

Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados: Transações e Controle de Concorrência

João Eduardo Ferreira e Helio Navarro

Elmasri, R.; Navathe, S. B. Sistemas de Banco de Dados, 4ed. Pearson Addison Wesley, 2005 (Caps. 17 e 18)

Silberschatz, A.; Korth, H. F., Sudarshan, S. Sistema de Bancos de Dados. 3a. Edição, Makron Books, 1998. 778p. (Caps 13 e 14)

Tópicos

(1) SGBD

(2) Sistemas Monusuários e Multiusuários

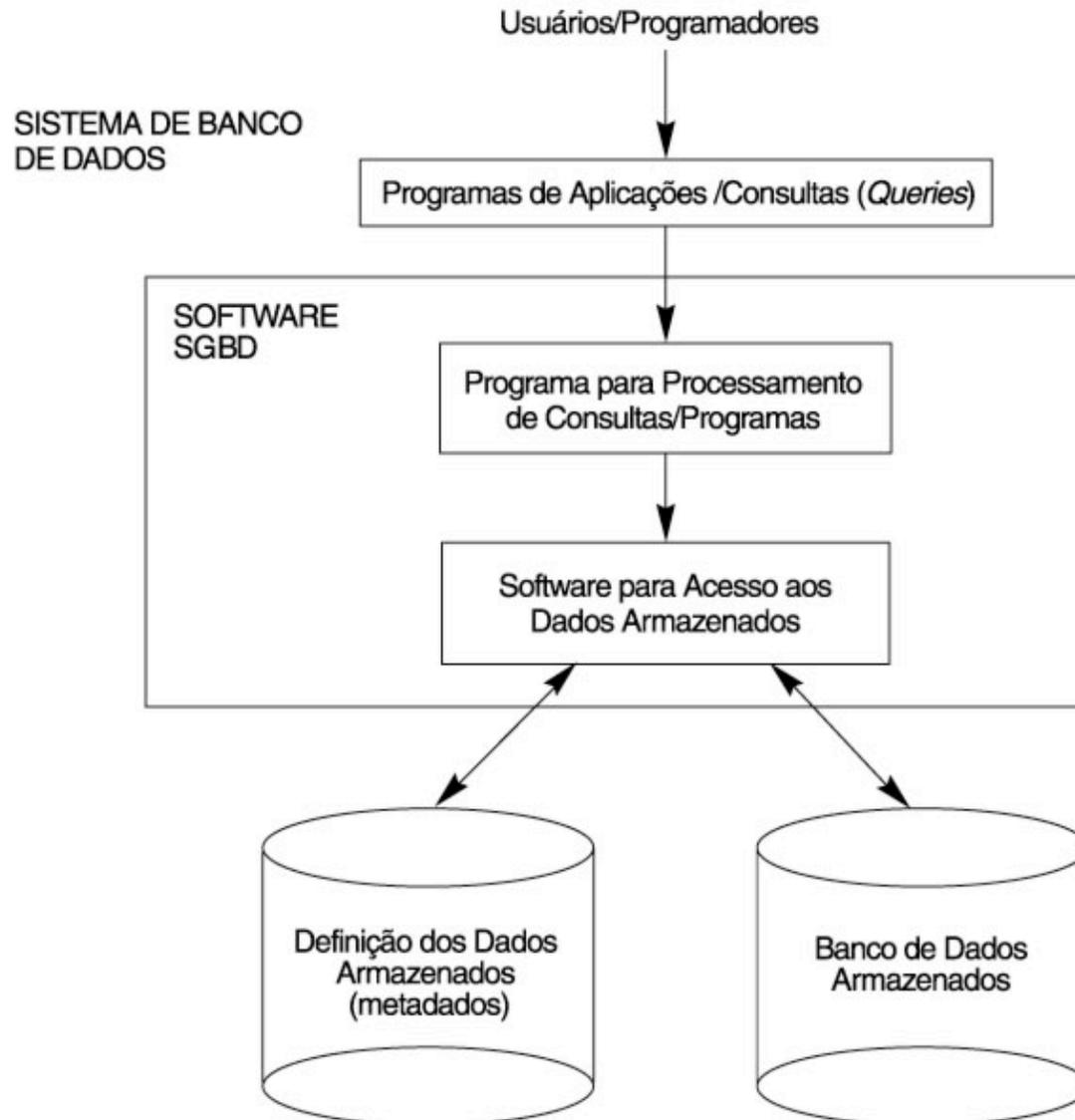
(3) Definição e Estrutura da Transação

(4) Propriedades da Transação

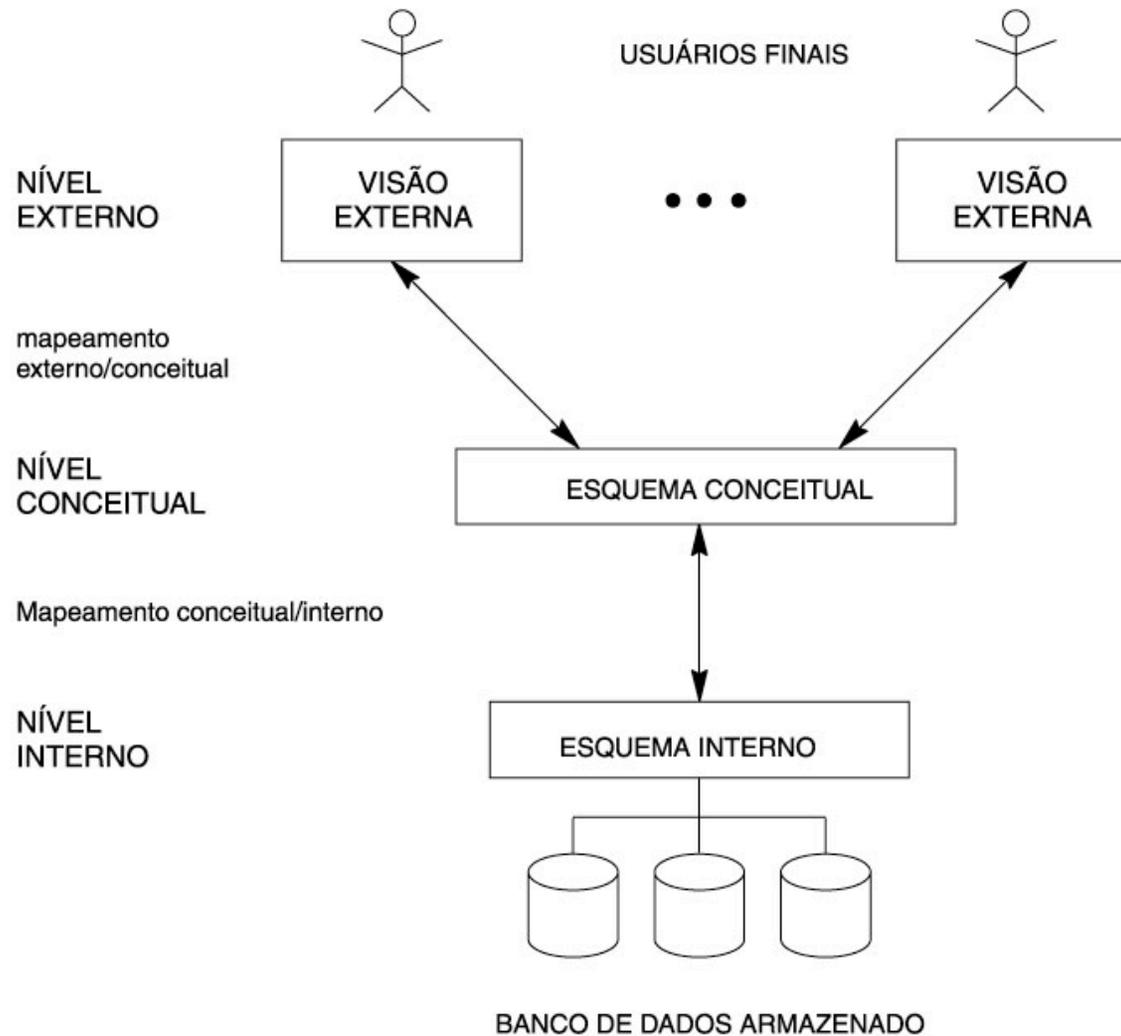
(5) Planos de Execução das Transações

(6) Controle de Concorrência

Sistema de Banco de Dados



Arquitetura do SBD: Três esquemas



BD – Informações sobre uma Empresa

EMPREGADO	PNOME	MINICIAL	UNOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	SEXO	SALARIO	SUPERSSN	DNO
John	B	Smith	123456789	1965-01-09	731 Fondren, Houston, TX	M	30000	333445555	5	
Franklin	T	Wong	333445555	1955-12-08	638 Voss, Houston, TX	M	40000	888665555	5	
Alicia	J	Zelaya	999887777	1968-01-19	3321 Castle, Spring, TX	F	25000	987654321	4	
Jennifer	S	Wallace	987654321	1941-06-20	291 Berry, Bellaire, TX	F	43000	888665555	4	
