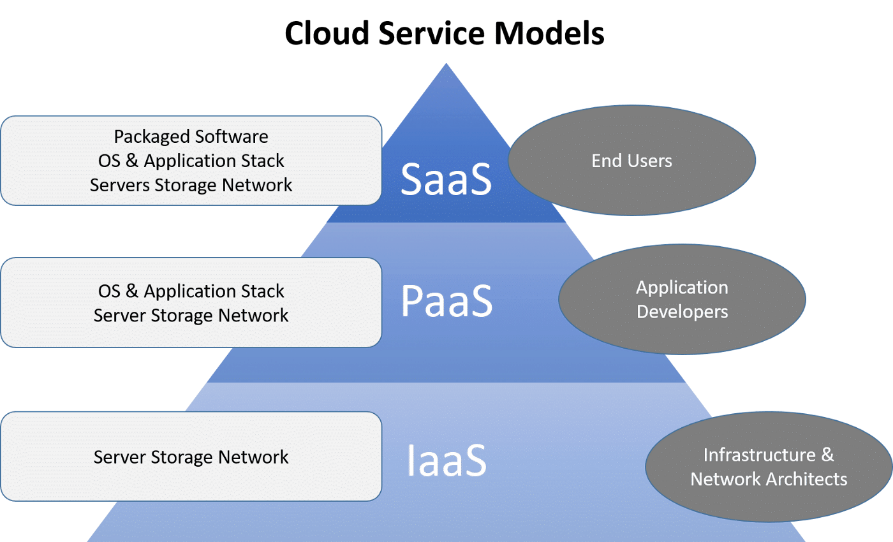
**Sistemas de Computação em Cloud**

A computação em nuvem refere-se tanto aos aplicativos entregues, como serviços pela Internet e o hardware e os sistemas software nos “data centers” que fornecem esses serviços. Um cloud provider prefere clientes de industrias diferentes e com diferentes requerimentos.

# Tipos de serviços



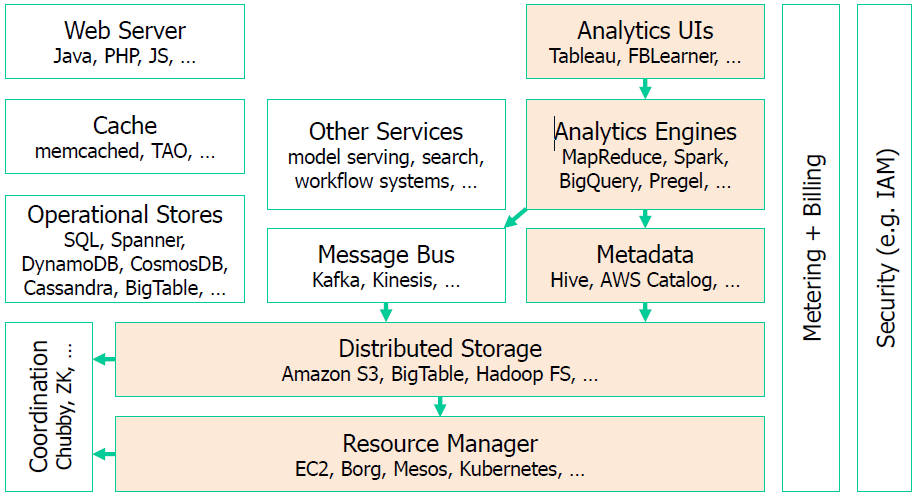
Oferece processamento, armazenamento, redes e outros recursos onde o utilizador os pode especificar e programar, podendo depois dar deploy e correr o seu aplicativo nas condições que criou.

Oferece ao utilizador a capacidade de dar deploy e correr aplicativos mas não controla o SO, armazenamento, servidores e redes

