

# 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 Monousuários e Multiusuários**

**(3) Definição e Estrutura da Transação**

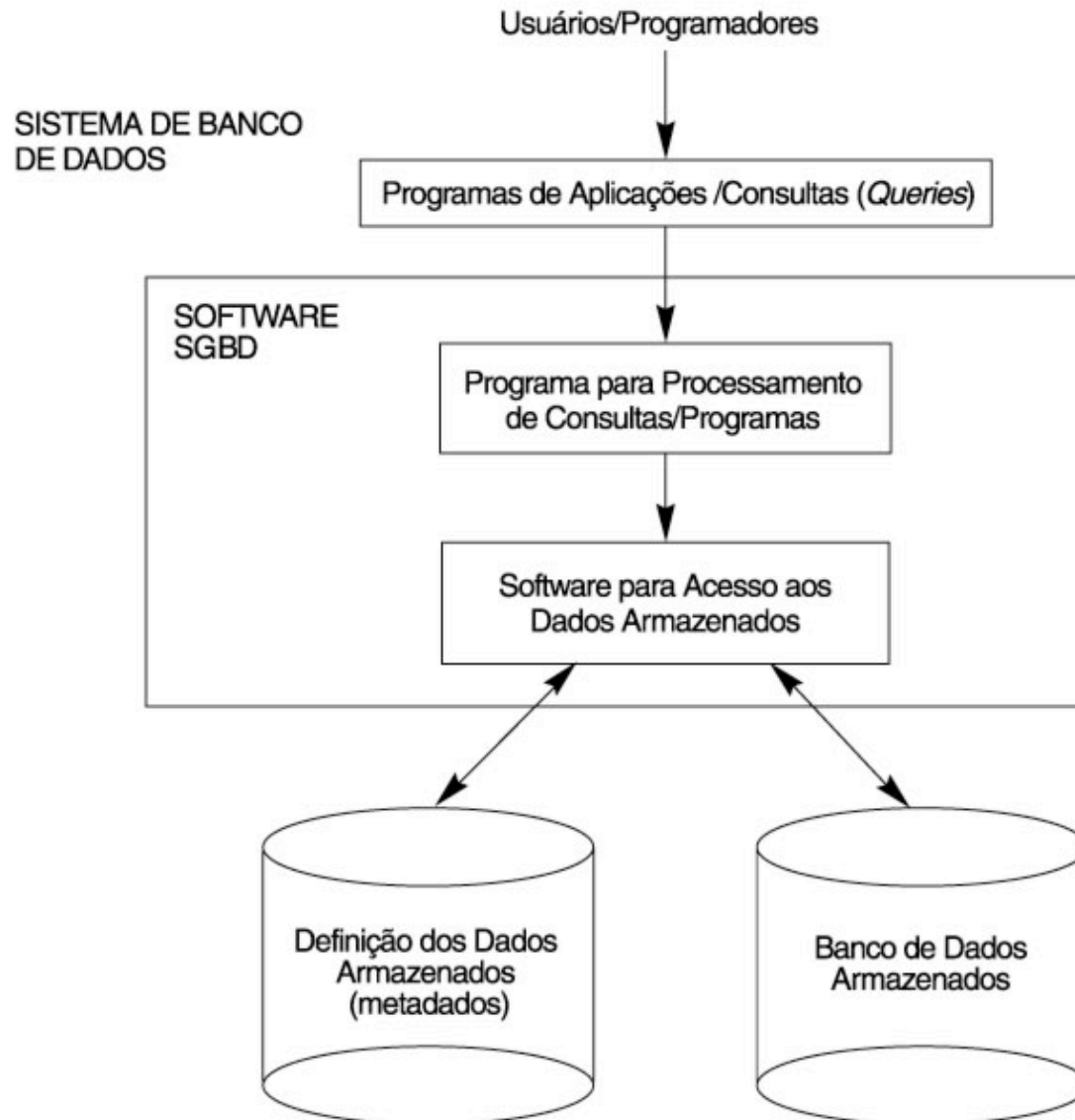
**(4) Propriedades da Transação**

**(5) Planos de Execução das Transações**

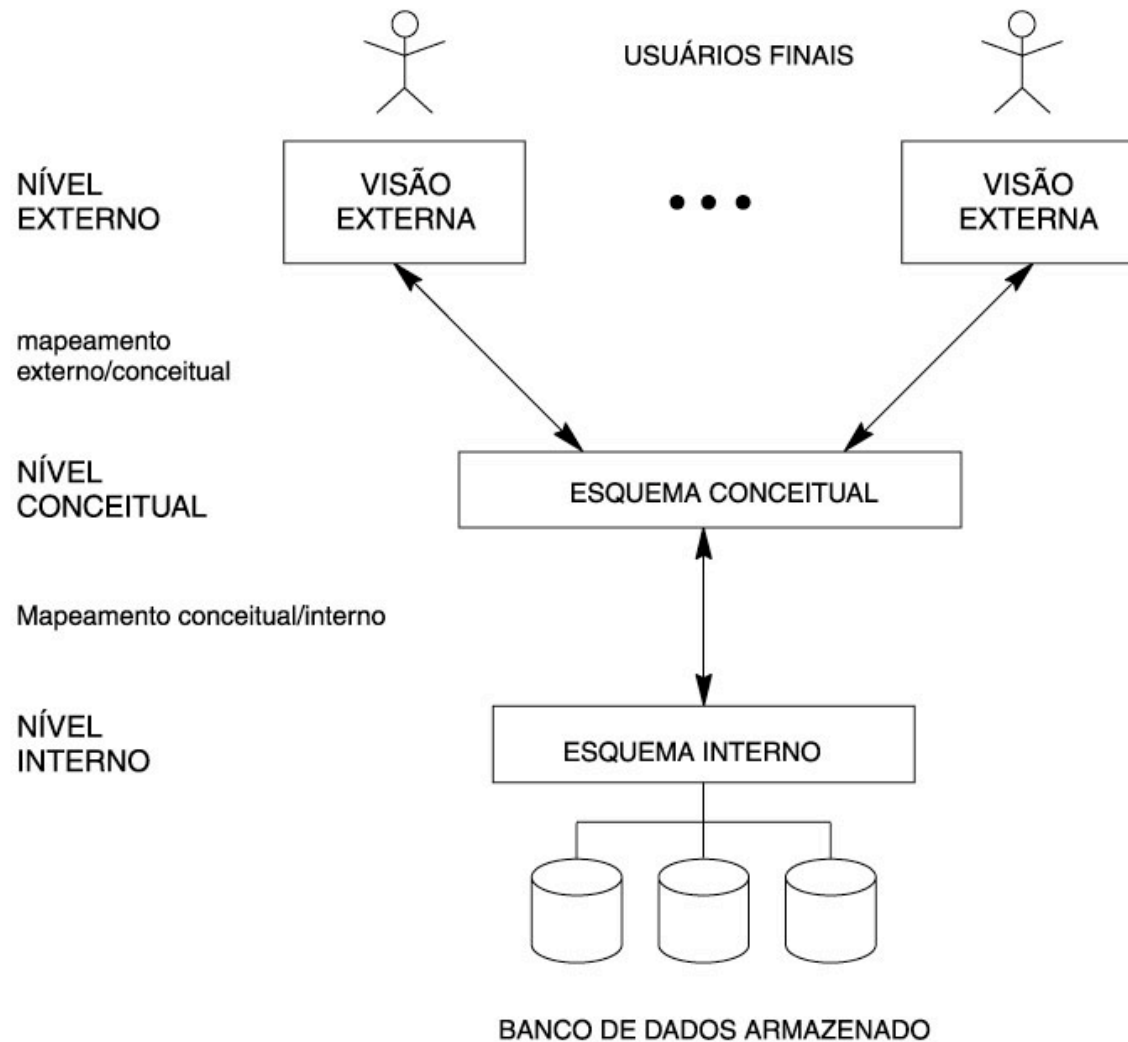
**(6) Controle de Concorrência**

# 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

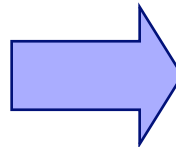
DEPENDENTE	ESSN	NOME_DEPENDENTE	SEXO	DATANASC	PARENTESCO
	333445555	Alice	F	1986-04-05	FILHA
	333445555	Theodore	M	1983-10-25	FILHO
	333445555	Joy	F	1958-05-03	CÔNJUGE
	987654321	Abner	M	1942-02-28	CÔNJUGE
	123456789	Michael	M	1988-01-04	FILHO
	123456789	Alice	F	1988-12-30	FILHA
	123456789	Elizabeth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