Ramesh	K	Narayan	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak, Humble, TX	M	38000	333445555	5	
Joyce	A	English	453453453	1972-07-31	5631 Rice, Houston, TX	F	25000	333445555	5	
Ahmad	V	Jabbar	987987987	1969-03-29	980 Dallas, Houston, TX	M	25000	987654321	4	
James	E	Borg	888665555	1937-11-10	450 Stone, Houston, TX	M	55000	<i>null</i>	1	

DEPT	LOCALIZACOES	DNUMERO	DLOCALIZACAO
		1	Houston
		4	Stafford
		5	Bellaire
		5	Sugarland
			Houston

DEPARTAMENTO	DNOME	DNUMERO	GERSSN	GERDATAINICIO
	Pesquisa	5	333445555	1988-05-22
	Administração	4	987654321	1995-01-01
	Sede administrativa	1	888665555	1981-06-19

TRABALHA_EM	ESSN	PNO	HORAS
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	666884444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0
	333445555	10	10.0
	333445555	20	10.0
	999887777	30	30.0
	999887777	10	10.0
	987987987	10	35.0
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0
	987654321	20	15.0
	888665555	20	<i>null</i>

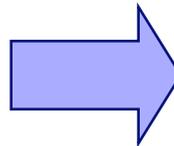
PROJETO	PJNOME	PNUMERO	PLOCALIZACAO	DNUM
	ProdutoX	1	Bellaire	5
	ProdutoY	2	Sugarland	5
	ProdutoZ	3	Houston	5
	Automatização	10	Stafford	4
	Reorganização	20	Houston	1
	Novos Benefícios	30	Stafford	4

