

Sistemas de Banco de Dados Projeto, implementação e gerenciamento

Capítulo 11

Sintonização de desempenho de banco de dados e otimização de consultas

Objetivos

- **Neste capítulo, você aprenderá:**
 - Conceitos básicos de sintonização de desempenho de banco de dados
 - Como o SGBD processa consultas de SQL
 - Sobre a importância de índices no processamento de consultas

Objetivos (cont.)

- Sobre os tipos de decisões que o otimizador de consultas tem de tomar
 - Algumas práticas comuns utilizadas para escrever códigos eficientes de SQL
 - Como formular consultas e realizar a sintonização do SGBD para desempenho ideal
- onze

Conceitos de Sintonização de Desempenho de Banco de Dados

- Uma das principais funções de um sistema de banco de dados é fornecer respostas aos usuários finais dentro de um tempo adequado
- **Sintonização de desempenho de banco de dados**
 - Conjunto de atividades e procedimentos projetados para reduzir o tempo de resposta de um sistema de banco de dados
- Todos os fatores devem ser verificados para garantir que cada um opere em seu nível ideal e tenha recursos suficientes para minimizar a ocorrência de gargalos
- **Um bom desempenho de banco de dados começa com um bom projeto de banco de dados**

TABELA 11.1 Diretrizes gerais para melhor desempenho de sistema

	RECURSOS DO SISTEMA	CLIENTE	SERVIDOR
Hardware	CPU	O mais rápido possível CPU <i>dual core</i> ou superior	O mais rápido possível Vários processadores (tecnologia <i>quad-core</i>)
	RAM	O máximo possível	O máximo possível
	Disco Rígido	Disco rígido SATA/EIDE rápido, como espaço livre suficiente	Vários discos rígidos de alta velocidade e capacidade (SCSI / SATA / Firewire / Fibre Channel) em configuração RAID
	Rede	Conexão de alta velocidade	Conexão de alta velocidade
Software	Sistema Operacional	Sintonização fina para melhor desempenho de aplicações de cliente	Sintonização fina para melhor desempenho de aplicações de servidor
	Rede	Sintonização fina para melhor taxa de transmissão	Sintonização fina para melhor taxa de transmissão
	Aplicação	Otimizar SQL em aplicações de cliente	Otimizar servidor de SGBD para o melhor desempenho