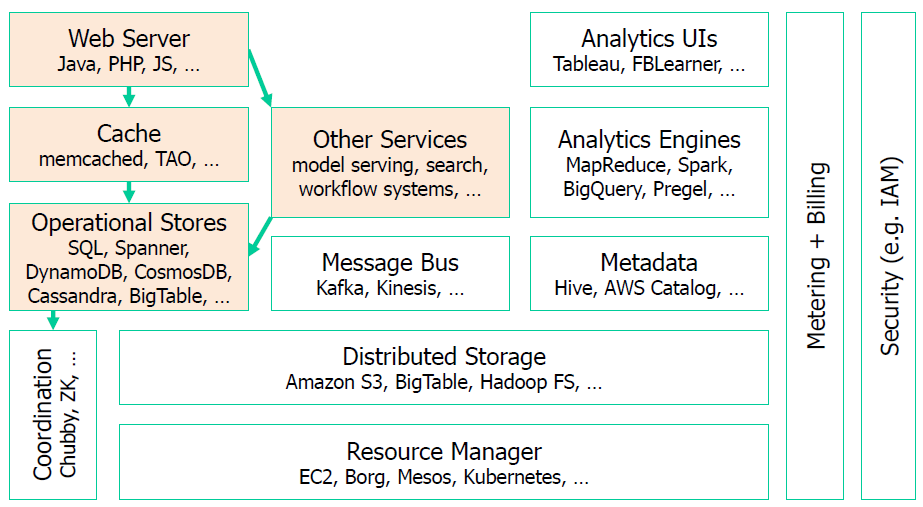
Cloud hosted, ready to use platform e só oferece ao utilizador a capacidade de dar deploy da sua aplicação

# Cloud Software Stack

## Analiytics Warehouse



## Web application



# Building blocks

## Compute

* Basicamente um computador: processadores, memória (RAM), canais para rede e nós de armazenamento.
* Em um DC, um nó de computação é um servidor, geralmente montado em um rack.

## Networking

Permite que as comunicações fluam entre as partes

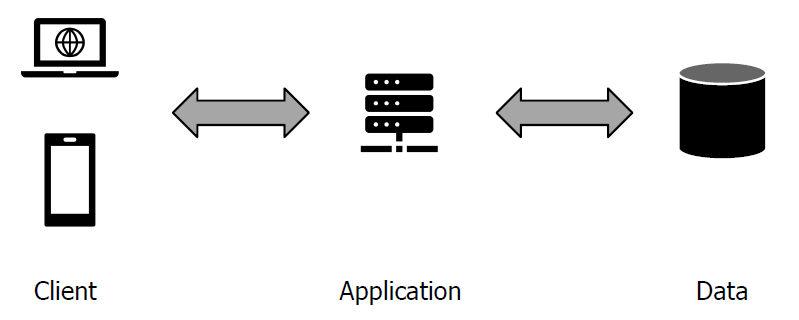
* Os nós de rede geralmente são switches e roteadores.
* SDN, NICs inteligentes, acesso remoto direto à memória.

## Storage

Armazena “dados” persistentemente em dispositivos de disco.

* SSD, NVM Flash e memória não volátil

### Web applications



Razões para ter **multiplas instâncias** do servidor de aplicativos:

1. Um único servidor pode ser **insuficiente para lidar com todos os pedidos**;
2. Um único servidor é um **único ponto de falha** tornando o serviço indisponível;
3. Um único servidor pode estar muito longe de alguns clientes: **latência muito alta**.

Em sistemas que não se sabe qual a escalabilidade, escaling out(mais máquinas) é preferivél do que scaling up( aumentar a performance de máq. existentes)

## Deploying novas versões

Cria e implanta automaticamente novas versões de um repositório de origem, sem tempo de inatividade

**Staging**

1. Mantenha a versão antiga em execução;
2. Implantar a nova versão em um slot de teste (usando a terminologia do Azure) – as instâncias são criadas, mas as solicitações dos clientes continuam sendo processadas pela versão antiga;
3. Hotswap da versão antiga para a nova, iniciando o encaminhamento de solicitações do cliente para a nova versão.

**A/B deployment**

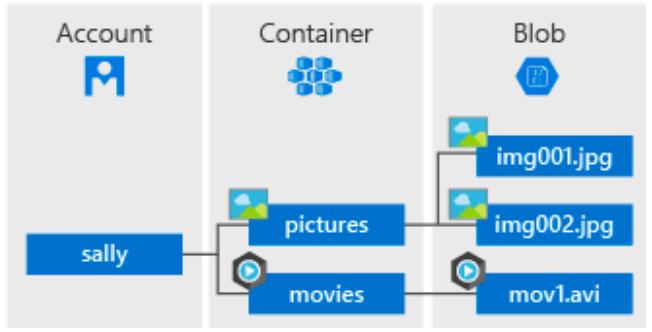
1. Ter duas versões rodando ao mesmo tempo;
2. Encaminhe uma pequena porcentagem de solicitações para a nova versão.

### Blob storage services

Os armazenamentos de blob são projetados para armazenar grandes quantidades de **dados não estruturados**.