# Sistemas monousuários e multiusuários

---

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

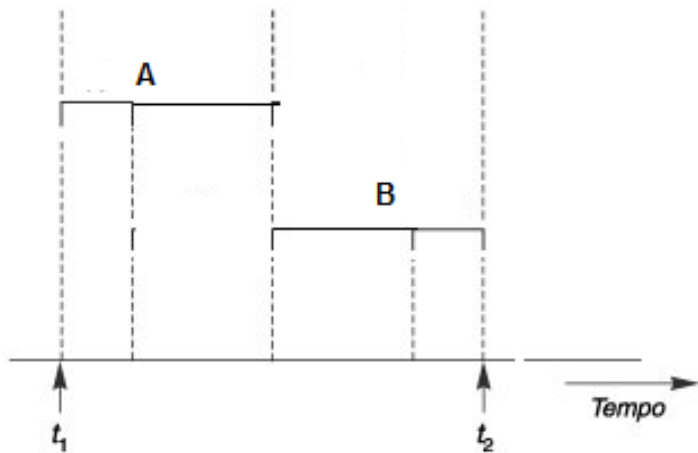
**SGBD Multiusuário:**  
muitos usuários podem  
acessar o SBD



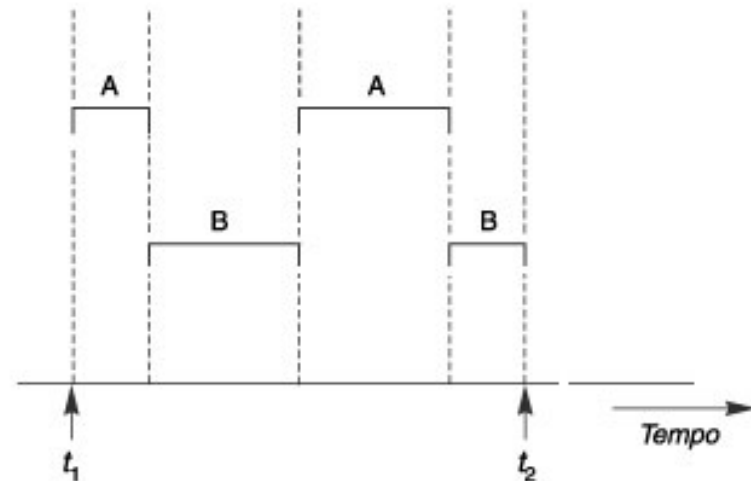
Necessidade do Controle de  
Concorrência