Sintonização de Desempenho: cliente e servidor

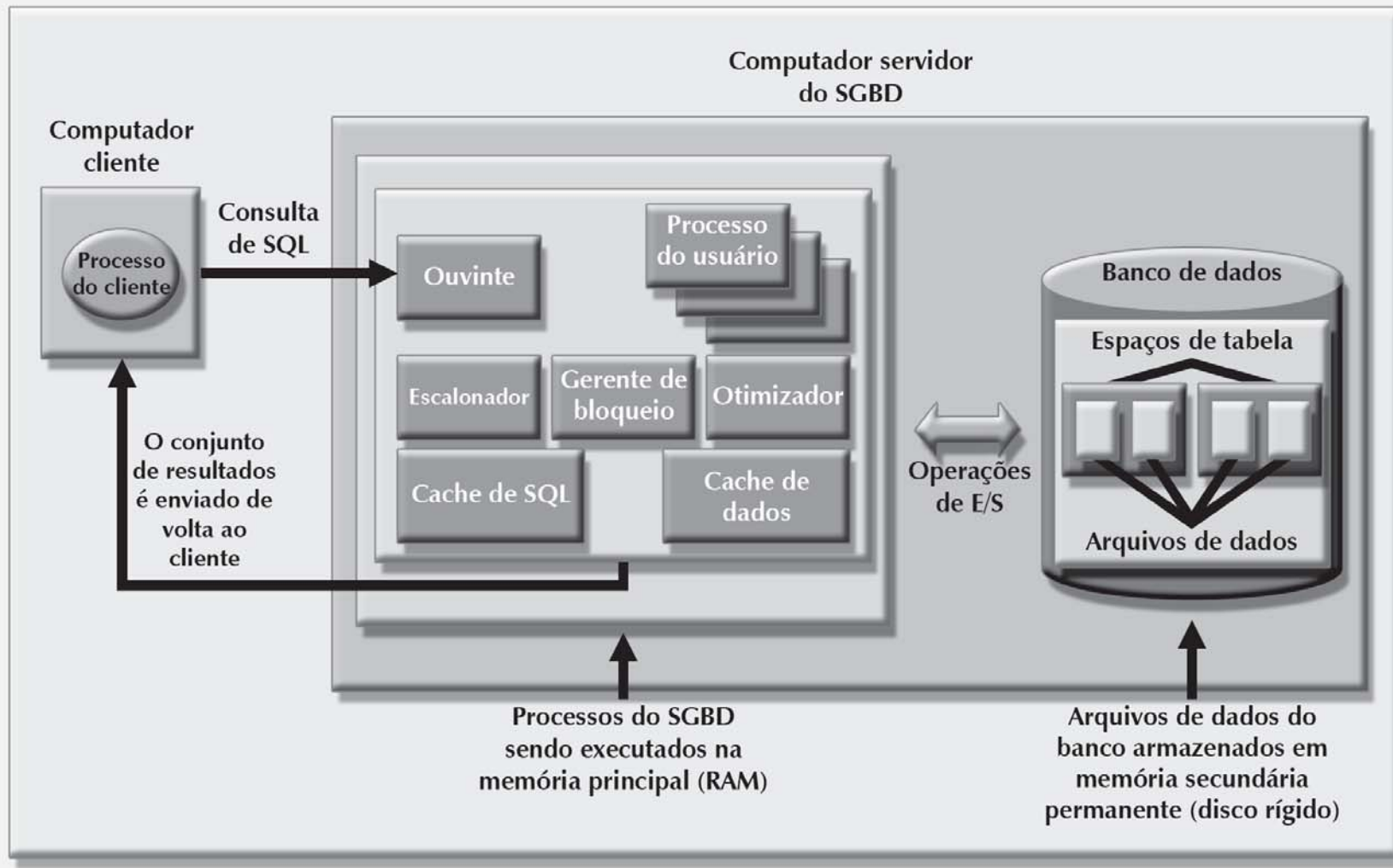
- Do lado do cliente
 - O objetivo é gerar uma consulta de SQL que retorne a resposta correta no menor período de tempo, utilizando a quantidade mínima de recursos na extremidade do servidor
 - **Desempenho de SQL**
- Do lado do servidor
 - O ambiente de SGBD deve ser configurado adequadamente para responder a solicitações de clientes do modo mais rápido possível, utilizando de modo ideal os recursos existentes
 - **Sintonizações de desempenho de SGBD**

Arquitetura de SGBD

- Todos os dados em um banco de dados são armazenados em **arquivos de dados**
- **Data files**
 - Esses arquivos podem se expandir automaticamente em aumentos predefinidos conhecidos como **expansão**
- Uma **table space** ou **grupo de arquivos** é um agrupamento lógico de vários arquivos que armazenam dados com características similares

FIGURA 11.1

Arquitetura básica de SGBDs



Arquitetura de SGBD (cont.)

- **Cache de dados ou buffer de cache:** área da memória reservada e compartilhada
 - Armazena na RAM os blocos de dados acessados mais recentemente
- **Cache de SQL, ou cache de procedimentos:** armazena os comandos de SQL ou procedimentos de PL/SQL
- O SGBD deve recuperá-los do armazenamento permanente e colocá-los na memória RAM

Arquitetura de SGBD (cont.)

- **Solicitação de entrada/saída:** operação de acesso de dados de baixo nível (leitura ou gravação) de e para dispositivos computacionais
- Trabalhar com dados em cache é muito mais rápido do que com dados em arquivos
 - O SGBD não tem de aguardar que o disco rígido os recupere
- A maioria das atividades de sintonização de desempenho foca na minimização do número de operações de E/S

Arquitetura de SGBD (cont.)

- Processos típicos de SGBD:
 - Listener
 - Usuário
 - Escalonador
 - Gerente de bloqueio
 - Otimizador

Estatísticas de Banco de Dados

- Refere-se a diversas medidas sobre objetos do banco:
 - Tabelas
 - Índices
 - Número de processadores utilizados
 - Velocidade do processador
 - Espaço temporário disponível

Estatísticas de Banco de Dados (cont.)