DEPENDENTE	ESSN	NOME_DEPENDENTE	SEXO	DATANASC	PARENTESCO
	333445555	Alice	F	1986-04-05	FILHA
	333445555	Theodore	M	1983-10-25	FILHO
	333445555	Joy	F	1958-05-03	CÔNJUGE
	987654321	Abner	M	1942-02-28	CÔNJUGE
	123456789	Michael	M	1988-01-04	FILHO
	123456789	Alice	F	1988-12-30	FILHA
	123456789	Elizabeth	F	1967-05-05	CÔNJUGE

Sistemas monousuários e multiusuários

SGBD Monousuário: somente um usuário de cada vez pode acessar o SBD

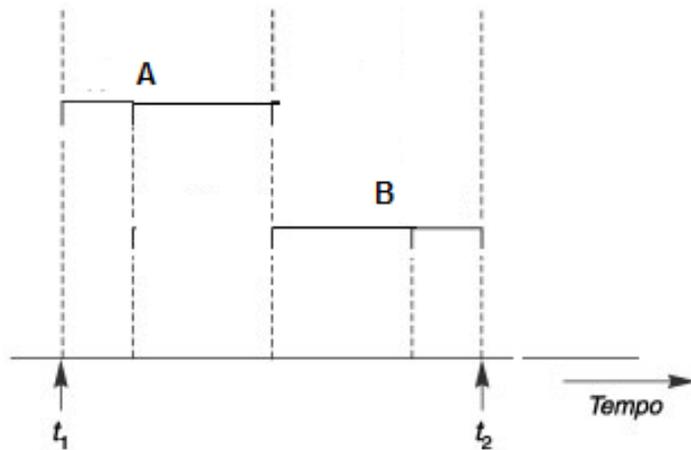
SGBD Multiusuário:
muitos usuários podem
acessar o SBD



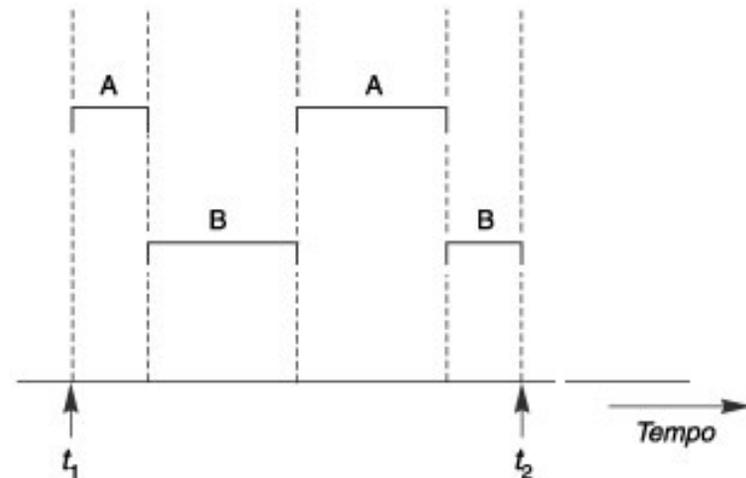
Necessidade do Controle de
Concorrência

SGBD Multiusuário

**Operações no BD:
Seriais**



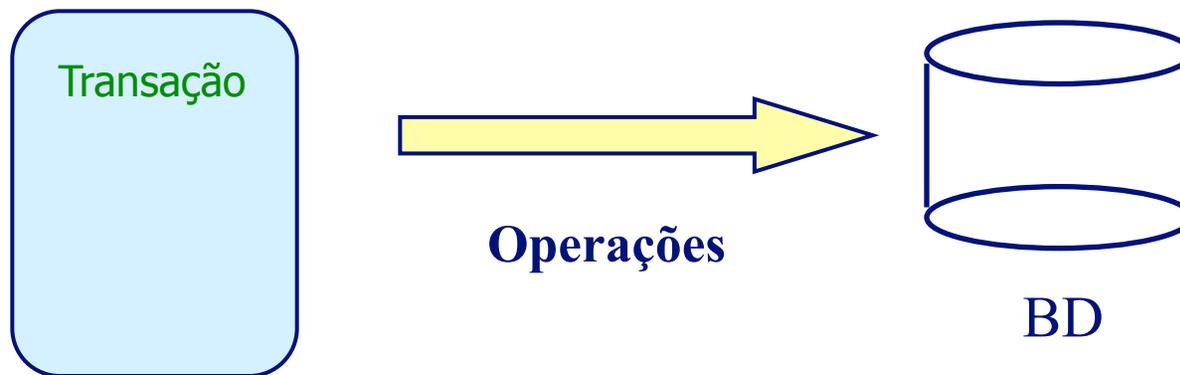
**Operações no BD:
Concorrência Intercalada**



Definição: Transação

Transação: programa em execução que forma uma **unidade lógica** de processamento no BD que deve ser **completo** e **integral**

Transação: inclui **uma ou mais operações de acesso ao BD** – inserção, exclusão, alterações ou consultas



