o MSC
- O endereço de vinculação local não é acessível a partir do MSC

Resolução:

1. Confirme se o MSC está ouvindo por SGsAP (porta padrão 29118) e é acessível a partir do MME.
2. Verifique se as regras do firewall permitem SCTP entre o MME e o MSC.
3. Verifique `vlr_ip`, `vlr_port` e o endereço de vinculação local.

O attach combinado é concedido como apenas EPS

Sintomas: UEs solicitando attach combinado são aceitos, mas informados que CS não está disponível.

Possíveis causas:

- A associação SGs está inativa, portanto o MME não pode registrar o UE com o MSC
- O MSC está rejeitando o LOCATION-UPDATE-REQUEST (por exemplo, assinante não provisionado no VLR)
- O MSC responde mais lentamente que `lu_timeout_ms`

Resolução:

1. Confirme se `mme_sgs_association_up` é `1`.

2. Inspecione `mme_sgs_procedure_count{procedure="location_update_accept"}` para resultados `rejected` e verifique o provisionamento CS do assinante no MSC.
3. Se o MSC estiver saudável, mas lento, aumente `lu_timeout_ms`.

Chamadas de voz são rejeitadas com "Serviço CS temporariamente não disponível"

Sintomas: Pedidos de Serviço Estendido para voz são respondidos com uma Rejeição de Serviço.

Possíveis causas:

- `csfb_enabled` está `false` (o padrão)
- O UE não está associado ao SGs (seu attach combinado foi concedido apenas EPS)

Resolução:

1. Defina `csfb_enabled: true` para habilitar a voz CS Fallback.
2. Confirme se o UE completou um attach combinado (veja a seção anterior).