Banco de Dados II

Gerenciador de Transações

Cap. 15 (Silberschatz)

Cap. 16 (Ramakrishnan)

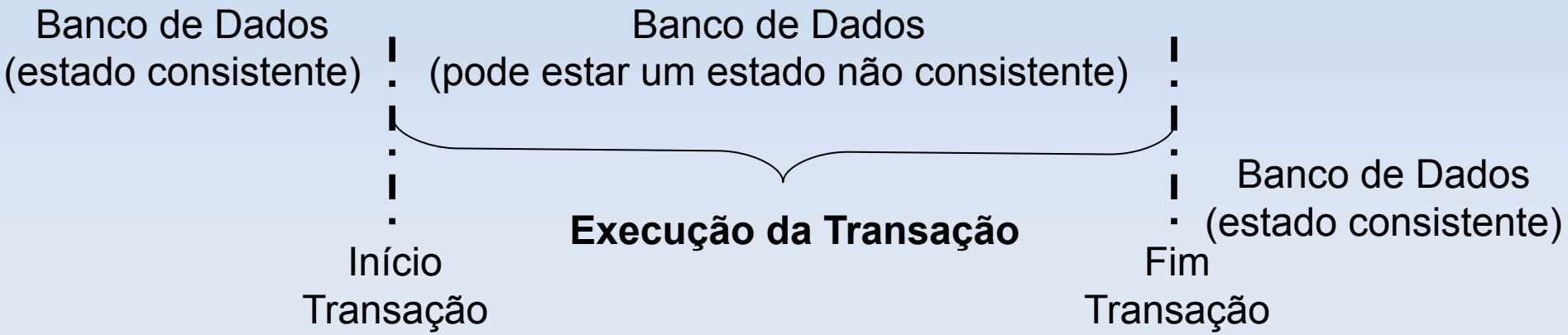
Denio Duarte

Introdução

- **Transação**
  - Sequência de operações (sendo atualização a operação principal) que desempenha uma função específica dentro de uma aplicação.
  - Uma transação bancária de transferência de valores entre contas é uma operação única para o usuário porém e composta de várias operações.
  - É uma unidade de execução de programa que acessa, e possivelmente atualiza, vários itens de dados em um banco de dados.

Introdução

- **Transação**
  - Um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) deve garantir a execução apropriada das transações em caso de falhas e execução simultânea.
  - Para evitar problemas, um SGBD deve garantir a execução correta de uma transação.



Introdução

- **Transação**
  - Atualiza o saldo de uma conta

```
UPDATE Contas
SET Saldo = Saldo - 50
WHERE NoConta = 094567;
```

  - Transação com mais operações: transfere 50 reais da conta 094567 para conta 462364

```
UPDATE Contas
SET Saldo = Saldo - 50
WHERE NoConta = 094567;

UPDATE Contas
SET Saldo = Saldo + 50
WHERE NoConta = 462364;
```

Introdução

```
UPDATE Contas
SET Saldo = Saldo - 50
WHERE NoConta = 094567;

UPDATE Contas
SET Saldo = Saldo + 50
WHERE NoConta = 462364;
```

- Perceba que se uma das transações falhar o banco de dados fica inconsistente
  - Ou um cliente fica com 50 reais a menos ou outro fica com 50 reais a mais.

Introdução

- **Transação**
  - Fim normal = commit / Fim anormal = abort (rollback)

```
Begin Transaction
    Input (ccor,ccde,val);
    SELECT saldo, lim into s,l FROM cc WHERE ccnb=ccor;
    If (s+l < val) rollback;
    // atualiza cc origem
    UPDATE cc
    SET saldo = saldo - val
    WHERE ccnb=ccor;
    // atualiza cc destino
    UPDATE cc
    SET saldo = saldo + val
    WHERE ccnb=ccde;
End Transaction
```

Introdução

- **Simplificando as operações**

```
Read(A)
A=A-50
Write(A)
Read(B)
B=B+50
Write(B)
```

- Onde *A* e *B* representam os saldos das duas contas contas correntes conhecidas
- Note: a transação tem sua própria **região de memória** (os dados são **locais** à ela)