* Servindo imagens ou documentos diretamente para um navegador.
* Armazenamento de arquivos para acesso distribuído.
* Streaming de vídeo e áudio.
* Gravação em arquivos de log.
* Armazenamento de dados para backup e restauração, recuperação de desastres e arquivamento.

## O Blob storage oferece 3 tipos de recursos



## Tipos de Blobs (Azure)

* **Block blobs** armazenam texto e dados binários, até cerca de 190 TB.
* **Append blobs** são compostos de blocos otimizados para operações de acréscimo (logging scenarios).
* **Page blobs** armazenam arquivos de acesso aleatório de até 8 TB de tamanho, armazenando em arquivos de disco rígido virtual (VHD) e servem como discos para MV do Azure.

## Performance tiers (Azure)

**Premium**

* Otimizado para altas taxas de:
  + transação
  + latência de armazenamento consistente de um dígito (transformação de dados)

**Standard**

* Otimizado para alta:
  + capacidade
  + rendimento (processamento de dados em massa)

## Access tiers (Azure)

**Hot access tier**

* Para acesso frequente
* + custo de armazenamento

**Cool access tier**

* Para acesso pouco frequente
* Para grandes quantidades
* Armazenados por >= 30d
* + custo de acessamento

**Archive tier**

* Tolera várias horas de latência de recuperação
* Permanecerão por >= 180d

Para access tiers mais baixos temos HDD’s e máq. mais lentas, e também as máquinas podem nem sempre estar ligadas para poupar energia, o qual também pode ser poupado no arrefecimento das máquinas.

## Redundancy levels (Azure)

Redundância oferece: fault tolerance e rápido acesso à informação

**Locally-redundant storage (LRS)**

* Tolerar falhas de máquina numa região.
* Os dados são replicados 3 vezes de forma síncrona na região primária.

**Zone-redundant storage (ZRS)**

* Tolera falhas de data center numa região.
* Os dados são replicados de forma síncrona em 3 zonas na região primária.

**Geo-redundant storage (GRS)**

* Tolera falhas de regiões
* Os dados são replicados de 3 vezes de forma síncrona na região primária e, em seguida, replicados de forma assíncrona na região secundária.

**Geo-zone-redundant storage (GZRS)**

* Tolera falhas do data center e falhas da região
* Os dados são replicados de forma síncrona em 3 zonas na região primária e, em seguida, replicados de forma assíncrona na região secundária.

“Under the hood”

1. Três vezes a replicação dentro de um DC, os dados são replicados em diferentes racks
2. Replicação síncrona vs. Assíncrona:

* Replicação síncrona na zona primária para estabelecer o estado “oficial” do blob.
* Replicação assíncrona para zona secundária, permitindo retornar o resultado de uma operação de gravação ao cliente sem incorrer em latência entre regiões.

## Protection

**Soft Delete**

* Delete reversivél dum blob indiv. ou container
* Os dados excluidos ficam guardados por um periodo de tempo

**Versioning**

* Mantém várias versões de um blob.

## Security

Data stored is encrypted using AES.

* Shared account and access keys, and have active directory.

Communications always uses secure channels.

Role-based access control

## Concurrencia

Por padrão, o Azure usa uma política de **last-writer-wins**

**Alternativas:**

* Simultaneidade otimista - Um cliente especifica uma condição para que uma atualização seja aceite
* Simultaneidade pessimista - Um cliente pode bloquear um bloco para acesso exclusivo.

### Cloud databases

SQL databases fornecem uma forte consistência.

Databases replicados + consistência 🡪 ilusão de uma única BD (exige coordenação entre vários servidores)

SQL databases oferecem strong consistency

# Cloud databases – First Gen. (Amazon Dynamo)

* Replicação geográfica com alta disponibilidade e desempenho

## Data Model (Amazon Dynamo)

* (Key,Value) pairs
* Easy to scale
* Consistent hashing

## Eventual consistency model

* + disponibilidade / - latência

🡪 exige que as réplicas aceitem operações sem coordenação com outras réplicas

1. Quando ocorrem atualizações simultâneas, o sistema mantém as várias versões.
2. O aplicativo deve mesclar versões aplicando uma nova atualização.
3. Nem todos os aplicativos/dados funcionam corretamente sob consistência eventual

## Amazon DynamoDB

Estende o design inicial do Dynamo em várias direções.

* Suporta documentos (como documentos JSON).
* Geo-replicação: possível selecionar regiões para replicar dados.
* Maior consistência com operação de atualização condicional.
* Execute a atualização se alguma condição do estado se mantiver.

