

Diagrama de Arquitetura – Fluxo End-to-End

```
flowchart LR
    %% =====
    %% PRODUCERS
    %% =====
    subgraph PROD["Fontes / Producers (.NET em EC2)"]
        P1["Producer .NET<br/>- Extrai código<br/>- Define key = código<br/>- JSON ~200 bytes"]
    end

    %% =====
    %% KAFKA / MSK
    %% =====
    subgraph MSK["Amazon MSK (Kafka)"]
        subgraph T1["Tópico mt-c400"]
            P400_0["Partição 0<br/>(código 300)"]
            P400_1["Partição 1<br/>(código 301)"]
            P400_2["Partição 2<br/>(código 302)"]
            P400_3["Partição 3<br/>(código 303)"]
            P400_N["Partições extras<br/>(códigos mais quentes)"]
        end

        subgraph T2["Tópico mt-c300"]
            P300_0["Partição 0"]
            P300_1["Partição 1"]
        end
    end

    %% =====
    %% CONSUMERS
    %% =====
    subgraph CONS["Consumers (.NET em EC2)<br/>Consumer Group"]
        C1["Consumer EC2 #1<br/>Consome 1+ partições"]
        C2["Consumer EC2 #2<br/>Consome 1+ partições"]
        C3["Consumer EC2 #N<br/>Escala horizontal"]
    end

    %% =====
    %% LAMBDA
    %% =====
    subgraph AWS["AWS Lambda"]
        L1["Lambda Dispatcher<br/>- Recebe lote<br/>- Roteia para serviços"]
    end

    %% =====
    %% FLUXOS
    %% =====
    P1 --> |Produce com key=código| MSK
```

```
P400_0 --> C1
P400_1 --> C2
P400_2 --> C3
P400_3 --> C1
P400_N --> C2

P300_0 --> C3
P300_1 --> C1

C1 --> |Batch JSON| L1
C2 --> |Batch JSON| L1
C3 --> |Batch JSON| L1
```

1 Producer (.NET em EC2)

- O Producer **não cria partições dinamicamente**.
- Ele apenas:
 - Lê a mensagem
 - Extrai o **codigo**
 - Define **key = codigo**
- O Kafka garante que **a mesma key sempre vai para a mesma partição**.

👉 Decisão importante:

A lógica de distribuição está no **Producer**, não no MSK.

2 Tópicos Kafka (Domínio de Negócio)

- Cada tópico representa um **domínio funcional** (**mt-c400**, **mt-c300**).
- Não há um tópico por código → evita explosão de tópicos.
- O tópico mais pesado (**mt-c400**) possui **mais partições**.

👉 Argumento forte:

"Tópicos representam domínios, partições representam escala."

3 Partições (Escala e Paralelismo)

- Cada partição é:
 - Unidade de paralelismo
 - Unidade de ordenação
- Códigos mais frequentes podem:

- Ter partições dedicadas
- Ou múltiplas partições no futuro (sub-key)

👉 Trade-off consciente:

Possibilidade de hot partition, mitigável com monitoramento.

4 Consumers em EC2 (.NET)

- Consumers fazem parte de **um único consumer group**.
- Kafka distribui automaticamente as partições.
- Escalar = subir mais EC2s.
- Cada consumer:
 - Consome mensagens
 - Agrupa em lote
 - Confirma offset após sucesso

👉 Benefício:

Escala horizontal sem mudança de código.

5 Lambda (Fan-out e Distribuição)

- Recebe mensagens **em lote**.
- Reduz custo de invocação.
- Faz roteamento para serviços downstream.
- Mantém consumer simples e rápido.

👉 Separação clara de responsabilidades:

- Kafka = throughput
 - EC2 = processamento contínuo
 - Lambda = distribuição e elasticidade
-

Mensagem-chave para convencer os pares

"Essa arquitetura desloca a complexidade para onde temos controle (Producer e Consumer) e mantém o MSK simples, estável e escalável. Ela evita explosão de tópicos, permite crescimento previsível e é compatível com volumes industriais de mensagens."