Introdução

- Dadas duas contas A e B, ambas com 100 reais de saldo

- Transação T_1

```
Read(A)
A=A-50
Write(A)
Read(B)
B=B+50
Write(B)
```

  - Mesma anterior

- Transação T_2

```
Read(A)
A=A+300
Write(A)
```

  - Deposita 300 reais na conta A

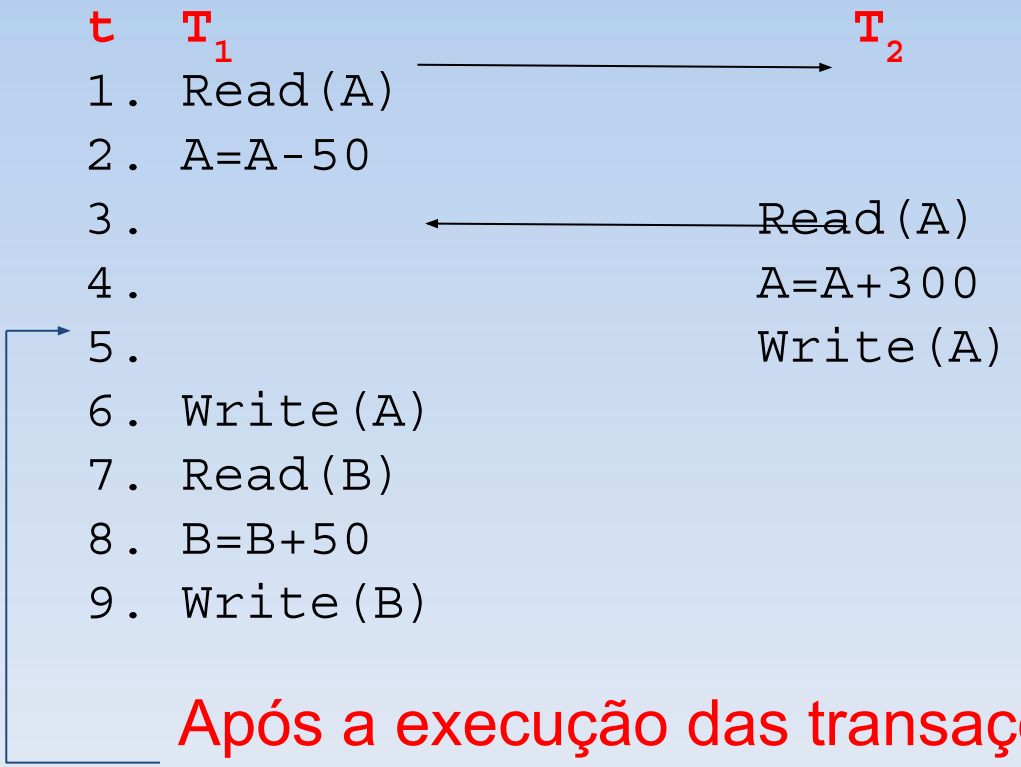
Após execução de T_1 e T_2 o saldo de A é 350 e B é 150.

Problemas

- O SGBD não **deve** executar as transações sequencialmente
  - Subutilização do processador
  - Demora na resposta das atualizações do usuário
- Executar transações em paralelo pode causar problemas

Problemas

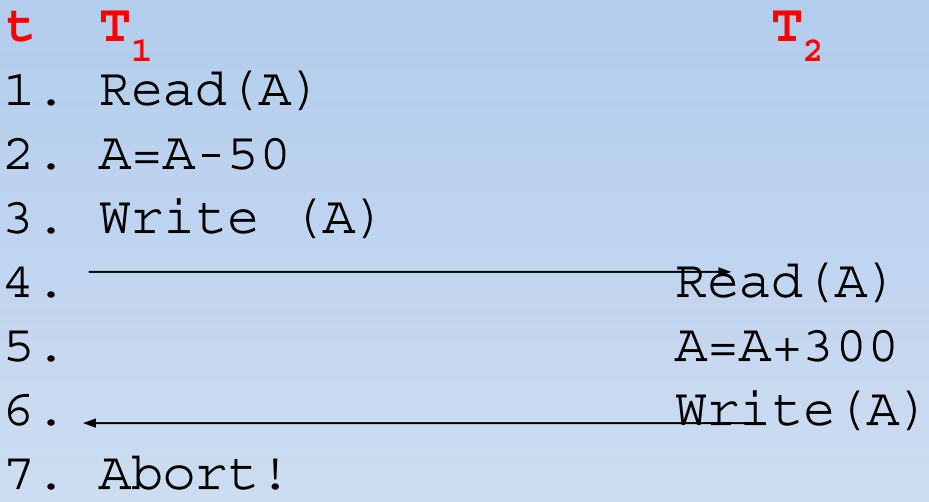
- Atualização perdida (lost update) – conflito WW



Após a execução das transações T_1 e T_2, A=50 e B=150
O **write(A)** no **t=5** de T_2 foi "perdido".