# SGBD Multiusuário

**Operações no BD:  
Seriais**



**Operações no BD:  
Concorrência Intercalada**

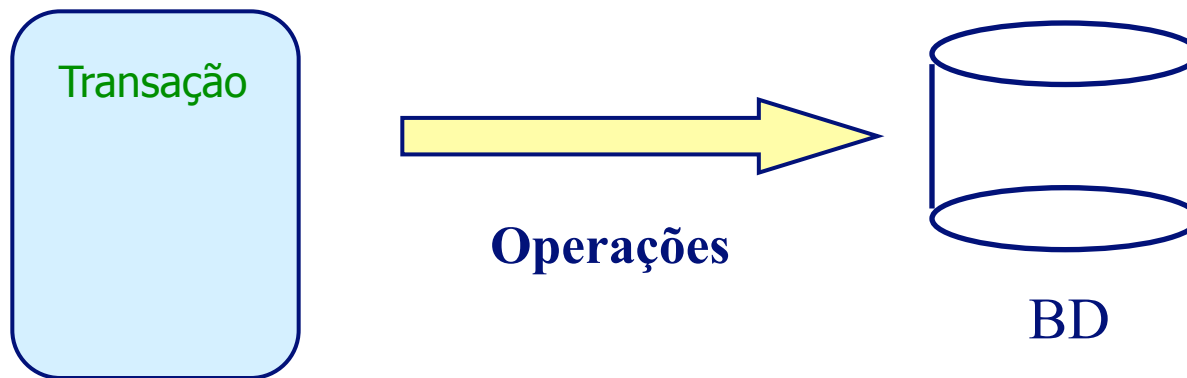


# Definição: Transação

---

**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**

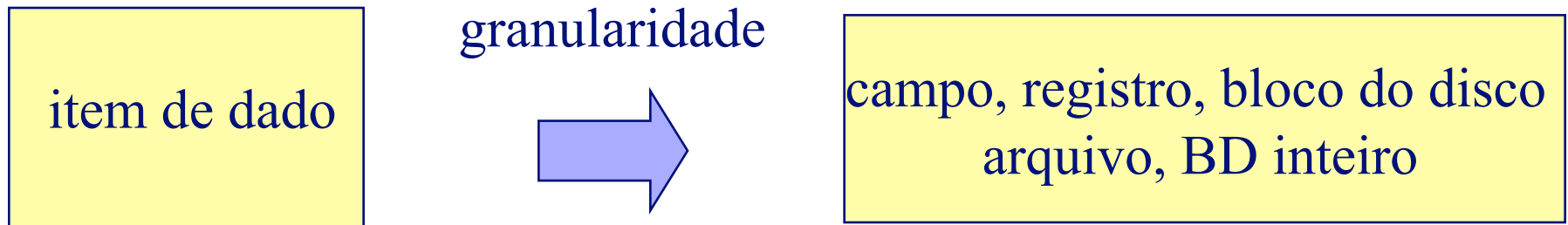
**Granularidade Fina: Itens de dados pequenos**

**Granularidade Grossa: Itens de dados grandes**

# Estrutura da Transação

---

**Modelo simplificado: BD = coleção de itens de dados**



## **T1: Transação T1**

### Início

- $A = \text{ler\_item}(X)$ : lê um item de dado  $X$  do BD em uma variável  $A$
- $\text{processa}(A)$
- $\text{escrever\_item}(X, A)$ : escreve o valor da variável  $A$  em um item do BD  $X$

### Fim

# Exemplos de Transações

---

## **T1: Transação T<sub>1</sub>**

```
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<sub>2</sub>**

```
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

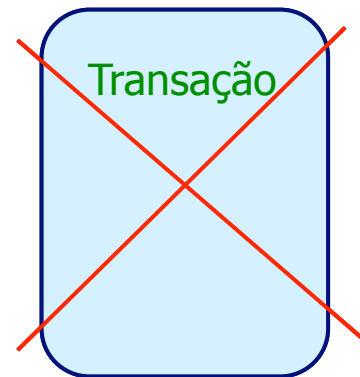
---

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



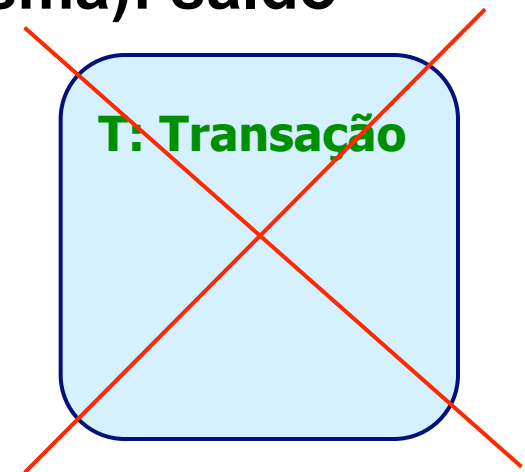
(2) Transação **NÃO** terá nenhum **efeito sobre o BD** ou outras transações (**TRANSAÇÃO FALHAR DURANTE EXECUÇÃO**)