# Cloud databases – Current Gen. (Azure CosmosDB)

* Distribuido globalmente
* Taxa de transferência e armazenamento fáceis de dimensionar
* Acesso a dados de um dígito em milissegundos usando APIs que incluem SQL, MongoDB, Cassandra, Tables, etc.
* Fornece acordos de nível de serviço (SLAs) abrangentes para garantias de taxa de transferência, latência, disponibilidade e consistência

## Database API

1. **Relational data model -** DB compostas por tabelas e documentos.
2. **Document data model -** Um documento pode ser qualquer objeto JSON.
3. **Graph data model -** Representam dados que podem ser modelados como um gráfico (por exemplo, rede social relações)

Mecanismo da Database é baseado em sequência de registro de átomos (ARS):

* **Atoms** 🡪 conjunto de tipos primitivos
* **Records** 🡪 estruturas de pares (key, value)
* **Sequences** 🡪 são matrizes que consistem em Atoms, Records ou Sequences.

Tem suporte para distribuição global:

* Replicação **Multi-master** (réplicas aceitão op. de atualização, sem coordenar com outras)
* Taxa de transferência escalável

## Consistency Model



Nota: apps podem escolher o modelo de consistência adequado

#### Strong consistency

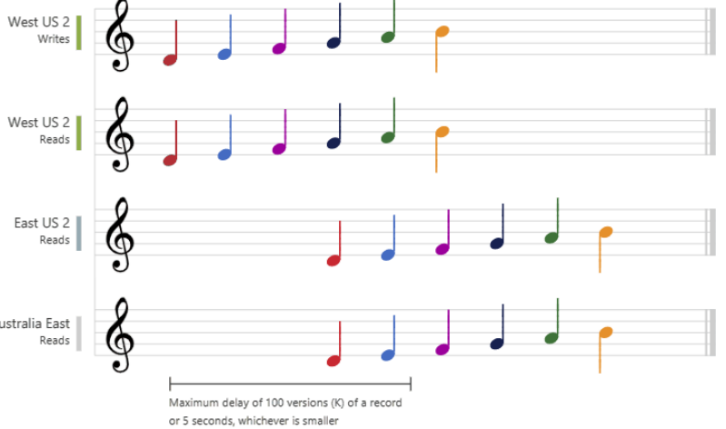
Dá a ilusão de que existe uma única BD

* Numa leitura 🡪 garante retornar a versão mais recente de um item.
* Um cliente nunca vê uma gravação parcial ou não confirmada.

**Implementação**

1. Algoritmo de repliacação com a répliac mãe

#### Bounded Staleness

Na BD todas as atualizações fora da **staleness window** são aplicadas na mesma ordem total em todas as réplicas.

Durante staleness window em:

* 1 região de gravação, para clientes:
  + na região 🡪 as atualizações são totalmente solicitadas imediatamente
  + noutras regiões 🡪 podem perder atualizações na staleness window(mas verão-as em ordem)
* > 1 regiões de gravação, para clientes:
  + Que gravam numa região 🡪 observarão essas atualizações de atualizações em ordem
  + Que gravam em diferentes regiões 🡪 as atualizações são aplicadas localmente, mas podem ser reordenadas posteriormente (consistência eventual)

Garante

* **Consistent-prefix** - atualizações ordenadas (exceto as na staleness window)
* **Monotonic read** - clientes observam uma versão posterior à lida antes
* A staleness windowpode ser defenida em tempo (T), ou, o nº de versões atrás da versão currente (K)

**Implementação**

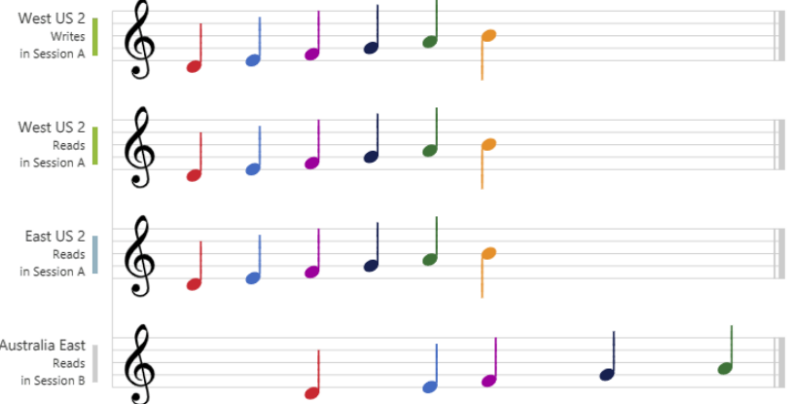
1. A região mestre ordena e propaga atualizações para outras regiões.
2. Uma região pode receber op. e propagalas para a região mestre
3. A leitura pode ser realizada na região local

#### Session

O cliente tem uma session, onde vê a BD evoluindo como se fosse uma única réplica. As atualizações de outros clientes/regiões são integradas na visualização da sessão.