- O SGBD utiliza as estatísticas para tomar decisões fundamentais sobre o aprimoramento da eficiência do processamento de consultas
- As estatísticas de banco de dados podem ser coletadas manualmente pelo DBA ou automaticamente pelo SGBD

TABELA 11.2 Exemplos de medidas estatísticas de bancos de dados

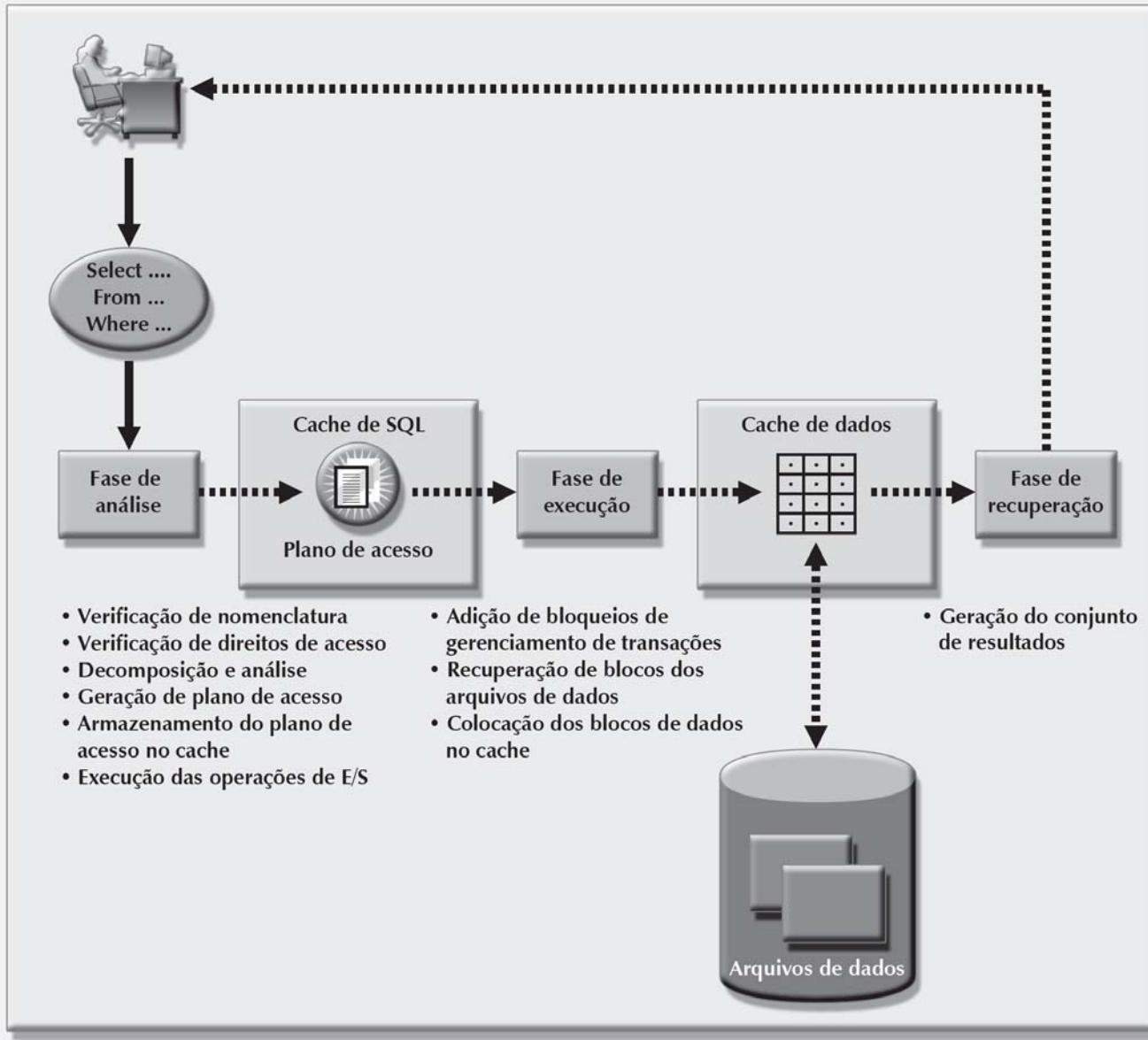
OBJETO DE BANCOS DE DADOS	EXEMPLOS DE MEDIDAS
Tabelas	Número de linhas, número de blocos de disco utilizados, comprimento da linha, número de coluna em cada linha, número de valores distintos em cada coluna, valor máximo em cada coluna, valor mínimo em cada coluna e colunas que possuem índices.
Índices	Número e nome de colunas na chave de índice, número de valores de chave no índice, número de valores de chave distintos na chave de índice, histograma de valores de chave em um índice e número de páginas de disco utilizadas pelo índice.
Recursos do Ambiente	Tamanho físico e lógico de blocos de disco, localização e tamanho de arquivos de dados e número de expansões por arquivo de dados.