Definição: Granularidade de Itens de Dados

Item de dados:

campo, registro, bloco do disco, arquivo, BD inteiro

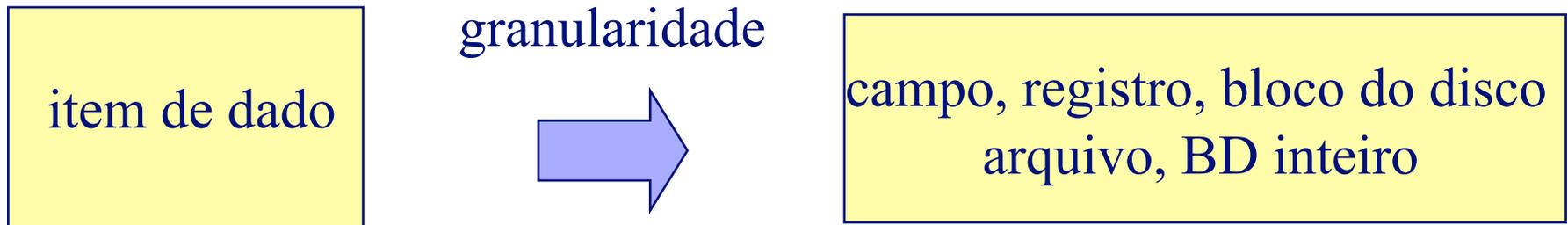
Granularidade = Tamanho dos itens de dados

Granularidade Fina: Itens de dados pequenos

Granularidade Grossa: Itens de dados grandes

Estrutura da Transação

Modelo simplificado: BD = coleção de itens de dados



T1: Transação T1

Início

- A=ler_item(X): lê um item de dado X do BD em uma variável A
- processa(A)
- escrever_item (X,A): escreve o valor da variável A em um item do BD X

Fim

Exemplos de Transações

T1: Transação T₁

```
A=ler_item (X);  
A = A - N;  
escrever_item (X,A);  
B=ler_item (Y);  
B = B + N;  
escrever_item (Y,B);
```

T2: Transação T₂

```
C=ler_item (X);  
C = C + M;  
escrever_item (X,C);
```

Transações de vários
usuários



- (1) executadas
concorrentemente
- (2) podem acessar e atualizar o
mesmo item de dados

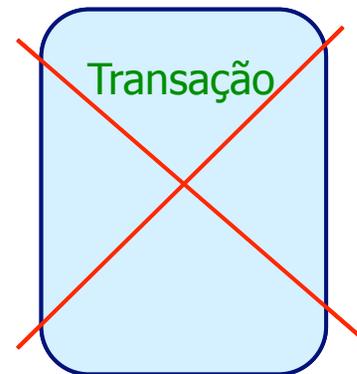
Transações do SGBD

Na execução de uma **transação** o **SGBD** deve garantir:

(1) **Todas as operações** na transação foram completadas com **sucesso** e seu efeito será **gravado permanentemente** no BD



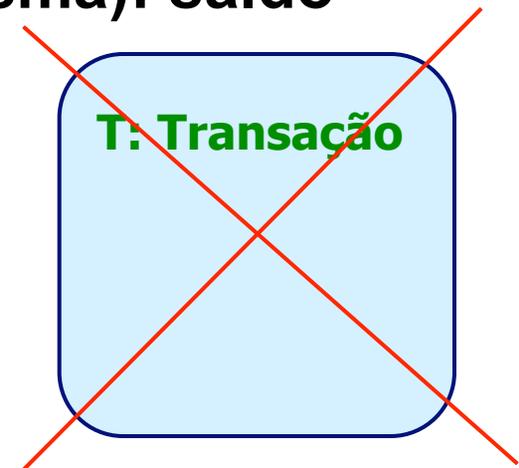
(2) Transação **NÃO** terá nenhum **efeito sobre o BD** ou outras transações (**TRANSAÇÃO FALHAR DURANTE EXECUÇÃO**)



