

Sistemas de Banco de Dados

Fundamentos em Bancos de Dados Relacionais

Wladimir Cardoso Brandão

www.wladimirbrandao.com

Fevereiro, 2020



SEÇÃO 20

PROJETO FÍSICO E SINTONIA DE SGBDRs



- ▶ Criação de estrutura apropriada para armazenamento dos dados, de forma a garantir um bom desempenho
- ▶ Combinação de tarefas:
 - ▶ Consultas, transações e aplicações que deverão usar o banco de dados;
 - ▶ Analisadas minuciosamente pelos administradores/projetistas.
- ▶ Deve-se ter uma boa ideia da intenção de uso do BD



- ▶ Fatores que influenciam decisões sobre o projeto físico:
 - ▶ Consultas e transações
 - ▶ Frequência esperada de chamada
 - ▶ Restrições de tempo de execução
 - ▶ Frequência esperada de atualização
 - ▶ Restrições de exclusividade em atributos



CONSULTAS E TRANSAÇÕES

- ▶ Consultas de recuperação:
 1. Quais arquivos serão acessados pela consulta?
 2. Quais atributos estão especificados na consulta?*
 3. A condição de seleção é uma condição de igualdade, desigualdade ou de intervalo?
 4. Quais são os atributos em que são especificadas condições de junção?*
 5. Quais são os atributos cujos valores serão recuperados?

* Candidatos para definição de estruturas de acesso (índices, chaves de hash ou ordenação do arquivo).



CONSULTAS E TRANSAÇÕES

► Consultas de atualização:

1. Quais arquivos serão atualizados?
2. Que operações serão feitas em cada arquivo?
3. Quais atributos estão submetidos a uma condição?*
4. Quais atributos em que são especificadas condições de junção?*
5. Quais atributos terão valores alterados (por atualização)?**

* Candidatos para definição de estruturas de acesso.

** Candidatos para evitar uma estrutura de acesso (ao modificá-los, exigirá atualização das estruturas de acesso).



FREQUÊNCIA ESPERADA DE CHAMADA

- ▶ Consulta de recuperação
 - ▶ Quantas vezes espera-se executar a consulta em um determinado período de tempo?
 - ▶ Expressa como: frequência de uso esperada de cada atributo nos arquivos como atributo de seleção ou junção.
- ▶ Regra dos 80-20 (para um volume maior de dados):

Cerca de 80% do processamento é atribuído a apenas 20% das consultas e transações.



RESTRIÇÕES DE TEMPO DE EXECUÇÃO

- ▶ Ex: Transações que devem ser concluídas em no máximo 5 segundos em 95% das vezes
- ▶ Análise criteriosa na definição de estruturas de acesso primária para os arquivos.
 - ▶ Priorizar atributos de seleção (para consultas e transações) com restrições de tempo.



FREQUÊNCIAS ESPERADA DE ATUALIZAÇÃO

- ▶ Arquivos frequentemente utilizados devem ter um menor número de caminhos de acesso;
- ▶ O *overhead* para atualização de arquivos (não ordenados) pode atrasar as operações de inserção.



RESTRIÇÕES DE EXCLUSIVIDADE EM ATRIBUTOS

- ▶ Caminhos de acesso especificados em todos atributos de chave candidata (chave primária ou atributos únicos);
- ▶ Um índice é suficiente na verificação de exclusividade
 - ▶ Os valores do atributo existirão nos nós folha do índice.



- ▶ Cada relação da base é representada como um arquivo de banco de dados;
- ▶ As opções do caminho de acesso incluem:
 - ▶ Especificação do tipo de organização de arquivo primário, a cada relação, e dos atributos índices.
- ▶ A seguir, serão propostas decisões de projeto para definição da indexação adequada.



DECISÕES DE PROJETO SOBRE A INDEXAÇÃO

- ▶ Atributos cujos valores são normalmente exigidos nas condições de igualdade ou intervalo;
 - ▶ Exigem caminhos de acesso (índice)
- ▶ O desempenho das consultas depende de quais índices existem para agilizar o processamento de seleções e junções;
- ▶ Na inserção, exclusão ou atualização, a existência de índices aumenta o *overhead*.
 - ▶ Desvantagem justificada pelo ganho de eficiência ao agilizar consultas e transações.