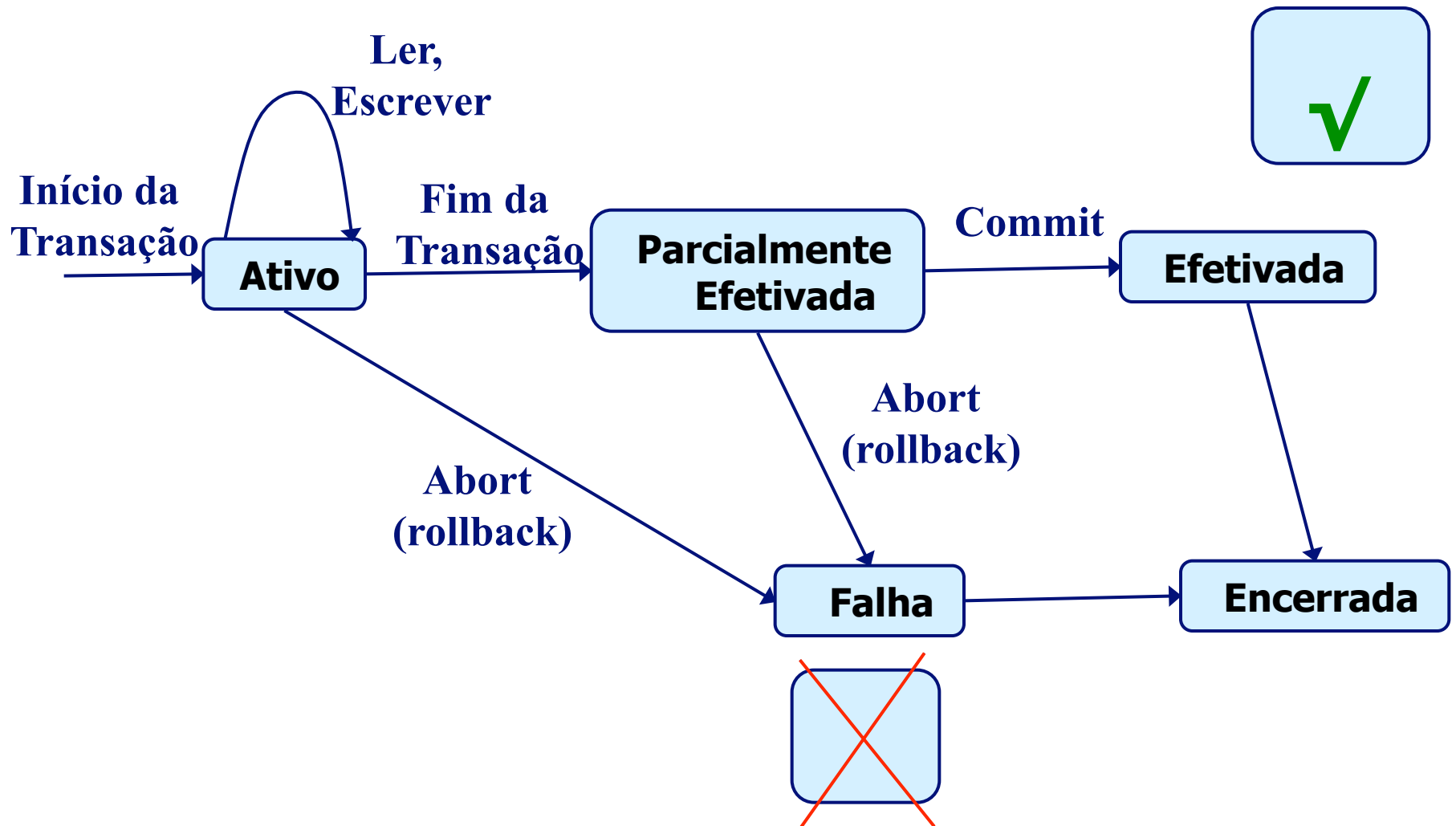
# Tipos de Falhas

## 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**



**A**TOMICIDADE  
**C**ONSISTÊNCIA  
**I**SOLAMENTO  
**D**URABILIDADE

# Atomicidade

---

**Transação = unidade atômica**

**(1) Executada em sua totalidade**

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

**T: Transação**



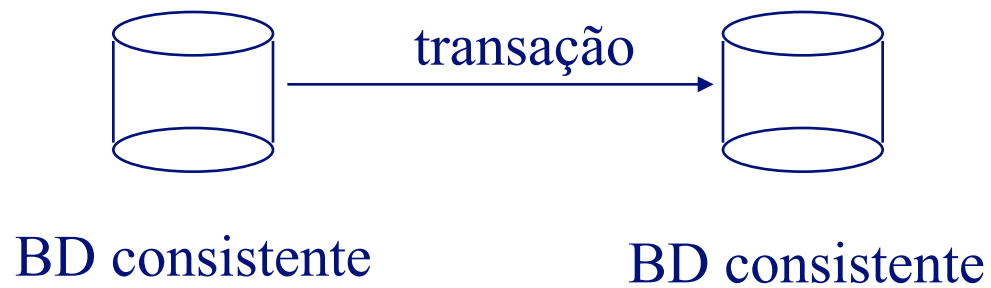


# Consistência

---

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

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 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,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