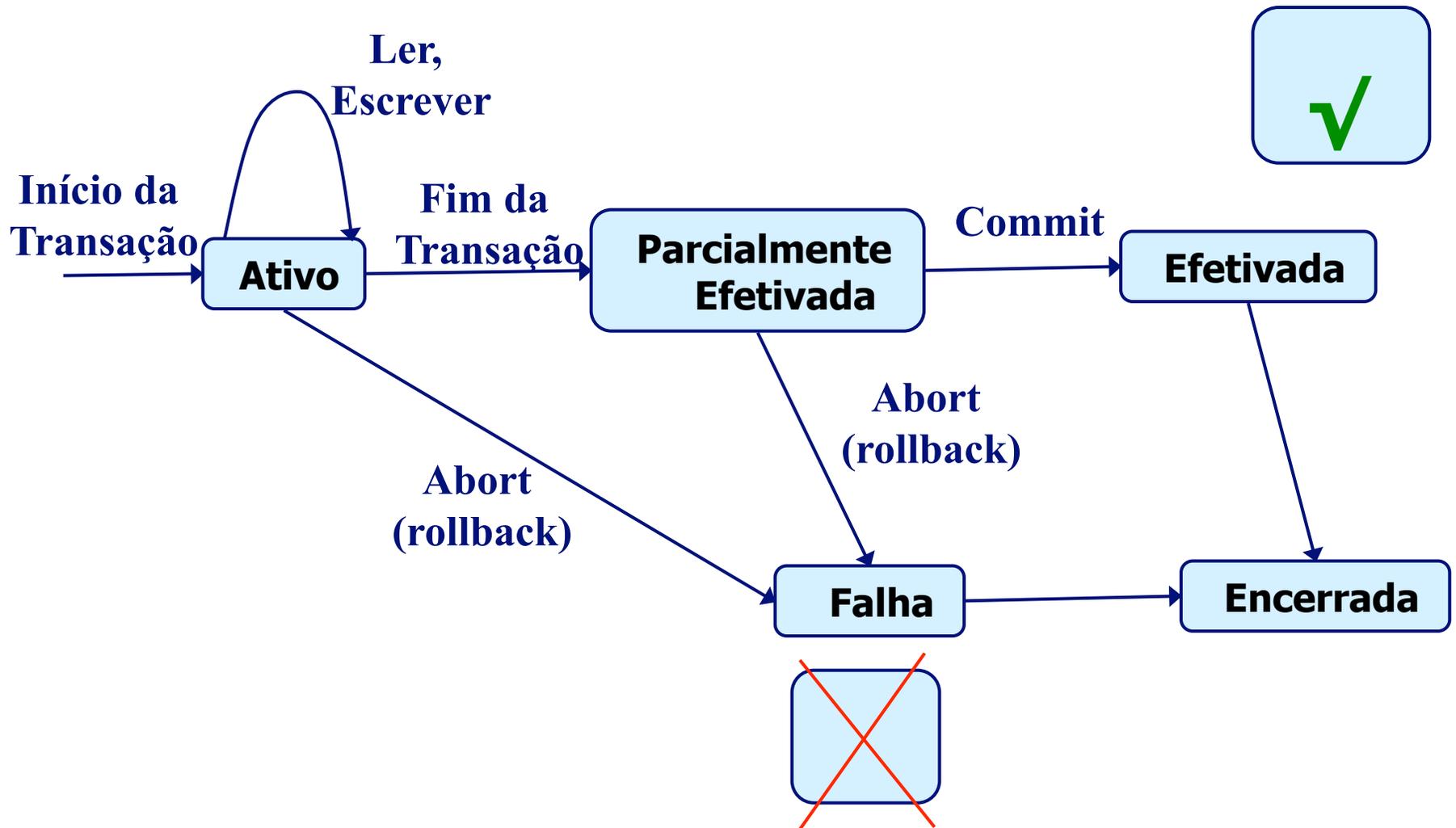
Tipos de Falhas

TIPOS DE FALHAS:

- ◆ Computador falhar por hardware, software ou rede
- ◆ Erro durante execução de operação na transação: estouro de variáveis
- ◆ Condições de exceção detectadas pela transação (necessitam o cancelamento da mesma): saldo insuficiente em conta
- ◆ Falta de energia, ar-condicionado



Estados de Execução de uma Transação



Propriedades da Transação

PROPRIEDADES

ACID

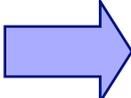


ATOMICIDADE
CONSISTÊNCIA
ISOLAMENTO
DURABILIDADE

Atomicidade

Transação = unidade atômica

(1) Executada em sua totalidade

(2) Não pode executar somente partes  **operações desfeitas**

T: Transação



Consistência

Tarefa do programador

SGBD (restrições de integridade)



Isolamento

- ❑ A execução de uma **transação não pode ser afetada por outras** executando **concorrentemente** (o estado do sistema deve ser equivalente se transações são executadas uma de cada vez)
- ❑ Tudo deve se passar como se todos os recursos estivessem disponíveis

Durabilidade

- ❑ Os efeitos de uma transação confirmada (**commit**) não podem ser desfeitos

Planos de Execução das Transações

PLANOS de Execução: ordenação das operações de transação

T1: Transação T_1

```
A=ler_item (X);  
A = A - N;  
escrever_item (X,A);  
B=ler_item (Y);  
B = B + N;  
escrever_item (Y,B);
```

T2: Transação T_2

```
C=ler_item (X);  
C = C + M;  
escrever_item (X,C);
```

Planos Seriais

PLANOS SERIAS:
todas as operações das transações são executadas consecutivamente

Plano A

Plano B

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N; escrever_item (X,A); B=ler_item (Y); B = B + N; escrever_item (Y,B);	C=ler_item (X); C = C + M; escrever_item (X)

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N; escrever_item (X,A); B=ler_item (Y); B = B + N; escrever_item (Y,B);	C=ler_item (X); C = C + M; escrever_item(X,C);

Planos Seriais – Execução

Plano A

Plano B

T1	T2
A=ler_item (X);	{A=90}
A = A - N;	{A=87}
escrever_item (X,A);	{X=87}
B=ler_item (Y);	{B=90}
B = B + N;	{B=93}
escrever_item (Y,B);	{Y=93}
	{C=87}
	C=ler_item (X);
	{C=89}
	C = C + M;
	{X=89}
	escrever_item (X)

T1	T2
	{C=90}
	C=ler_item (X);
	{C=92}
	C = C + M;
	{X=92}
	escrever_item(X,C);
A=ler_item (X);	{A=92}
A = A - N;	{A=89}
escrever_item (X,A);	{X=89}
B=ler_item (Y);	{B=90}
B = B + N;	{B=93}
escrever_item (Y,B);	{Y=93}

X=90 Y=90 N = 3 M =2
X= 89 Y =93 ✓

Planos Não-Seriais

PLANOS NÃO-SERIAIS:
operações das transações executadas concorrentemente

Plano C

Plano D

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N; escrever_item (X,A); B=ler_item (Y); B = B + N; escrever_item (Y,B);	C=ler_item (X); C = C + M; escrever_item (X,C);

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N; escrever_item (X,A); B=ler_item (Y); B = B + N; escrever_item (Y,B);	C=ler_item (X); C = C + M; escrever_item(X,C);