DECISÕES DE PROJETO SOBRE A INDEXAÇÃO

- ▶ Decisões de projeto físico para indexação:
 1. Se um atributo deve ser indexado:
 - ▶ Para criação do índice em um atributo, este deve ser chave (único) ou deve ser usado em uma condição de seleção/junção.
 2. Que atributo ou atributos indexar?
 - ▶ Índice construído em um único atributo ou em um conjunto de atributos (se for composto).
 - ▶ Índice multiatributo se vários atributos de uma relação estiverem envolvidos em várias consultas.



DECISÕES DE PROJETO SOBRE A INDEXAÇÃO

- ▶ Decisões de projeto físico para indexação:
 - 3 Se um índice agrupado deve ser montado:
 - ▶ Índice primário ou de agrupamento - um por tabela (máximo);
 - ▶ Se exigir vários índices, a decisão depende da necessidade de manter a tabela ordenada neste atributo;
 - ▶ Não utilizar o agrupamento se o resultado da consulta tiver de ser respondida somente a partir de um índice.
 - ▶ As consultas de intervalo se beneficiam com o agrupamento.



DECISÕES DE PROJETO SOBRE A INDEXAÇÃO

- ▶ Decisões de projeto físico para indexação:
 - 4 Se um índice de hash deve ser usado em um índice de árvore:
 - ▶ Funcionam bem com condições de igualdade;
 - ▶ Não admitem consultas de intervalo.
 - 5 Se o hashing dinâmico deve ser usado para o arquivo:
 - ▶ Vantagem de utilização nos casos de arquivos voláteis (aumentam e diminuem com frequência).



COMO CRIAR UM ÍNDICE

- ▶ Comando básico (genérico) para criação de índice:

```
CREATE [ UNIQUE ] INDEX <nome indice>  
ON <nome tabela> ( <nome coluna> [ <ordem> ]  
{ , <nome coluna> [ <ordem> ] } ) [ CLUSTER ];
```

- ▶ **CLUSTER:** Quando o índice deve classificar os registros do arquivo de dados pelo atributo de indexação.
 - ▶ **ORDEM:** *ASC* (ascendente - padrão) ou *DESC* (descendente) - método de ordenação do arquivo de dados a partir do atributo de indexação.
- * **UNIQUE** e **CLUSTER** são comandos opcionais.



COMO CRIAR UM ÍNDICE

- ▶ Exemplo:
 - ▶ Criação de índice de agrupamento (crescente) no atributo não chave Dnr do arquivo FUNCIONARIO:

```
CREATE INDEX Idx_Dnr  
ON FUNCIONARIO (Dnr)  
CLUSTER;
```



DESNORMALIZAÇÃO PARA AGILIZAR O PROCESSAMENTO DE CONSULTAS

- ▶ **Desnormalização:** armazena o projeto lógico em uma forma normal fraca (1FN ou 2FN);
- ▶ Otimiza a performance nas consultas e transações mais frequentes;
- ▶ Ex: Inclusão de atributos da tabela S em outra tabela R - reduz a junção de R com S para consultas frequentes;
 - ▶ Evita a operação de junção de R com S.
- ▶ Introduce a redundância nas tabelas da base (e todos seus problemas decorrentes).



DESNORMALIZAÇÃO PARA AGILIZAR O PROCESSAMENTO DE CONSULTAS

TAREFA (FUNC_ID, PROJ_ID, NOME_FUNC, CARGO_FUNC,
PORC_ATRIBUIDA, NOME_PROJ, ID_GER_PROJ, NOME_GER_PROJ)

- ▶ Corresponde a lista de tarefas de um funcionário.
- ▶ Se encontra somente na 1FN:

PROJ_ID \longrightarrow NOME_PROJ , ID_GER_PROJ

ID_GER_PROJ \longrightarrow NOME_GER_PROJ

FUNC_ID \longrightarrow NOME_FUNC , CARGO_FUNC



DESNORMALIZAÇÃO PARA AGILIZAR O PROCESSAMENTO DE CONSULTAS

- ▶ Para este caso, pode ser preferida ao projeto da 2FN:

FUNC (FUNC_ID, NOME_FUNC, CARGO_FUNC)

PROJ (PROJ_ID, NOME_PROJ, ID_GER_PROJ)

FUNC_PROJ (FUNC_ID, PROJ_ID, PORC_ATRIBUIDA)

- ▶ Na extração da lista de tarefas do funcionário, utiliza-se:

$A \leftarrow FUNC_PROJ \times FUNC$

$B \leftarrow A \times PROJ$

$C \leftarrow B \bowtie_{PROJ.Id_ger_proj=FUNC.Id_func} FUNC$



DESNORMALIZAÇÃO PARA AGILIZAR O PROCESSAMENTO DE CONSULTAS

- ▶ É possível, também, criar uma visão para a tabela TAREFA:
 - ▶ O usuário evita especificar as junções;
 - ▶ Se for materializada:
As junções são evitadas.
 - ▶ Senão (visão virtual sem criação de arquivo materializado):
Os cálculos das junções continuam sendo necessários.