Problemas

- Leitura suja (dirty read) – conflito WR



A transação T_2 no tempo (**t=4**) leu o valor 50 de A porém T_1 abortou (t=7), assim T_2 está com um valor ”sujo” da conta A.

Problemas

- Sumarização incorreta* (aplicação reserva de assentos em um vôo) – phantom tuples

t	T_1	T_3
1.		Soma=0
2.		Read(P)
3.		Soma+=P
4.	Read(X)	
5.	X=X-N	
6.	Write(X)	
7.		Read(X)
8.		Soma+=X
9.		Read(Y)
10.		Soma+=Y
11.	Read(Y)	
12.	Y=Y+N	
13.	Write(Y)	

* conhecido como registro fantasma

Problemas

- Sumarização incorreta (aplicação reserva de assentos em um vôo)

t	T_1	T_3
1.		Soma=0
2.		Read(P)
3.		Soma+=P
4.	Read(X)	
5.	X=X-N	
6.	Write(X)	
7.		Read(X)
8.		Soma+=X
9.		Read(Y)
10.		Soma+=Y
11.	Read(Y)	
12.	Y=Y+N	
13.	Write(Y)	

A transação T_3 está calculando o número total de reservas em todos os voos da cia aérea. Durante a execução de T_3, T_1 é disparada (**t=4**). Se acontecer a intercalação de operações como mostrado ao lado, o resultado de T_3 não contabilizará **N**, pois T_3 leu o valor de **X** (**t=7**) depois que os **N** assentos foram subtraídos, mas lerá o valor **Y** (**t=9**) antes que esses **N** assentos tenham sido adicionados a **Y** (**t=12**).

Problemas

Leitura não repetida (non-repeatable read) – conflito RW

(suponha A=10)

t	T_1	T_2
1.	Read(A)	
2.		Read(A)
3.		A=A+10
4.		Write(A)
5.	:	
6.	:	
7.	Read(A)	
8.	:	
9.	:	

T_1 lê o valor de **A=10** (**t=1**) quando tenta ler **A** de novo (**t=7**) obterá **20** pois **A** foi alterado por T_2 (**t=2**, **t=3** e **t=4**)