Nota: diferentes clintes podem ver diferentes estados da BD.

Garante

* **Consistent-prefix** - as atualizações são ordenadas, exceto as na staleness window
* **Monotonic read** - clientes observam uma versão posterior à lida antes
* **Monotonic writes** - as gravações são propagadas após as gravações que as precedem logicamente.
* **Write-follows-reads** - uma gravação é propagada sempre após as atualizações de leitura.
* **Read your writes** - uma leitura sempre reflete as gravações executadas na sessão.
* Clientes fora da sessão escrevendo

**Implementação**

1. Cliente mantém vetor de versão (token, contexto) com resumo das operações observadas;
2. Leituras solicitam um estado que seja >= ao do vetor;
3. Updates numa regiões são ordenadas e respeitada ao aplicá-las a outras réplicas.

#### Consistent Prefix

O cliente vê um prefixo das atualizações de cada região, mas pode perder atualizações recentes de diferentes regiões.

Garante

* Os resultados retornados contêm algum prefixo de todas as atualizações, sem lacunas;
* As leituras nunca veem gravações fora de ordem de uma região (ou seja, observa sempre as atualizações executadas na região na mesma ordem).

**Implementação**

1. A região solicita atualizações e as propaga para as réplicas;
2. Lê vê as atualizações recebidas pelo mestre e em ordem.

#### Eventual

* O cliente pode ver um estado que reflete qualquer subconjunto das atualizações.
* Sob consistência eventual, não há garantia de ordenação para leituras. Na ausência de outras gravações, as réplicas eventualmente convergem.

# Conflit resolution

Conflitos de . . .

* **Inserção** - insere simultaneamente dois ou mais itens com igual índice exclusivo em duas ou mais regiões
* **Substituição** - atualiza o mesmo item simultaneamente em duas ou mais regiões
* **Exclusão** - exclui simultaneamente um item em uma região e o atualiza noutra

Default: Last-Write-Wins (LWW):

# Durability

* **Recovery time objective(RTO)** - tempo até que um aplicativo se recupere de um evento disruptivo.
* **Recovery point objective(RPO)** - período de tempo em que as atualizações podem ser perdidas numa falha.

# Sharding

Um contêiner particionado horizontalmente em várias máquinas de acordo com uma partition key.

**Replication in the machines**

* Dentro de cada região, cada partição é replicada em um conjunto de réplicas. Todas as gravações são replicadas e confirmadas de forma durável pela maioria das réplicas.
* Cada partição é replicada entre regiões. Cada região contém todas as partições de dados de um contêiner Cosmos.
* Para uma conta distribuída em N regiões, haverá pelo menos N x 4 cópias dos dados.

# Change feed

* O Cosmos DB permite ouvir alterações em um contêiner do Azure Cosmos.
* O feed de alterações gera uma lista de docs alterados, na ordem em que foram modificados.
* As alterações são persistentes, podem ser processadas de forma assíncrona e incremental e a saída pode ser distribuída por um ou mais consumidores para processamento paralelo.

O Azure dá suporte a running computations na réplica local em cada região.

Replicação primária/de backup

Fragmentação com transações entre estilhaços

### Application cache at the data-center

**Dados de cache na máquina do servidor de aplicativos. Problemas?**

* O tamanho do cache é limitado à memória de cada máquina.
* Distribuir a carga 🡪 dados serão armazenados em caches de várias máquinas.

## Compartilhar cache entre várias máquinas

**Vantagens:**

* Tamanho de cache muito maior do que o cache somente na memória local
* O acesso ao cache é mais barato que ao database

**Desvantagens:**

* Mais lento quando comparado ao acesso à memória local

# Usos de caches

**Content Caching**

* Armazene dados que mudam com pouca frequência
* - tempo de processamento
* - carga do servidor

**Cache-Aside**

* Cache faz parte da DB para acesso mais rápido
* Modifica a cache ao modificar os dados de back-end
* - carga do servidor

**User session caching**

* Armazena informações associadas a uma sessão de usuário na cache
* Interação mais rápida
* Solicitações do cliente podem ser processadas por qualquer servidor

# Memcached

Cache distribuído básico, onde os objetos são tratados como BLOBs.