SINTONIA EM BDs

- ▶ Atividade que monitora e revisa o projeto físico do BD.
- ▶ É um ajuste contínuo do projeto físico.
- ▶ As mesmas decisões de projeto são revisadas durante o ajuste do BD.

OBJETIVOS DA SINTONIA EM BDs

- ▶ Fazer as aplicações rodarem mais rapidamente.
- ▶ Melhorar (reduzir) o tempo de resposta de consultas e transações.
- ▶ Melhorar o desempenho geral das transações.



ESTATÍSTICAS COLETADAS INTERNAMENTE PELOS SGBDRs

- ▶ Tamanhos de tabelas
- ▶ Número de valores distintos em uma coluna
- ▶ Número de vezes que uma consulta ou transação é submetida e executada
- ▶ Tempos exigidos para diferentes fases do processamento de consulta e transação



Estatísticas obtidas pelo monitoramento:

- ▶ **Estatísticas de armazenamento**
 - ▶ Dados sobre alocação de armazenamento em espaços de tabela (tablespaces), espaços de índices e pools de buffer.
- ▶ **Estatísticas de desempenho de E/S e dispositivo**
 - ▶ Atividade total de leitura/gravação (paginação) em extensões de disco e “hot spots” do disco.
- ▶ **Estatísticas de processamento de consulta/transação**
 - ▶ Tempos de execução e tempos de otimização.



Estatísticas obtidas pelo monitoramento:

- ▶ **Estatísticas relacionadas a bloqueio/logging**
 - ▶ Taxas de emissão de diferentes tipos de bloqueios, taxas de vazão da transação e atividade de registros de log
- ▶ **Estatísticas de índice**
 - ▶ Número de níveis em um índice, número de páginas folha não contíguas



A sintonia de um BD envolve os seguintes problemas:

- ▶ Evitar disputa excessiva por bloqueio, aumentando a concorrência entre transações.
- ▶ Minimizar o *overhead* do logging e o dumping desnecessário de dados.
- ▶ Otimizar o tamanho do buffer e o escalonamento de processos.
- ▶ Alocar discos, RAM e processos para que a utilização seja mais eficiente.

Os DBAs são treinados para lidar com esses problemas de sintonia para o SGBD específico.



SINTONIA DE ÍNDICES

- ▶ Motivos:
 - ▶ Consultas podem demorar para serem executadas, por falta de um índice.
 - ▶ Índices podem nem ser utilizados.
 - ▶ Índices podem sofrer muita atualização.



SÍNTONIA DE ÍNDICES

- ▶ Com base na análise da sintonia:
 - ▶ Alguns índices podem ser removidos e novos podem ser criados.
 - ▶ Um índice não agrupado pode ser alterado para um índice agrupado e vice-versa.
 - ▶ Recriação do índice.
- ▶ Objetivo da sintonia:
 - ▶ Avaliar dinamicamente os requisitos.
 - ▶ Reorganizar índices e organizações de arquivo.
 - ▶ Gerar melhor desempenho geral.



SINTONIA DE ÍNDICES

- ▶ A remoção e criação de novos índices é um *overhead*.
- ▶ A atualização de uma tabela em geral é suspensa enquanto um índice é descartado ou criado.



SINTONIA DE ÍNDICES

- ▶ **Recriação do índice**
 - ▶ Pode melhorar o desempenho.
 - ▶ A maioria dos SGBDRs utiliza *B+-trees* para um índice.
 - ▶ Muitas exclusões na chave de índice → páginas de índice com espaço desperdiçado.
 - ▶ Muitas inserções → causam estouros em um índice agrupado.
 - ▶ **A recriação de um índice agrupado significa reorganizar a tabela ordenada nessa chave.**



SINTONIA DE ÍNDICES

- ▶ As opções disponíveis para indexação varia de um sistema para outro.
- ▶ Um **índice esperso**, como um índice primário, terá um ponteiro de índice para cada página (bloco de disco) no arquivo de dados.
- ▶ Um **índice denso**, como um índice secundário, terá um ponteiro de índice para cada registro.