Serialidade de Planos

SERIALIDADE DE PLANOS:

Identifica quais planos são corretos quando há intercalação das operações das transações na execução dos planos

PLANOS SERIALIZÁVEIS:

Equivalente a algum plano serial com as mesmas transações

Plano C

Plano D

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N;	C=ler_item (X); C = C + M;
escrever_item (X,A); B=ler_item (Y);	escrever_item (X,C);
B = B + N; escrever_item (Y,B);	

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N; escrever_item (X,A);	C=ler_item (X); C = C + M; escrever_item(X,C);
B=ler_item (Y); B = B + N; escrever_item (Y,B);	

Serialidade de Planos - Execução

Plano C

T1	T2
A=ler_item (X);	{A=90}
A = A - N;	{A=87}
{C=90}	C=ler_item (X);
{C=92}	C = C + M;
escrever_item (X,A);	{X=87,oper.perdida}
B=ler_item (Y);	{B=90}
{X=92}	escrever_item (X,C);
B = B + N;	{B=93}
escrever_item (Y,B);	{Y=93}

X=90 Y=90 N = 3 M =2

X= 92 Y =93 X

Plano não-serial C ->
Não é serializável

Plano D

T1	T2
A=ler_item (X);	{A=90}
A = A - N;	{A=87}
escrever_item (X,A);	{X=87}
{C=87}	C=ler_item (X);
{C=89}	C = C + M;
{X=89}	escrever_item(X,C);
B=ler_item (Y);	{B=90}
B = B + N;	{B=93}
escrever_item (Y,B);	{Y=93}

X=90 Y=90 N = 3 M =2

X= 89 Y =93 ✓

Plano não-serial D ->
É serializável

Escalonamento de Planos

Escalonamentos ou planos de Execução

Plano A

T1	T2
A=ler_item (X); A = A - N; escrever_item (X,A); B=ler_item (Y); B = B + N; escrever_item (Y,B);	C=ler_item (X); C = C + M; escrever_item (X)

Plano A: EA=r1[x];w1[x];r1[y];w1[y];c1;r2[x];w2[x];c2;

Escalonamento Equivalentes

Plano A: $EA=r1[x];w1[x];r1[y];w1[y];c1;r2[x];w2[x];c2;$

Plano B: $EB=r2[x];w2[x]c2;r1[x];w1[x];r1[y];w1[y];c1;$

Plano C: $EC=r1[x];r2[x];w1[x];r1[y];w2[x];c2;w1[y];c1;$

Plano D: $ED=r1[x];w1[x];r2[x];w2[x];c2;r1[y];w1[y];c1;$

Plano X: $EX=r1[x];w1[x];r2[x];r1[y];w2[x]c2;w1[y];c1;$

$EA \equiv EB \equiv ED \equiv EX$

Escalonamentos corretos: escalonamentos seriáveis

- ❑ Um **escalonamento** é **seriável** se for **equivalente** a algum **escalonamento serial**.
- ❑ Dado E (**seriável**), podem existir mais de um escalonamentos seriais equivalentes.
- ❑ Escalonamentos **não-seriáveis** devem ser **proibidos** pelo Escalonador.

EA ≡ EB ≡ ED ≡ EX

Seriais: EA ≡ EB

Seriáveis: ED ≡ EX

Não-seriável: EC

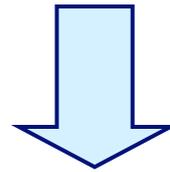
Técnicas para Controle de Concorrência

TCC: Assegurar a **serialização** de planos de execução usando **PROTÓCOLOS (conjunto de regras)**:

- **Técnica de Bloqueio dos Itens de Dados**
(usado na maioria dos SGBDs comerciais)

Técnicas para Bloqueio de Itens de Dados

Técnica de bloqueio dos itens de dados: impedir que múltiplas transações acessem os itens concorrentemente



SE a transação precisar de um **item bloqueado**
ENTÃO forçada a **esperar** até que o item seja **liberado**

Técnica de Bloqueio de Itens de Dados

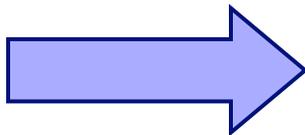
Funcionamento

Bloqueio (lock)
do item de dados



variável associada ao
item de dados

Bloqueio para
CADA item de dados



sincronizar o acesso por
transações concorrentes
aos itens do BD

Bloqueio Binário

LOCK(X) = 2 estados, X – item de dado

Dois Estados: (1) bloqueado (0) desbloqueado

- Se o **valor do bloqueio em X** for **1** o item X não pode ser acessado por uma operação de BD, se for **0** pode ser acessado
- Um **bloqueio distinto** é associado a cada item **X** do BD
- Operações: **lock_item(X)** e **unlock_item(X)**

Bloqueio Binário - Exemplo

Bloqueio Binário para as Transações T_1 e T_2

T1: Transação T_1

```
lock_item(X);  
A=ler_item (X);  
A = A - N;  
escrever_item (X,A);  
unlock_item(X);  
lock_item(Y);  
B=ler_item (Y);  
B = B + N;  
escrever_item (Y,B);  
unlock_item(Y);
```

T2: Transação T_2

```
lock_item(X);  
C=ler_item (X);  
C = C + M;  
escrever_item (X,C);  
unlock_item(X);
```

Bloqueios Compartilhados/Exclusivos

Bloqueios Compartilhados/Exclusivos ou de Leitura/Escrita:

Bloqueio Compartilhado:

Diversas transações podem acessar o mesmo item X se todas foram com o propósito de **Leitura**.