## Propriedades

* Armazenamento de valor-chave distribuído (tabela de hash)
* Tamanho limitado – pares de chave e valor são descartados quando o cache está cheio
* Política de remoção de cache: LRU (usado menos recentemente).
* Mais detalhes: cache dividido em HOT, WARM e COLD (novos itens entram no HOT; remoção de cache move o objeto para o nível inferior)
* **Desenhado para:**
  + Servidores de alto rendimento – o acesso à memória é muito mais rápido que o disco.
  + Consultas de alta latência – evite repetir consultas caras.

## Arquitetura

**One-hop DHT**

Os clientes . . .

* conhecem todos os servidores
* conhecem a função hash para atribuir uma chave a um servidor
* enviam op. para o servidor que armazenará uma chave diretamente

Os servidores . . .

* mantêm um armazenamento de “valor-chave”

## Limitações do Memcached

**THUNDERING HERDS**

* Em cache miss 🡪 vários clientes podem acabar tentando definir o valor de uma entrada da cache.
* Para um valor atualizado com muita frequência, as gravações podem ser reordenadas e o valor antigo é gravado no cache.

Solução [do Facebook]: Os clientes obtêm concessões para escrever o valor de uma chave.

**SEM REPLICAÇÃO**

* Em faso de falha - os clientes simplesmente vão para o disco.
* Se preciso recuperação - a cache é preenchida como consequência da execução normal dos clientes
* Necessidade de criar redundância acima do Memcached.

## Recursos adicionais

* Suporte para contador

# Redis

Modelo de dados avançado, com suporte para tipos como List, Set, etc.

## Propriedades

* Armazenamento de valor-chave distribuído (tabela de hash)
* Valores são tipos: lista, set, sorted set, hashes, bit array e hyperloglogs

O Redis pode ser usado como DB, cache ou agente de mensagens.

* Defenições do Redis como cache:
  + quantidade limitada de memória;
  + algoritmo LRU para remoção de cache.
  + Possível definir um TTL para despejo;
  + Definir que somente chaves com um TTL podem ser despejadas
* O Redis oferece suporte a transações, incluindo uma sequência de operações.

## Arquitetura

* Cada servidor mantém pares chave-valor e executa operações nos valores.
* Possível criar um cluster de servidores Redis, com dados particionados.

Estratégias de particionamento disponíveis:

* + Particionamento de intervalo;
  + Hashing (alguns clientes implementam hash consistente).
* O Redis oferece suporte à replicação, mas a replicação normalmente não é usada para armazenamento em cache.
* Backup primário, com replicação assíncrona.
* Replicação multimestre com resolução automática de conflitos (com base em CRDTs).

## Persistencia

Várias alternativas:

1. **Sem persistência**
2. **RDB persistence**: executa point-in-time snapshots da database em certos intervalos
3. **Append-only fashion**: registra todas as op. de gravação recebidas pelo servidor que serão reproduzidas na inicialização do servidor

# Caching and consistency

Usar um cache distribuído apresenta problemas de consistência para dados na cache e na DB.

* Com CosmosDB e Redis, uma solução possível é usar o timestamp associado ao documento para garantir que a versão mais recente seja mantida no cache.
* Ao definir o valor na cache, o valor antigo pode ser retornado, permitindo que o cliente verifique se ele sobrescreveu um valor mais recente.

### CDN

Uma rede de entrega de conteúdo (CDN) é uma rede distribuída de edge servers que armazenam conteúdo em cache em locais point-of-presence (POP) próximos aos usuários finais, para minimizar a latência.

* Menor latência para clientes
* Grande escala para lidar melhor com altas cargas instantâneas
* Reduza o tráfego enviado ao servidor de origem

## Caching rules

Resultados da tradução:

* Todos os pedidos
* Solicitação de determinados caminhos, extensões
* Solicitações com determinada string de consulta
* Possíveis incluem definir se uma página deve ser armazenada em cache ou não e o TTL para armazenamento em cache.

## Advanced cache features

**Route Optimization**

Escolhe a rota desda origem até aos utilizadores finais, para que a entrega seja feita pela rota mais rápida e confiável possível

**TCP Optimizations**

Várias otimizações para TCP para acelerar a comunicação.