---

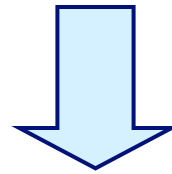
**TCC:** Assegurar a **serialização** de planos de execução usando **PROTÓCOLOS (conjunto de regras)**:

- **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**



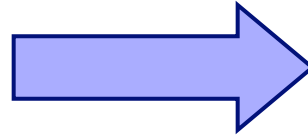
**SE** a transação precisar de um **item bloqueado**  
**ENTÃO** forçada a **esperar** até que o item seja **liberado**

# Técnica de Bloqueio de Itens de Dados

## Funcionamento

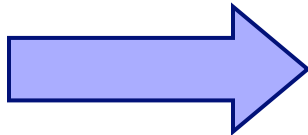
---

**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);
```

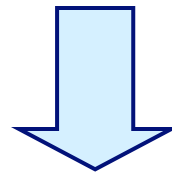
O Bloqueio Compartilhado/Exclusivo é menos restritivo que o Bloqueio Binário.

# Granularidade de Itens de Dados

---

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

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

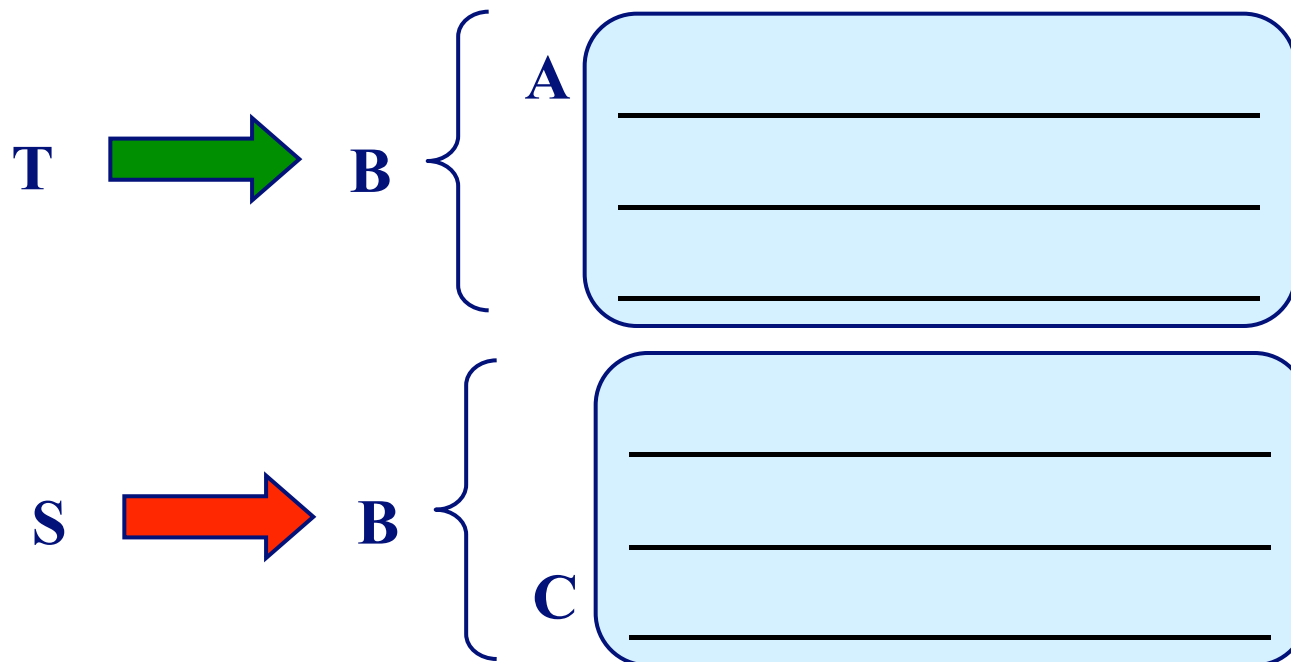


**A escolha da Granularidade (grossa ou fina) pode afetar a execução do controle de concorrência**

## 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

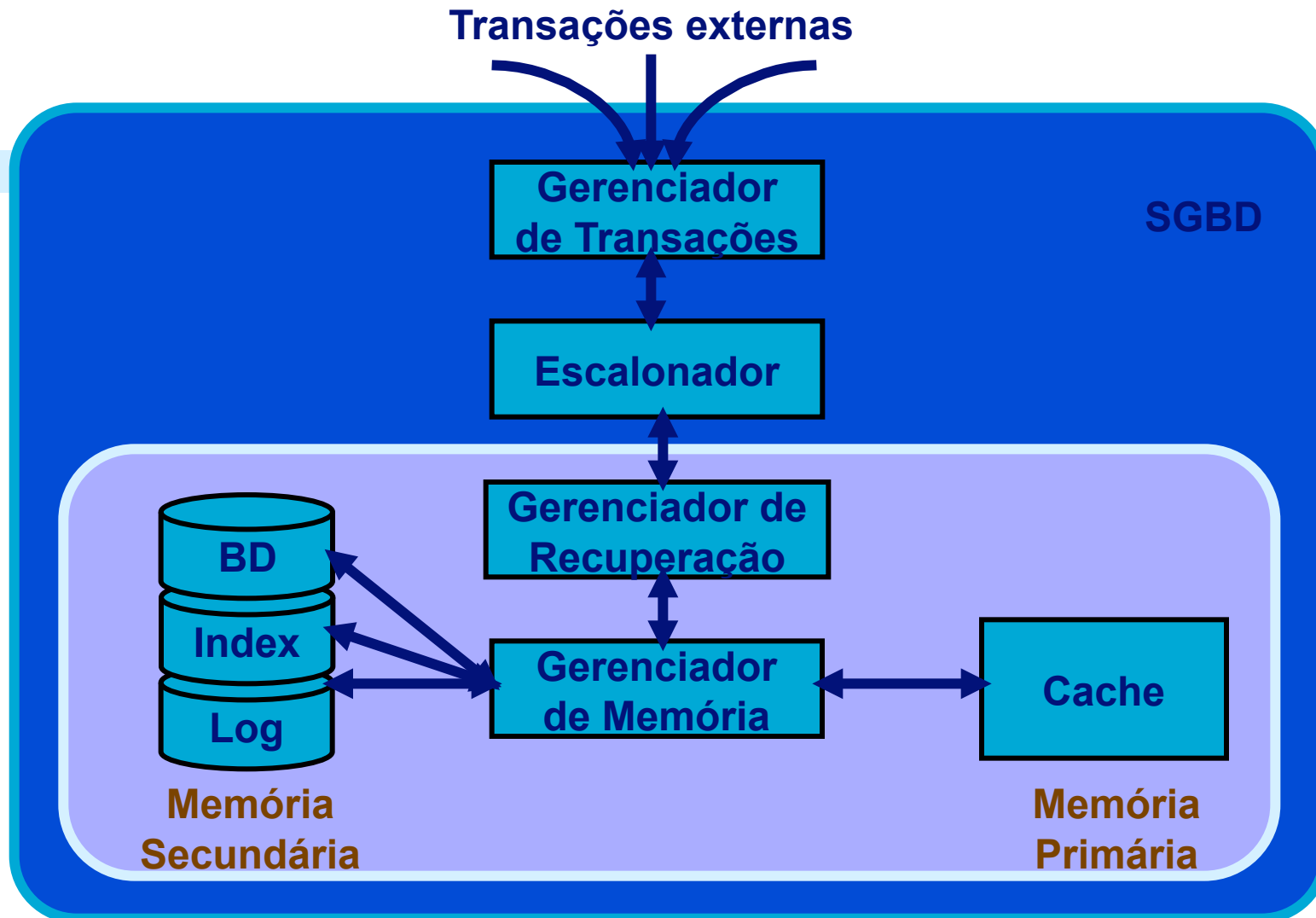
---

**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.**