Processamento de Consultas

- O SGBD processa uma consulta em três fases:
 - *Análise sintática*
 - O SGBD analisa a consulta de SQL e escolhe o plano de acesso/execução mais eficiente
 - *Execução*
 - O SGBD executa a consulta de SQL utilizando o plano de execução escolhido
 - *Extração*
 - O SGBD extrai os dados e envia o conjunto de resultados de volta para o cliente

FIGURA
11.2

Processamento de consultas



Fase de Análise do SQL

- Desmembramento da consulta em unidades menores
- Transformação em uma versão ligeiramente diferente do código original
 - *Totalmente equivalente*
 - Significa que os resultados da consulta otimização são sempre iguais aos da consulta original
 - *Mais eficiente*
 - Significa que a consulta otimizada quase sempre será executada de modo mais rápido do que a consulta original

Fase de Análise do SQL (cont.)

- A análise de uma consulta de SQL exige diversas etapas, nas quais a consulta é:
 - Validada quanto à adequação sintática
 - Validada em relação ao dicionário de dados
 - Para garantir que as tabelas e nomes de colunas estejam corretos
 - Para garantir que o usuário tenha direitos de acesso adequados
 - Analisada e decomposta em componentes mais elementares
 - Otimizada
 - Preparada para execução

Fase de Análise do SQL (cont.)

- O **plano de acesso** é o resultado da análise de um comando de SQL
 - Traduzem a consulta de SQL do cliente em uma série de operações de E/S complexas que leem os dados dos arquivos físicos e geram o conjunto de resultados
- O SGBD verifica se já existe um plano de acesso para a consulta no cache de SQL
- O SGBD reutiliza esse plano para poupar tempo
- Caso contrário, o otimizador avalia os diferentes planos e toma decisões sobre quais índices utilizar e como melhor executar as operações de junção

TABELA 11.3 Exemplos de operações de E/S em planos de acesso de SGBDs

OPERAÇÃO	DESCRIÇÃO
Varredura de Tabela (completa)	Lê sequencialmente a tabela inteira, da primeira à última linha, uma linha por vez (o processo mais lento)
Acesso a Tabela (ID de linha)	Lê diretamente uma linha de tabela utilizando um valor de ID de linha (o processo mais rápido)
Varredura de Índice (faixa)	Lê o índice primeiro para obter as IDs de linhas e, em seguida, acessa diretamente as linhas de tabelas (processo mais rápido do que a varredura de tabela)
Acesso ao Índice (único)	Utilizado quando uma tabela possui um índice exclusivo em uma coluna
Loop Aninhado	Lê e compara o conjunto de valores a outro conjunto de valores, utilizando o estilo de loop integrado (lento)
Fusão	Funde dois conjuntos de dados (lento)
Ordenação	Ordenação do conjunto de dados (lento)

Fase de Execução de SQL

Fase de Recuperação do SQL

- São executadas todas as operações de E/S indicadas no plano de acesso
 - Quando essa execução ocorre, os bloqueios adequados são atribuídos aos dados sendo acessados e estes são recuperados dos arquivos de dados
 - Os comandos de gerenciamento de transações são processados
- Durante a fase de recuperação, as linhas do conjunto de resultados da consultas são reenviadas ao cliente
- O SGBD pode utilizar um espaço de tabela temporário para armazenar esses dados

Gargalos de Processamento de Consultas

- Atraso introduzido no processamento de uma operação de E/S que faz com o que sistema em geral fique mais lento
 - CPU
 - Memória RAM
 - Disco rígido
 - Rede
 - Código de aplicação

Índices e Otimização de Consultas

- Índices
 - São fundamentais para acelerar o acesso aos dados
 - Facilitam a busca, classificação e utilização de funções agregadas e, até mesmo, de operações de junção
 - A melhora da velocidade de acesso aos dados se deve ao fato de o índice ser um conjunto ordenado de valores que contém a chave de índice e os ponteiros
- A varredura de índice é mais eficiente do que a varredura completa de uma tabela, pois os dados no índice são preordenados e sua quantidade geralmente é muito menor

Índices e Otimização de Consultas (cont.)