Bloqueio Exclusivo:

Se uma transação for alterar (**Escrever**) um item X

Bloqueios Compartilhados/Exclusivos - Estados

LOCK(X) = 3 estados, X – item de dado

Três estados:

read_locked – bloqueio compartilhado

permite que outras operações leiam o item

write_locked – bloqueio exclusivo, uma

uma única transação controla

exclusivamente o bloqueio no item

unlocked - item desbloqueado

Operações:

read_lock_item(X), write_lock_item(X) e unlock_item(X)

Bloqueio Compartilhado/Exclusivo - Exemplo

Bloqueio Compartilhado/Exclusivo para as Transações T_1 e T_2

T1: Transação T_1
write_lock_item(X);
A=ler_item (X);
A = A - N;
escrever_item (X,A);
unlock_item(X);
write_lock_item(Y);
B=ler_item (Y);
B = B + N;
escrever_item (Y,B);
unlock_item(Y);

T2: Transação T_2
write_lock_item(X);
C=ler_item (X);
C = C + M;
escrever_item (X,C);
unlock_item(X);

Bloqueio Compartilhado/Exclusivo x Binário

Transação T_3

```
T3: Transação  $T_3$   
A=ler_item (X);  
B=ler_item (Y);  
imprimir(A + B);
```

Bloqueio Binário

```
T3: Transação  $T_3$   
lock_item(X);  
A=ler_item (X);  
unlock_item(X);  
lock_item(Y);  
B=ler_item (Y);  
unlock_item(Y);  
imprimir(A + B);
```

Bloqueio Compartilhado/Exclusivo

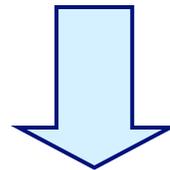
```
T3: Transação  $T_3$   
read_lock_item(X);  
A=ler_item (X);  
unlock_item(X);  
read_lock_item(Y);  
B=ler_item (Y);  
unlock_item(Y);  
imprimir(A + B);
```

O Bloqueio Compartilhado/Exclusivo é menos restritivo que o Bloqueio Binário.

Granularidade de Itens de Dados

Técnicas de CC assume o BD = conjunto de itens de dados:

- **Campo**
- **Registro**
- **Bloco do Disco**
- **Arquivo**
- **BD inteiro**

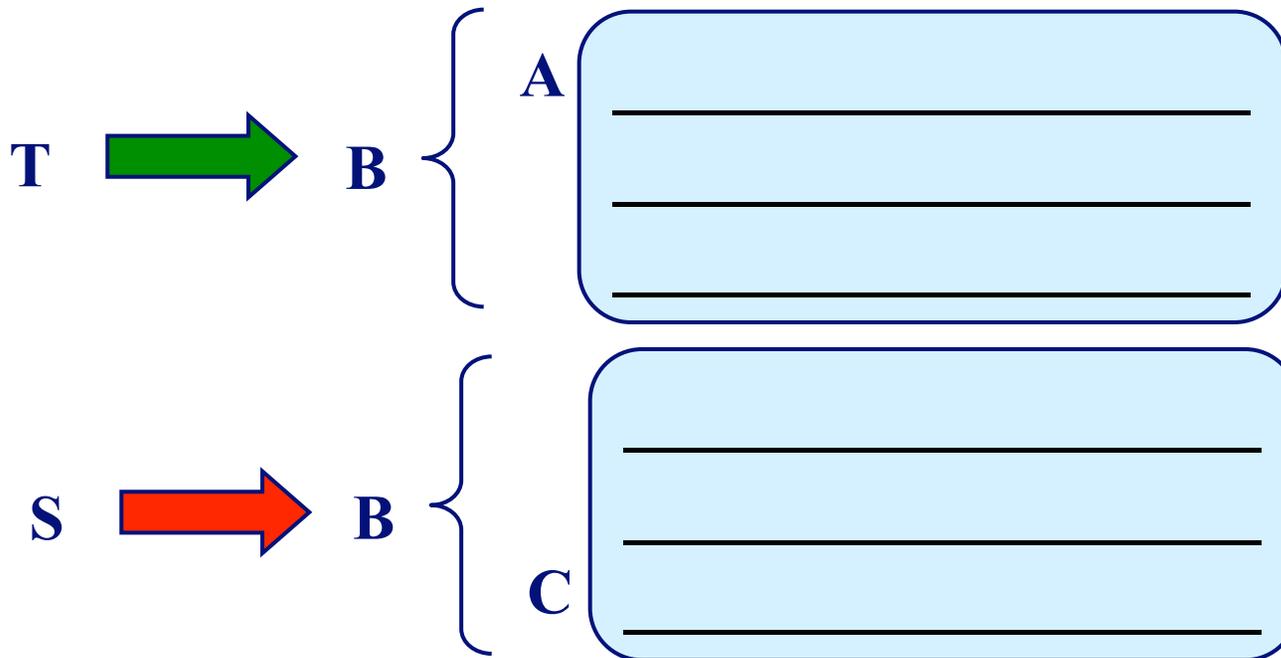


A escolha da Granularidade (grossa ou fina) pode afetar a execução do controle de concorrência

Granularidade - Exemplo

Tamanho do item de dados = bloco do disco

- (a) Se uma transação T precisa bloquear um registro A deve bloquear todo o bloco B que contém A**
- (b) Outra transação S quer bloquear um registro C armazenado no bloco B é forçada a esperar**