Ótimo ponto. Como você está desenhando **arquitetura de alto throughput com Kafka + MSK + .NET + Lambda**, existem **conceitos fundamentais (teóricos e práticos)** que valem muito a pena você dominar e até **defender tecnicamente** em reuniões, ADRs ou banca acadêmica. Vou organizar em **camadas conceituais**, sempre conectando com o seu cenário real (13k msg/s, Pareto 80/20, múltiplos tópicos e partições).

1. Conceitos fundamentais de Kafka que você DEVE abordar

1.1 Tópico ≠ Fila (log distribuído)

Conceito

- Kafka não é uma fila tradicional, é um **log distribuído e particionado**.
- Mensagens **não são removidas ao serem consumidas**.
- Cada consumidor mantém seu **offset**.

Por que isso importa no seu caso

- Você pode ter **vários consumidores lendo o mesmo tópico** (ex: analytics, auditoria, distribuição).
- O Lambda não "consome" a mensagem, ele **processa uma posição do log**.
- Reprocessamento é possível (reset de offset).

Frase-chave para defender

"Kafka desacopla produtores e consumidores usando um log imutável, o que nos dá replay, escalabilidade e tolerância a falhas."

1.2 Partições = unidade real de paralelismo

Conceito

- A **partição é a menor unidade de paralelismo** no Kafka.
- Uma partição → **1 consumidor por consumer group**.
- Não existe paralelismo dentro de uma partição.

No seu cenário

- Se você quer processar **13.000 msg/s**, precisa dividir isso em **fatias paralelas**.
- Exemplo:
 - 13.000 / 13 partições ≈ 1.000 msg/s por partição
 - 13 consumidores em paralelo

Decisão arquitetural

- **mt-c400** → muitas partições
- **mt-c300** → poucas partições

Frase forte

"Escalar Kafka é escalar partições, não CPU."

1.3 Consumer Group como mecanismo de balanceamento automático

Conceito

- Um **consumer group** garante:
 - Balanceamento automático de partições
 - Failover transparente
 - Escalabilidade horizontal

No seu caso

- Você sobe mais instâncias do serviço C#
- Kafka redistribui partições
- Nenhuma configuração manual

Relação direta com Lambda

- Event Source Mapping do Lambda cria **um consumer group gerenciado pela AWS**

Frase

"Consumer groups nos dão elasticidade sem coordenação manual."

2. Conceitos de particionamento (onde está o ouro)

2.1 Hash vs Key-based partitioning

Hash / Round-robin

- Máximo throughput
- Carga bem distribuída
- Ordem global NÃO garantida

Key-based (ex: código 300, 301...)

- Ordem garantida por chave
- Possível hotspot

No seu cenário

- 80% das mensagens vêm de poucos códigos
- Se particionar só pelo código → risco de gargalo

Decisão madura

- Usar **composite key**:

```
key = codigo + hash(deviceId)
```

Frase técnica

2.2 Hot partitions e Lei de Pareto (80/20)

Conceito

- 20% das chaves geram 80% do tráfego
- Kafka não resolve hotspot sozinho

Soluções arquiteturais

1. Mais partições no tópico quente
2. Tópico dedicado para heavy hitters
3. Sub-particionamento lógico
4. Sharding por tempo ou região

Exemplo

- `mt-c400-heavy`
- `mt-c400-light`

Frase

"Identificamos hot keys e tratamos como first-class citizens da arquitetura."

3. Conceitos de throughput e performance

3.1 Batching (o conceito mais subestimado)

Conceito

- Kafka é otimizado para **lotes**, não mensagens individuais
- Produzir e consumir em batch aumenta throughput em ordens de magnitude

No consumidor C#

- `max.poll.records`
- Processar arrays
- Enviar batches ao Lambda

Frase

"Nós otimizamos chamadas, não mensagens."

3.2 Backpressure (fundamental para estabilidade)

Conceito

- O sistema **precisa saber desacelerar**

- Sem isso → colapso em cascata

No seu pipeline

Kafka → C# → Lambda → Serviços

Estratégias

- Pausar consumo (**Pause/Resume**)
- Controlar batch size
- Limitar concorrência do Lambda
- DLQ para falhas

Frase

“Preferimos atrasar processamento a perder dados.”