- **Esparsividade dos dados:** número de valores diferentes que uma coluna pode ter
- A maioria dos SGBDs implementa índices utilizando uma das seguintes estruturas de dados:
 - Índices de hash
 - Índices de árvore B
 - Índices de bitmap
- Os SGBDs indicam o melhor tipo de índice a ser utilizado sob determinadas condições

FIGURA 11.3

Representação de índice da tabela CUSTOMER



FIGURA 11.4

Representação de índices de árvore B e bitmap

O índice de árvore B é utilizado em colunas de dados muito esparsas, ou seja, com muitos valores diferentes em relação ao número total de linhas.

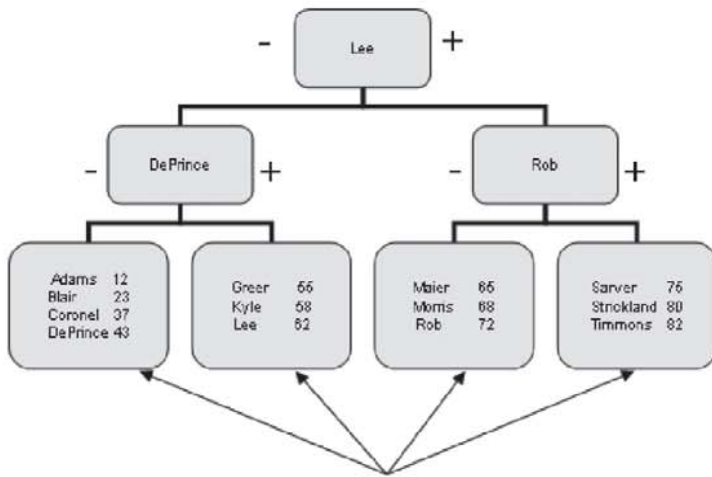
TABELA CUSTOMER (cliente)

CUS_ID	CUS_LNAME	CUS_FNAME	CUS_PHONE	REGION_CODE
12	Adams	Charlie	4533	NV
23	Blair	Robert	5426	SE
37	Coronel	Carlos	2358	SW
43	DePrince	Albert	6543	NE
55	Greer	Tim	2764	SE
58	Kyle	Ruben	2453	SW
62	Lee	John	7895	NE
65	Maier	Jerry	7689	NV
68	Morris	Steve	4568	NV
72	Rob	Pete	8123	NE
75	Sarver	Lee	8193	SE
80	Strickland	Tomas	3129	SW
82	Timmons	Douglas	3499	NE

O índice de bitmap é utilizado em colunas de dados pouco esparsas, ou seja, com poucos valores diferentes em relação ao número total de linhas.

Índice de árvore B
Em CUS_LNAME

Índice de bitmap
Em REGION_CODE



Os objetos em "folhas" contêm a chave de índice e os ponteiros para linhas da tabela. Acessar qualquer linha, utilizando o índice, exige o mesmo número de acessos de E/S. Nesse exemplo, seriam necessários quatro acessos para chegar a uma linha determinada da tabela usando o índice: um para cada nível da árvore (objetos na "raiz", em "ramos" e em "folhas") mais o acesso à linha de dados por meio do ponteiro.

Região →

	NE	NO	SE	SO		
Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit...	Bit...	
0	1	0	0			
0	0	1	0			
0	0	0	1			
1	0	0	0			
0	0	1	0			
0	0	0	1			
1	0	0	0			
0	0	0	0			
0	0	0	1			
1	0	0	0			

← Um byte

No índice de bitmap, cada bit representa um código de região. Na primeira linha, o bit 2 é ativado, indicando, assim, que o valor de código de região da primeira linha é NO.

↑ REGION_CODE = 'NO'

Cada byte do índice de bitmap representa uma linha dos dados da tabela. Esses índices são muito eficientes em buscas. Por exemplo, para encontrar todos os clientes na região NO, o SGBD retornará todas as linhas com bit 2 ativado.