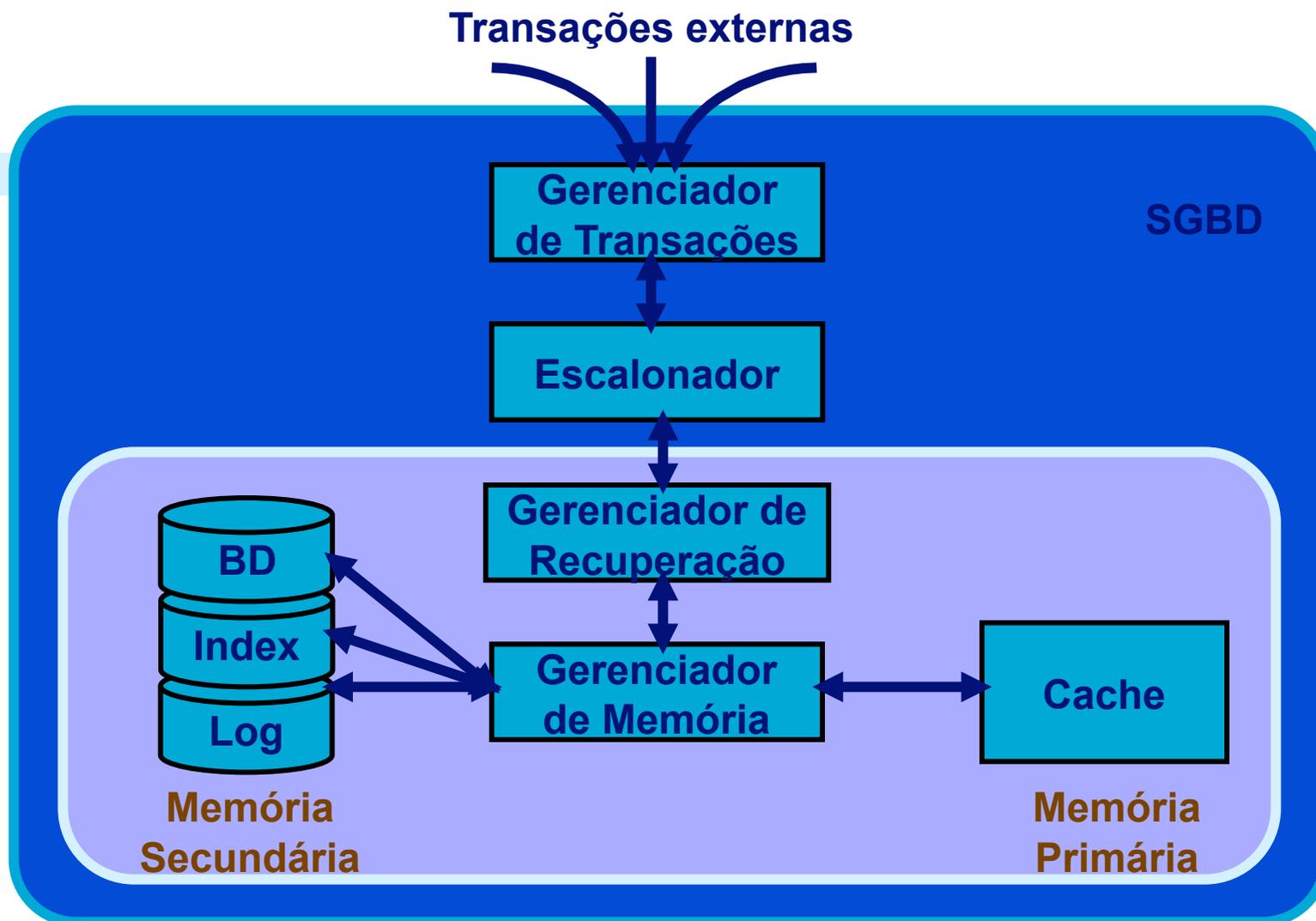


Granularidade de Itens de Dados

Quanto maior o tamanho do item de dados **mais baixo** é o grau de concorrência permitido



Gerenciador de Memória e Recuperação



SUMÁRIO

SGBD multiusuário (centralizado ou distribuído) necessita do CC

Transação: programa composto por operações no BD

Propriedades das Transações: ACID

Planos de Execução: Seriais, Não-Seriais, Seriáveis

Plano Seriável: equivalente a alguma **plano serial** com as mesmas transações

Técnicas para CC: bloqueio dos itens de dados

CC: fundamental para permitir o uso mais **eficiente** dos recursos computacionais

BIBLIOGRAFIA

- **Elmasri, R.; Navathe, S. B. Sistemas de Banco de Dados, 4ed. Pearson Addison Wesley, 2005 .724 p.**
- **Silberschatz, A.; Korth, H. F., Sudarshan, S. Sistema de Bancos de Dados. 3a. Edição, Makron Books, 1998. 778p.**
- **Ferreira, J.E.; Finger, M., Controle de concorrência e distribuição de dados: a teoria clássica, suas limitações e extensões modernas, Coleção de textos especialmente preparada para a Escola de Computação, 12a, São Paulo, 2000. Cópia em: <http://www.ime.usp.br/~jef/ec2000.ps>**
- **Date, C. J. Introdução a Sistemas de Banco de Dados. Ed. Campus, 1990.**