SINTONIA DE ÍNDICES

► Sybase

- Oferece índices de agrupamento como índices esparsos na forma de *B+-trees*.

► INGRES

- Oferece índices de agrupamento esparsos como arquivos ISAM.
- E índices de agrupamento densos como *B+-trees*.

► Oracle e DB2

- A opção de configurar um índice de agrupamento é limitada a um índice denso (com muito mais entradas de índice).



SINTONIA DE PROJETO

- ▶ Se um projeto físico de BD não atender aos objetivos, o DBA pode reverter para o projeto lógico e mapeá-lo para um novo conjunto de tabelas físicas e índices.
- ▶ O projeto do BD precisa ser controlado pelos requisitos de processamento e pelos requisitos de dados.
- ▶ Se os requisitos de processamento estiverem mudando, o projeto realiza mudanças no esquema conceitual, para refletir no esquema lógico e projeto físico.
- ▶ Ajustes são projetados para atender ao grande volume de consultas ou transações, com ou sem sacrificar as formas normais.



SINTONIA DE PROJETO

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Para determinado conjunto de tabelas, pode haver escolhas de projeto alternativas, todas alcançando a 3FN ou FNBC.
 - ▶ Um projeto normalizado pode ser substituído por outro.



SINTONIA DE PROJETO

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Uma relação $R(\text{Ch}, A, B, C, D, \dots)$, com Ch como um conjunto de atributos de chave (que está na FNBC).
 - ▶ Pode ser armazenada em várias tabelas que também estão na FNBC, ao replicar a chave Ch : $R1(\text{Ch}, A, B)$, $R2(\text{Ch}, C, D)$, $R3(\text{Ch}, \dots)$
 - ▶ Tal processo é conhecido como **particionamento vertical**.
 - ▶ Cada tabela agrupa conjuntos de atributos que são acessados juntos.
 - ▶ O(s) atributo(s) de uma tabela pode(m) ser repetido(s) em outra, embora isso crie redundância e uma anomalia em potencial.



SINTONIA DE PROJETO

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ O **particionamento horizontal** pega fatias horizontais de uma tabela e as armazena como tabelas distintas.
 - ▶ Cada tabela tem o mesmo conjunto de colunas (atributos), mas contém um conjunto distinto de produtos (tuplas).
 - ▶ Se uma consulta/transação se aplica a todos os dados do produto, ela pode ter de ser executada novamente contra todas as tabelas e os resultados podem ter de ser combinados.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
 1. Uma consulta emite muitos acessos ao disco.
 2. O plano de consulta mostra que índices relevantes não estão sendo usados.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Casos típicos de situações que precisam de ajuste de consulta:
- 1. Muitos otimizadores de consulta não usam índices na presença de expressões numéricas, comparações numéricas de diferentes tipos, comparações NULL e comparações de substring.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
 - 2 Índices não costumam ser usados para consultas aninhadas usando **IN**.

```
SELECT Cpf
FROM FUNCIONARIO
WHERE Dnr IN (
  SELECT Dnumero FROM DEPARTAMENTO
  WHERE Cpf_ger = '33344555587');
```

Esta consulta pode não usar o índice em **Dnr** em **FUNCIONARIO**, enquanto o uso de **Dnr = Dnumero** pode fazer que o índice seja utilizado.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 3 **DISTINCTs** podem ser redundantes e ser evitados sem alterar o resultado.

Um **DISTINCT** normalmente causa uma operação de ordenação e deve ser evitado ao máximo possível.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 4 O uso desnecessário de tabelas de resultado temporárias pode ser evitado ao se reduzir consultas múltiplas em uma única consulta.

A menos que a relação temporária seja necessária para algum processamento intermediário.