Escolhas de Otimizadores

- **Otimizador com base em regras**
 - Regras e pontos preestabelecidos
 - As regras atribuem um “custo fixo” a cada operação de SQL
- **Otimizador com base em custos**
 - Algoritmos sofisticados com base em estatísticas sobre os objetos a serem acessados
 - Soma os custos de processamento, de E/S e de recursos para obter o custo total de determinado plano de execução

TABELA 11.4 Comparação dos planos de acesso e custos de E/S

PLANO	ETAPA	OPERAÇÃO	OPERAÇÕES DE E/S.	CUSTO DE E/S	LINHAS DO CONJUNTO RESULTANTE	CUSTO TOTAL DE E/S
A	A1	Produto cartesiano (PRODUCT, VENDOR)	7.000 + 300	7.300	2.100.000	7.300
	A2	Seleção de linhas em A1 com códigos de fornecedores correspondentes	2.100.000	2.100.000	7.000	2.107.300
	A3	Seleção de linhas em A2 com V_STATE = 'FL'	7.000	7.000	1.000	2.114.300
B	B1	Seleção de linhas em VENDOR com V_STATE = 'FL'	300	300	10	300
	B2	Produto cartesiano (PRODUCT, B1)	7.000 + 10	7.010	70.000	7.310
	B3	Seleção de linhas em B2 com códigos de fornecedores correspondentes	70.000	70.000	1.000	77.310

Utilização de Sugestões que Afetam Escolhas de Otimizadores

- O otimizador pode não escolher o melhor plano de execução
- O otimizador toma decisões com base nas estatísticas existentes
 - As estatísticas podem ser antigas
 - Pode fazer decisões menos eficientes
- **Sugestões otimizadoras:** instruções especiais para o otimizador, embutidas no interior do texto de comandos de SQL

TABELA 11.5 Sugestões otimizadoras

SUGESTÃO	UTILIZAÇÃO
ALL_ROWS	<p>Instrui o otimizador a minimizar o tempo geral de execução, ou seja, o tempo necessário para retornar todas as linhas do conjunto de resultados da consulta. Em geral, essa sugestão é utilizada para processos em modo de batch. Por exemplo:</p> <pre data-bbox="459 511 898 629"> SELECT /*+ ALL_ROWS */ * FROM PRODUCT WHERE P_QOH < 10;</pre>
FIRST_ROWS	<p>Instrui o otimizador a minimizar o tempo necessário para processar o primeiro conjunto de linhas, ou seja, para retornar apenas esse primeiro conjunto nos resultados da consulta. Em geral, essa sugestão é utilizada para processos em modo interativo. Por exemplo:</p> <pre data-bbox="459 839 898 958"> SELECT /*+ FIRST_ROWS */ * FROM PRODUCT WHERE P_QOH < 10;</pre>
INDEX (nome)	<p>Faz com que o otimizador utilize o índice P_QOH_NDX para processar essa consulta. Por exemplo:</p> <pre data-bbox="459 1072 1006 1190"> SELECT /*+ INDEX(P_QOH_NDX) */ * FROM PRODUCT WHERE P_QOH < 10;</pre>

Sintonização de Desempenho de SQL

- É avaliada a partir da perspectiva do cliente
 - A maioria dos SGBDs da atual geração executam otimização automática de consultas na extremidade do servidor
 - A maioria das técnicas de otimização de desempenho de SQL são específicas de cada SGBD
 - Raramente são portáteis
- A maioria dos problemas atuais de desempenho relaciona-se a código de SQL mal escrito
- Embora o SGBD forneça serviços gerais de otimização, uma consulta escrita com cuidado sempre se sai melhor do que uma mal escrita

Seletividade de Índice

- Os índices são utilizados:
 - Quando uma coluna indexada aparecer nos critérios de busca de uma cláusula WHERE ou HAVING
 - Quando uma coluna indexada aparecer em uma cláusula GROUP BY ou ORDER BY
 - Quando as funções MAX ou MIN forem aplicadas a uma coluna indexada
 - Quando a esparsividade dos dados da coluna indexada for alta
- A **seletividade de índices** é uma medida de quão provável um índice será utilizado no processamento de consultas

Seletividade de Índice (cont.)