Propriedades

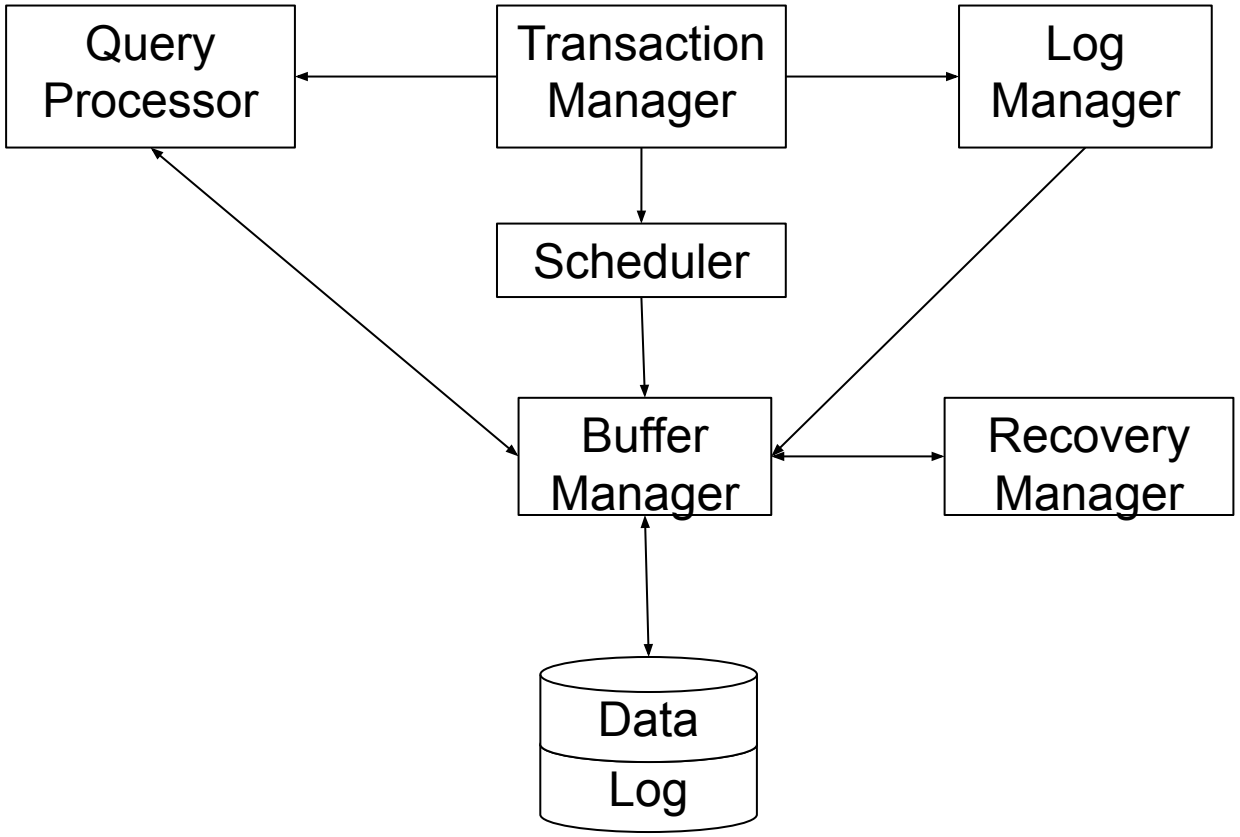
- Tais problemas não ocorrerão se as transações respeitarem a propriedade ACID:
  - **Atomicidade**: a transação não pode ser dividida, ou é executada por completo (operações refletidas no BD) ou não é executada.
  - **Consistência**: a transação ao finalizar deve manter a consistência dos dados do banco, ou seja, o estado corrente do banco de dados deve respeitar o conjunto de restrições de integridade definido.

Propriedades

- As transações para resolver tais problemas devem respeitar a propriedade ACID:
  - **Isolamento**: a execução da transação deve ocorrer sem interferência, como se a mesma estivesse executando sozinha no processador.
  - **Durabilidade**: as alterações nos dados feitas por uma transação terminada com sucesso deve ser persistido no banco de dados ”para sempre”.

