

Com base nas perguntas que você forneceu do seu teste (e desconsiderando as questões sobre Bluetooth), posso fornecer um resumo e as respostas diretas usando o material das aulas, cobrindo os seguintes tópicos:

- **Quais entidades do Data e Control Plane (5G/4G)**
- **O que é o HSS (4G/IMS)**
- **Para que serve o compilador P4 (SDN)**
- **Que tecnologia de IoT massive (mMTC)**
- **Objetivo principal do P4 (SDN)**

Aqui está o resumo com as respostas, organizado por tema:

1. 5G/4G: Entidades do Data e Control Plane 11111111

A arquitetura 5G (e o LTE, que o antecedeu com o SAE/EPC) baseia-se na separação das funções de controle e de usuário/dados.

Control Plane (Plano de Controle)

O Plano de Controle é responsável por toda a sinalização, autenticação, mobilidade e gerenciamento de sessão. As entidades (Network Functions - NFs) são **lógicas, virtualizadas e baseadas em serviços (SBA)**.

Entidade (5G)	Entidade (4G/EPC)	Função Principal (5G)
AMF (Access and Mobility Management Function) 2	MME 3	Gerencia o acesso e a mobilidade (registro, conexão, etc.) e o contexto de segurança.
SMF (Session Management Function) 4	MME (parcial) / SGW-C / PGW-C	Gerencia as sessões PDU (criação, modificação, liberação) e aloca endereços IP.
PCF (Policy Control Function) 5	PCRF 6	Suporta o <i>framework</i> de política unificada e fornece regras de política ao SMF.
UDM (Unified Data Management) 7	HSS 8	Banco de dados mestre de assinantes para autenticação (ARPF) e perfis de usuário.

Data Plane (Plano de Dados / Usuário)

O Plano de Dados é responsável pelo encaminhamento de pacotes, garantindo que o tráfego do usuário chegue ao seu destino (DN).

Entidade (5G)	Entidade (4G/EPC)	Função Principal (5G)
UPF (User Plane Function) 9	SGW-U / PGW-U 10	Roteamento e encaminhamento de pacotes, âncora para mobilidade e ponto de interconexão para a Rede de Dados (DN).
(R)AN (Radio Access Network) 11	E-UTRAN (gNB/eNB) 12	Gerencia os recursos de rádio, conecta o UE ao Core e encaminha o tráfego do usuário ao UPF via túnel GTP-U .

2. O que é o HSS (Home Subscriber Server) 13

O HSS é o banco de dados mestre na arquitetura **IMS (IP Multimedia Subsystem)** e nas redes **4G (LTE/EPC)**.

- **Função principal:** Armazenar todos os perfis de usuário e informações de assinatura (incluindo credenciais de autenticação) para autenticar e autorizar assinantes¹⁴.
- **Contexto:** No 4G/IMS, o HSS atua como o repositório centralizado de dados.
- **Evolução no 5G:** No 5G, a funcionalidade do HSS foi modernizada e dividida, sendo o **UDM (Unified Data Management)** a NF centralizada para o gerenciamento de dados de usuário e autenticação¹⁵.

3. P4 e Compilador P4 (Software Defined Networking)

Objetivo Principal do P4 (Programming Protocol-Independent Packet Processors)

O P4 é uma linguagem de alto nível criada para **programar processadores de pacotes independentes de protocolo**¹⁶¹⁷¹⁸.

- **Meta de Design:** Permitir que os programadores:
 1. **Reconfigurem o Data Plane:** Alterar o modo como os *switches* processam pacotes depois de implantados¹⁷.
 2. **Sejam Independentes de Protocolo:** Os *switches* não devem estar vinculados a protocolos de rede específicos (ex: IPv4/IPv6)¹⁸.

3. **Sejam Independentes de Hardware (Target-Independent):** Descrever a funcionalidade de processamento de pacotes independentemente das especificidades do *hardware* subjacente¹⁹.

Para que serve o Compilador P4

O compilador P4 atua como uma ponte entre a lógica de rede definida e o *hardware* real^{20,21}.

- **Função:** Pega o **Programa P4** (código de alto nível que define o comportamento de encaminhamento, como quais campos de cabeçalho corresponder e quais ações executar) e gera o **código de baixo nível** específico para ser executado no *hardware* alvo (target-specific binary)^{21,22,23}.
- **Resultados:** Cria o contrato de tempo de execução (*Runtime Control Contract*) que o Plano de Controle usará (via P4Runtime) para interagir com o switch²².

4. Tecnologia de IoT Massive (mMTC)

A tecnologia que visa suportar o **IoT massive** é o **mMTC (Massive Machine Type Communications)**²³.

- **Objetivo (5G):** Tornar a rede **massiva** (Make it massive!)²⁴.
- **Requisito Crítico: Densidade de Conexão** de 1.000.000 de dispositivos por km²²⁵.
- **Tecnologias Habilitadoras (LPWAN):** No contexto de redes celulares, as soluções 3GPP para o mMTC são:
 - **NB-IoT (Narrowband IoT):** Focada em dispositivos com tráfego muito baixo e que geralmente são estacionários, oferecendo excelente cobertura estendida e baixo consumo de energia^{26,27}.
 - **LoRaWAN / Sigfox:** Embora não sejam tecnologias 3GPP e operem em espectro não licenciado, são as principais soluções LPWAN para grande densidade de dispositivos que enviam pequenas quantidades de dados por longas distâncias²⁷.