1. Eliminando o início lento do TCP.
2. Aproveitando conexões persistentes.
3. Ajustando os parâmetros do pacote TCP.

**Object prefetch**

Quando o cliente faz as requisições dos ativos vinculados, o servidor de edge CDN já possui os objetos solicitados e pode atendê-los imediatamente sem ida e volta até a origem

**Adaptive image compression**

Monitora a qualidade da rede e emprega métodos de compactação JPEG padrão quando as velocidades da rede são mais lentas para melhorar o tempo de entrega

**Zone-based restriction**

Permite restringir o acesso ao conteúdo por país/região

**DDoS protection**

Uma rede de entrega de conteúdo fornece proteção contra DDoS por design, sendo capaz de absorver ataques volumétricos.

### Serverless

# Function-as-a-Service

As **cloud functions** são pequenos pedaços de código, escritos em uma linguagem de alto nível. Uma **cloud function** é invocada quando ocorre algum evento (carregar img na cloud).

* A **serverless computing** é feita em servidores, mas as tarefas de provisionamento e administração de servidores são feitas pelo cloud provider.
* Um **serverless service** deve ser dimensionado automaticamente sem necessidade de provisionamento explícito e ser cobrado com base no uso.
* Outras **serverless frameworks** incluem ofertas de BaaS (Backend as a Service).

## Serverless (vs. Serverfull)

**Computação e armazenamento desacoplados.**

* O armazenamento e computação são dimensionados separadamente
* São provisionados e precificados de forma independente.
* O armazenamento é fornecido por um serviço na cloud separado e a computação não tem estado.

**Alocação automática de recursos.**

* Em vez de solicitar recursos, o usuário fornece um pedaço de código e a nuvem provisiona automaticamente recursos para executar esse código.

**Pagamento proporcional aos recursos utilizados em vez dos recursos alocados.**

* O faturamento é associado ao tempo de execução, e não por uma dimensão da plataforma na nuvem básica, como tamanho e número de VMs alocadas.

## FaaS

O FaaS deve ser provisionado rapidamente e oferecer segurança forte. VM e contêineres são a chave para tornar o FaaS possível.

Para agilizar a criação dos ambientes de execução para execução da função temos:

* **“warm pool”** de instâncias de VM que só precisam ser atribuídas a um locatário;
* **“ativo pool”** de instâncias que foram usadas para executar uma função antes e são mantidas para atender a chamadas futuras.

# Azure Functions

O **Azure Functions** é uma solução para executar facilmente pequenos pedaços de código, ou "funções", na nuvem.

* Pode se escrever apenas o código necessário para o problema em questão, sem se preocupar com o aplicativo completo ou com a infraestrutura para executá-lo

## Function triggers

**HTTPTrigger -** função executada em uma solicitação HTTP.

**TimerTrigger -** execute a limpeza ou outras tarefas em lote em uma programação predefinida.

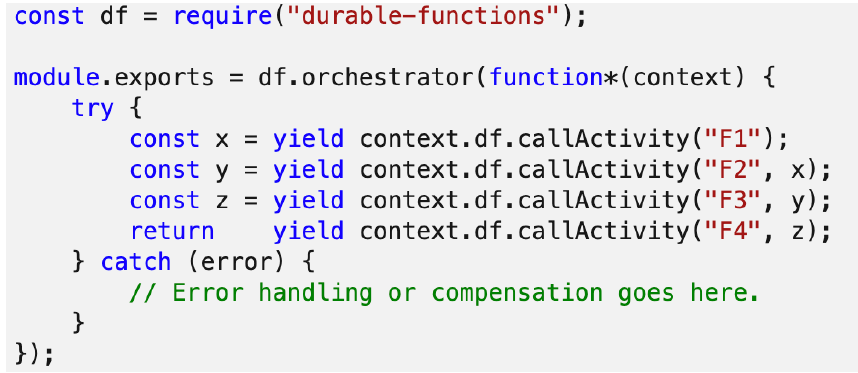
**CosmosDBTrigger -** Processe documentos do Azure Cosmos DB quando eles forem adicionados ou atualizados.

**BlobTrigger -** processa blobs de armazenamento do Azure quando eles são adicionados a contêineres.

**EventHubTrigger -** Responda a eventos entregues a um Azure

## Durable Functions

Durable Functions é uma extensão do Azure Functions para escrever funções com estado. Dando suporte a multiplas azure functions, com a possibilidade de alimentar o resultado de uma function a outra.