4. Conceitos de semântica de entrega

4.1 At-least-once vs At-most-once vs Exactly-once

Kafka por padrão

- At-least-once

O que isso significa

- Mensagens podem ser reprocessadas
- Seu downstream precisa ser **idempotente**

No Lambda

- Use:
 - Deduplicação
 - Chave de idempotência
 - DynamoDB conditional writes

Frase

“Garantimos consistência por design, não por sorte.”

5. Kafka + Lambda: choque de modelos

5.1 Pull (Kafka) vs Push (Lambda)

Kafka

- Pull-based

- Controle de ritmo no consumidor

Lambda

- Push-based
- Escala agressivamente

Conflito

- Lambda pode escalar mais rápido que downstream

Solução

- Batch controlado
- Concurrency limit
- Step Functions ou SQS buffer se necessário

Frase

"Integramos dois modelos opostos controlando o ponto de acoplamento."

6. Conceitos de observabilidade (nível sênior)

6.1 Lag como SLO

Conceito

- Lag = backlog real
- Métrica mais importante do Kafka

Você deve monitorar

- Lag por partição
- Throughput por consumer
- Tempo Kafka → Lambda

Frase

"Lag é nosso termômetro operacional."

6.2 Tracing distribuído

Conceito

- Uma mensagem cruza:
 - Kafka
 - C#
 - Lambda
 - Serviços

Solução

- Correlation ID
- OpenTelemetry
- Logs estruturados

Frase

"Observabilidade não é opcional em sistemas distribuídos."

7. Conceitos de arquitetura (para fechar com chave de ouro)

7.1 Desacoplamento por eventos

Você está construindo

- Uma **arquitetura orientada a eventos**
- Não RPC, não request/response

Benefícios

- Escalabilidade
 - Evolução independente
 - Resiliência
-

7.2 Design para falha

Assumir

- Broker cai
- Consumer cai
- Lambda falha

Kafka permite

- Replay
- Retenção
- Reprocessamento controlado

Frase final forte

"Não evitamos falhas, projetamos para sobreviver a elas."

Se quiser ir além (nível doutorado / staff engineer)

Posso te ajudar a:

- Criar **ADR formal** dessas decisões
- Calcular **número ótimo de partições**

- Simular throughput em Python
- Criar um **diagrama C4**
- Escrever isso como **capítulo de tese ou whitepaper**

Perfeito. Abaixo está um **diagrama em Mermaid** focado **exatamente nos pontos de tensão da discussão arquitetural**:

isolamento vs compartilhamento, blast radius, prioridade, chave de partição e evolução para arquitetura híbrida.

A ideia não é só mostrar o “fluxo feliz”, mas **visualizar os riscos e as decisões**.

1 Visão Geral – Arquitetura Atual (Domínio + Partições)

```

flowchart LR
    subgraph PROD["Producers (.NET em EC2)"]
        P["Producer<br/>- Extrai código<br/>- Define key (ex: código)<br/>- JSON 200 bytes"]
    end

    subgraph MSK["Amazon MSK"]
        subgraph C400["Tópico mt-c400 (mesmo domínio)"]
            C400_P0["Partição 0<br/>Código 300"]
            C400_P1["Partição 1<br/>Código 301"]
            C400_P2["Partição 2<br/>Código 302"]
            C400_PN["Partições extras<br/>Códigos quentes"]
        end
    end

    subgraph CONS["Consumer Group (.NET EC2)"]
        C1["Consumer #1"]
        C2["Consumer #2"]
        C3["Consumer #N"]
    end

    subgraph LAMBDA["AWS Lambda"]
        L["Lambda Dispatcher<br/>- Batch<br/>- Roteia por código"]
    end

    P -->|key = código| C400
    C400_P0 --> C1
    C400_P1 --> C2
    C400_P2 --> C3
    C400_PN --> C1

    C1 -->|batch| L
    C2 -->|batch| L
    C3 -->|batch| L
  
```

🧠 O que este diagrama explica

- **Partições são a unidade de escala**, não tópicos
- Ordem é garantida **por código**, não global
- Consumer é genérico → reduz filtering cost
- Lambda isola lógica e fan-out