SINTONIA DE CONSULTAS

- Natureza das mudanças:
 - Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 5 Em algumas situações com consultas correlacionadas, os temporários são úteis.

```
SELECT Cpf
FROM FUNCIONARIO
WHERE Dnr IN (
  SELECT Dnumero FROM DEPARTAMENTO
  WHERE Cpf_ger = '3334455587');
```

Essa consulta de pesquisar toda a tabela **FUNCIONARIO** interna **M** em busca de cada tupla da tabela **FUNCIONARIO** externa **F**.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 5 Para tornar a execução mais eficiente, o processo pode ser desmembrando em duas consultas.

```
SELECT MAX (Salario) AS Salario_alto, Dnr INTO TEMP
FROM FUNCIONARIO
GROUP BY Dnr;
SELECT Cpf.FUNCIONARIO
FROM FUNCIONARIO, TEMP
WHERE FUNCIONARIO.Salario = TEMP.Salario_alto
AND FUNCIONARIO.Dnr = TEMP.Dnr;
```



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 6 Escolha uma condição de junção que utilize um índice de agrupamento e evite as com comparações de string.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:

7 A ordem das tabelas na cláusula FROM pode afetar o processamento da junção.

Pode ser preciso trocar a ordem para que a menor das duas relações seja varrida e a relação maior seja usada com um índice apropriado.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 8 Alguns otimizadores de consulta funcionam pior em consultas aninhadas em comparação com não aninhadas.
Tipos de consultas aninhadas:
 - ▶ Subconsultas não correlacionadas com agregações em uma consulta interna.
 - ▶ Subconsultas não correlacionadas sem agregações.
 - ▶ Subconsultas correlacionadas com agregações em uma consulta interna.
 - ▶ Subconsultas correlacionadas sem agregações.



SINTONIA DE CONSULTAS

- ▶ Natureza das mudanças:
 - ▶ Indicações que sugerem que o ajuste da consulta seja necessário:
- 9 Muitas aplicações são baseadas em visões que definem os dados de interesse. As vezes, essas visões se tornam exageradas porque uma consulta pode ser proposta contra uma tabela da base, em vez de passar por uma visão que é definida por uma JUNÇÃO.



ORIENTAÇÕES ADICIONAIS DE SINTONIA DE CONSULTA

- 1 Uma consulta com múltiplas condições de seleção que são conectadas por OR pode ser dividida e expressa como uma união de consultas.

```
SELECT Pnome, Unome, Salario, Idade  
FROM FUNCIONARIO  
WHERE Idade > 45 OR Salario < 50.000;
```

- ▶ Dividindo-o desta maneira, pode utilizar índices em **Idade** e em **Salario**.

```
SELECT Pnome, Unome, Salario, Idade  
FROM FUNCIONARIO  
WHERE Idade > 45  
UNION  
SELECT Pnome, Unome, Salario, Idade  
FROM FUNCIONARIO  
WHERE Salario < 50.000;
```




ORIENTAÇÕES ADICIONAIS DE SINTONIA DE CONSULTA

2 Para agilizar a consulta:

- ▶ A condição NOT pode ser transformada em uma expressão positiva.
- ▶ Blocos SELECT embutidos usando IN, = ALL, = ANY e = SOME podem ser substituídos por junções.
- ▶ Se uma junção de igualdade for usada entre duas tabelas, a condição de seleção no atributo de junção usado em uma tabela pode ser repetida para a outra tabela.



ORIENTAÇÕES ADICIONAIS DE SINTONIA DE CONSULTA

2 Para agilizar a consulta:

- ▶ Condições WHERE podem ser reescritas para utilizar os índices em múltiplas colunas. Exemplo:
- ▶ Nessa consulta pode-se usar um índice apenas em **Num_regiao** e pesquisar todas as páginas folha do índice para uma combinação em **Tipo_prod**.

```
SELECT Num_regiao, Tipo_prod, Mes, Vendas  
FROM ESTATISTICAS_VENDAS  
WHERE Num_regiao = 3 AND ((Tipo_prod BETWEEN 1 AND 3)  
OR (Tipo_prod BETWEEN 8 AND 10));
```



ORIENTAÇÕES ADICIONAIS DE SINTONIA DE CONSULTA

2 Para agilizar a consulta:

```
SELECT Num_regiao, Tipo_prod, Mes, Vendas  
FROM ESTATISTICAS_VENDAS  
WHERE (Num_regiao = 3 AND (Tipo_prod BETWEEN 1 AND 3)  
OR (Num_regiao = 3 AND (Tipo_prod BETWEEN 8 AND 10)));
```

OBRIGADO

Wladimir Cardoso Brandão

www.wladimirbrandao.com



"Science is more than a body of knowledge. It is a way of thinking."

Carl Sagan