**Lambda@Edge** é um serviço que permite executar funções Lambda nos pontos de presença da Amazon (CDN). Como outros serviços FaaS, os clientes pagam apenas o tempo de computação que consomem.

. . . exemplos:

* Adicione cabeçalhos de segurança HTTP em todas as respostas de origem.
* Execute aplicativos da Web na edge, em vez de executá-los nos DC.
* Transforme imagens em tempo real para personalizar a experiência dos usuários com base nas características dos dispositivos dos usuários.

## FaaS challenges

* Os serviços de armazenamento BLOB são escaláveis e fornecem armazenamento de objetos barato de longo prazo, mas exibem altos custos de acesso e altas latências de acesso.
* As cloud DB são caras e podem levar muito tempo para dar scale up.

**Baixo desempenho para padrões de comunicação padrão** - Broadcast, agregação e embaralhamento são algumas das primitivas de comunicação mais comuns em sistemas distribuídos

**Desempenho previsível** - Os atrasos incorridos ao iniciar novas instâncias podem ser altos para alguns aplicativos e são imprevisíveis

### Serviços para micro-service based applications

Diferentes funcionalidades são separadas em pequenos serviços, e esses serviços são deployed de forma independente podendo ter multiplas instâncias deles em servidores separados

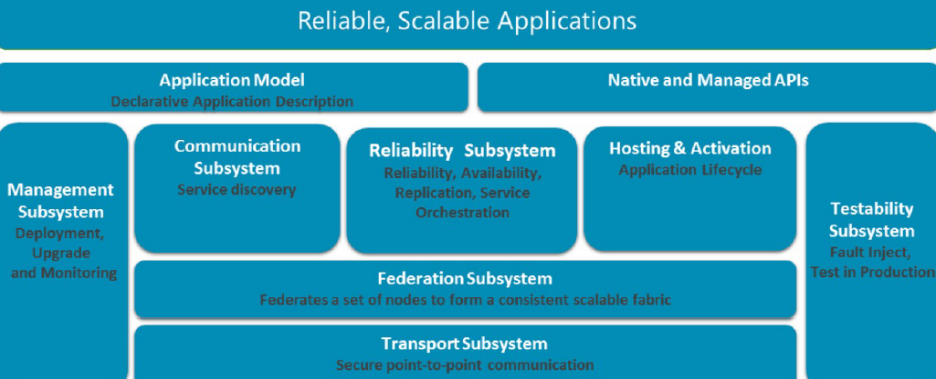
**Vantagens**

* Faceis de programar e manter
* Facil de evoluir o sistema e adaptar novas tecnologias
* Possivel escalar cada micro serviço independentemente
* Microserviços tem falhas independentes

**Desvantagens**

* Monitorização e management
* Configuarção e deploying
* Aplication support
* Debugging e teste

# Azure Service Fabric



## Transport Subsystem

Usado para comunicação dentro do cluster e com clientes

## Federation Subsystem

Serve para gerenciar um cluster. Fornece: detecção de falhas, eleição de líderes e roteamento consistente.

Construido sobre uma DHT

## Reliability subsystem

Fornece o mecanismo para tornar o estado de um serviço do Service Fabric altamente disponível:

1. **Replicator –** replica o stado do micro serviço
2. **Failover manager –** reconfigura o cluster
3. **Resource manager –** manages the resources

## Managment subsystem

Fornece serviço de ponta a ponta e gerenciamento do ciclo de vida do aplicativo

1. **Cluster manager -** gerencia o ciclo de vida dos aplicativos desde o provisionamento até o desprovisionamento.
2. **Health manager –** serviço que permite o monitoramento da integridade de aplicativos, serviços e entidades de cluster.
3. **Image Store -** Este serviço fornece armazenamento e distribuição dos binários do aplicativo

## Comunication subsystem

Fornece mensagens confiáveis dentro do cluster e descoberta de serviço por nome de serviço. O serviço de nomenclatura resolve nomes de serviço para um local no cluster

## Programimg models

**Reliable services**

O Reliable Services é uma estrutura leve para escrever serviços que se integram à plataforma Service Fabric e se beneficiam do conjunto completo de recursos da plataforma.

**Reliable actors**

Construído sobre o Reliable Services, o framework Reliable Actor implementa o padrão Virtual Actor, baseado no padrão de design do ator.