2 Onde mora o risco – Blast Radius e Hot Partition

```
flowchart LR
    subgraph MSK["Tópico mt-c400"]
        P0["Partição X<br/>Código 300<br/>(ALTA PRIORIDADE)"]
        P1["Partição Y<br/>Código 301<br/>(Volume Alto)"]
    end

    subgraph CONS["Consumer EC2"]
        C["Consumer"]
    end

    P1 -->|Mensagem malformada| C
    C -.->|Erro não tratado| P1
    P1 -.->|Lag aumenta| P0

    style P1 fill:#ffdddd
    style P0 fill:#fff4cc
```

⚠ O que este diagrama evidencia

- Um erro em dados **não críticos** pode:
 - Aumentar lag
 - Afetar processamento crítico
- Esse risco **só existe** se:
 - Consumer tiver lógica pesada
 - Erro travar partição

👉 **Mitigação:**

- Consumer simples
- DLQ
- Try/catch por mensagem

3 Comparação visual – Muitos Tópicos vs Poucos Tópicos

```

flowchart TB
    subgraph A["Estratégia A<br/>Muitos Tópicos"]
        A300["topic-code-300"]
        A301["topic-code-301"]
        A302["topic-code-302"]
    end

    subgraph B["Estratégia B<br/>Domínio + Partições"]
        B400["mt-c400"]
        B400_P["Partições<br/>300 | 301 | 302"]
    end

    style A fill:#ffe6e6
    style B fill:#e6f2ff

```

Leitura arquitetural

- Estratégia A:
 - Alto isolamento
 - Alto custo operacional
 - Topic sprawl
- Estratégia B:
 - Bom isolamento lógico
 - Escala eficiente
 - Governança centralizada

Evolução Natural – Arquitetura Híbrida (Prioridade)

```

flowchart LR
    subgraph PROD["Producer (.NET)"]
        P["Producer<br/>Decide tópico<br/>com base na prioridade"]
    end

    subgraph MSK["Amazon MSK"]
        HP["high_priority_events<br/>(Código 300)"]
        STD["telemetry_standard<br/>(301, 302)"]
    end

    subgraph CONS["Consumers EC2"]
        C_HP["Consumers Alta Prioridade"]
        C_STD["Consumers Standard"]
    end

    subgraph LAMBDA["Lambda"]
        L["Dispatcher"]
    end

```

```

end

P -->|300| HP
P -->|301/302| STD

HP --> C_HP
STD --> C_STD

C_HP --> L
C_STD --> L

```

Mensagem-chave

- Evolução **não quebra o desenho atual**
- Producer já controla:
 - Key
 - Tópico
- Isolamento cresce conforme criticidade

5 Decisão sobre chave – **truck_id** vs **codigo**

```

flowchart LR
    subgraph KEY1["key = truck_id"]
        K1["300 + 301<br/>mesma partição"]
    end

    subgraph KEY2["key = código"]
        K2["300 → partição A"]
        K3["301 → partição B"]
    end

    style KEY1 fill:#ffe6e6
    style KEY2 fill:#e6ffe6

```

Interpretação

- **truck_id**:
 - Ordem forte
 - Alto acoplamento
- **codigo**:
 - Melhor isolamento
 - Ordem suficiente

- Menor blast radius

6 Diagrama mental para defender a arquitetura

flowchart TB

```
A["Domínio bem definido"] --> B["Poucos tópicos"]
B --> C["Partições para escala"]
C --> D["Producer controla key"]
D --> E["Consumer simples"]
E --> F["Lambda isola fan-out"]
F --> G["Evolução para isolamento por prioridade"]
```

Como usar esse material na discussão

Você pode literalmente apontar para os diagramas e dizer:

- “Aqui está onde assumimos risco conscientemente”
- “Aqui está como mitigamos”
- “Aqui está como evoluímos sem reescrever tudo”

Se quiser, no próximo passo posso:

- Converter isso em **slides**
- Gerar uma **documentação Markdown**
- Criar um **ADR formal com esses diagramas**

Esse nível de discussão mostra **arquitetura madura, não dogmática**.