- Diretrizes gerais para a criação e utilização de índices:
 - Crie índices para cada atributo utilizado nas cláusulas WHERE, HAVING, ORDER BY ou GROUP BY
 - Não utilize índices em tabelas pequenas ou pouco esparsas
 - Declare as chaves primárias e estrangeiras de modo que o otimizador possa utilizar os índices para unir operações
 - Declare índices de colunas de junção que não sejam de PK e FK

Expressões Condicionais

- Normalmente é expressa nas cláusulas `WHERE` e `HAVING` de um comando de SQL
- Restringe o resultado de uma consulta apenas às linhas que atendam a determinada condição

Expressões Condicionais (cont.)

- Práticas comuns utilizadas para escrever expressões condicionais:
 - Utilize colunas simples ou strings como operandos em uma expressão condicional
 - As comparações de campos numéricos são mais rápidas que as de caracteres, datas e NULL
 - As comparações de igualdade são mais rápidas do que as de desigualdade
 - Transforme as expressões condicionais para utilizar strings

Expressões Condicionais (cont.)

- Práticas (cont.):
 - Escreva primeiro as condições de igualdade
 - Ao utilizar várias condições AND, escreva primeiro a condição com maior probabilidade de ser falsa
 - Ao utilizar várias condições OR, coloque primeiro a condição com maior probabilidade de ser verdadeira
 - Sempre que possível, tente evitar a utilização do operador lógico NOT

Formulação de Consultas

- Identifique quais colunas e cálculos são necessários
- Identifique as tabelas de fonte
- Determine como juntar as tabelas
- Determine quais critérios de seleção são necessários
- Determine em que ordem exibir o resultado

Sintonização de Desempenho de SGBD

- Inclui tarefas globais, como o gerenciamento de processos do sistema na memória principal e o gerenciamento das estruturas de armazenamento físico
- A sintonização de desempenho de SGBD do lado do servidor foca a configuração de parâmetros utilizados para:
 - Cache de dados
 - Cache de SQL
 - Cache de classificação
 - Modo do otimizador

Sintonização de Desempenho de SGBD (cont.)

- Algumas recomendações gerais para a criação de banco de dados:
 - Utilize o **RAID** (*redundant array of independent disks*, ou seja, matriz redundante de discos independentes) para obter equilíbrio entre desempenho e tolerância a falhas
 - Minimize a contenção de disco
 - Coloque as tabelas com alta utilização em suas próprias table spaces
 - Atribua arquivos de dados separados em volumes de armazenamento separados por índices, sistemas e tabelas de alta utilização

Sintonização de Desempenho de SGBD (cont.)

- Recomendações: (cont.)
 - Aproveite as diferentes organizações de armazenamento de tabela disponíveis no banco de dados
 - Particione as tabelas com base na utilização
 - Utilize tabelas desnormalizadas quando for adequado
 - Armazene os atributos computados e agregados em tabelas

Resumo

- Sintonização de desempenho de banco de dados
 - Refere-se a um conjunto de atividades e procedimentos que asseguram que uma consulta do usuário final seja processada pelo SGBD no período mínimo de tempo
- Sintonização de desempenho de SQL
 - Refere-se a atividades projetadas para gerar um código de SQL
 - Retorna a resposta correta no menor período de tempo
 - Utiliza a quantidade mínima de recursos na extremidade do servidor
- A arquitetura do SGBD é representada pelos diversos processos e estruturas utilizados para gerenciar o banco de dados

Resumo (cont.)

- As estatísticas de banco de dados referem-se a diversas medidas coletadas pelo SGBD que apresentam um retrato instantâneo das características de seus objetos
- SGBDs processam as consultas em três fases: análise, execução e extração
- Os índices são fundamentais no processo que acelera o acesso aos dados

Resumo (cont.)

- Durante a otimização de consultas, o SGBD deve escolher quais índices utilizar, como executar operações de junção, qual tabela utilizar primeiro etc.
- As sugestões são utilizadas para alterar o modo do otimizador para o comando atual de SQL
- A sintonização de desempenho de SQL lida com a escrita de consultas que utilizam bem as estatísticas
- A formulação de consultas lida com a tradução de questões de negócios em códigos específicos de SQL