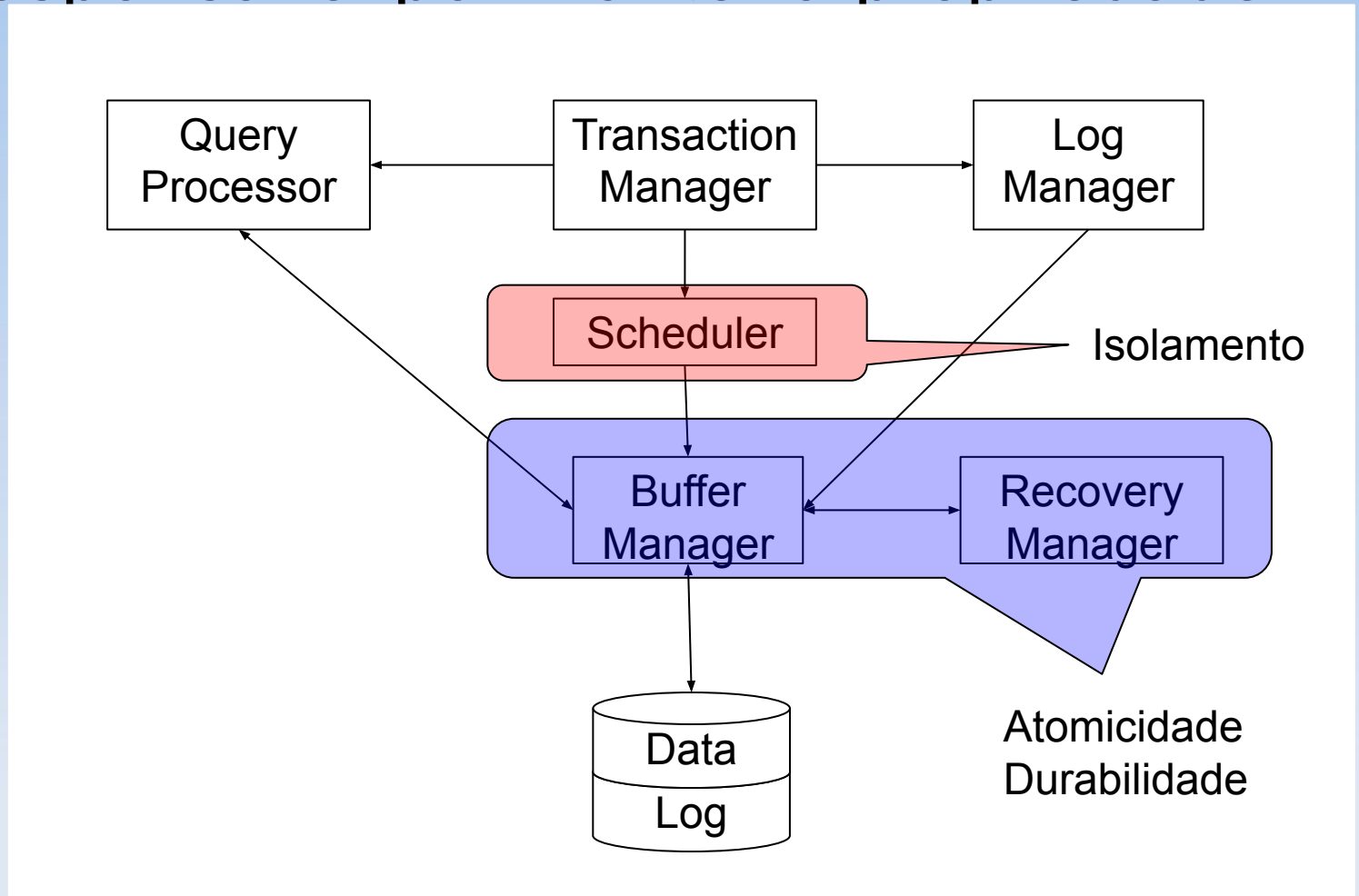
Gerenciador de Transações

- Responsável por manter a propriedade ACID



Gerenciador de Transações

- Responsável por manter a propriedade ACID



Gerenciador de Transações

- Garantia de ACID pelo GT:

```
t   T1
1.  Read(A)
2.  A=A-50
3.  Write(A)
4.  Read(B)
5.  B=B+50
6.  Write(B)
```

  - Atomicidade: Se a transação falhar após o tempo 3 e antes do tempo 6, o GT deve garantir que as atualizações feitas não seja refletidas no banco. Essa característica é garantida pelo gerenciador de transação.

Gerenciador de Transações

- Garantia de ACID pelo GT:

```
t   T1
1.  Read(A)
2.  A=A-50
3.  Write(A)
4.  Read(B)
5.  B=B+50
6.  Write(B)
```

  - **Consistência**: após a transação finalizar, o item B deve ter 50 a mais e o item A, 50 a menos, conforme definido em T_1, além de a soma de A+B após o término de T_1 ser igual à antes do início de T_1.

    Na maioria das vezes a consistência é garantida pelo programador da aplicação, pois se ele fizer **A-30** e **B+40**, a consistência desses dois itens não pode ser garantida.

Gerenciador de Transações

- Garantia de ACID pelo GT:

```
t  T1
1. Read(A)
2. A=A-50
3. Write(A)
4. Read(B)
5. B=B+50
6. Write(B)
```

  - **Isolamento**: Se entre os tempos **3** e **6**, uma outra transação T_2 receber permissão de acessar o banco de dados parcialmente atualizado, ele verá um banco de dados inconsistente (a soma **A + B** será menor do que deveria ser). O isolamento poderia ser assegurado executando as transações serialmente. Porém essa características subutilizaria o poder de processamento da máquina hospedeira. Assim, executar múltiplas transações simultaneamente oferece vantagens significativas (a forma de orquestrar essa execução será vista mais tarde). Garantida pelo gerenciador de transação e de bloqueios.

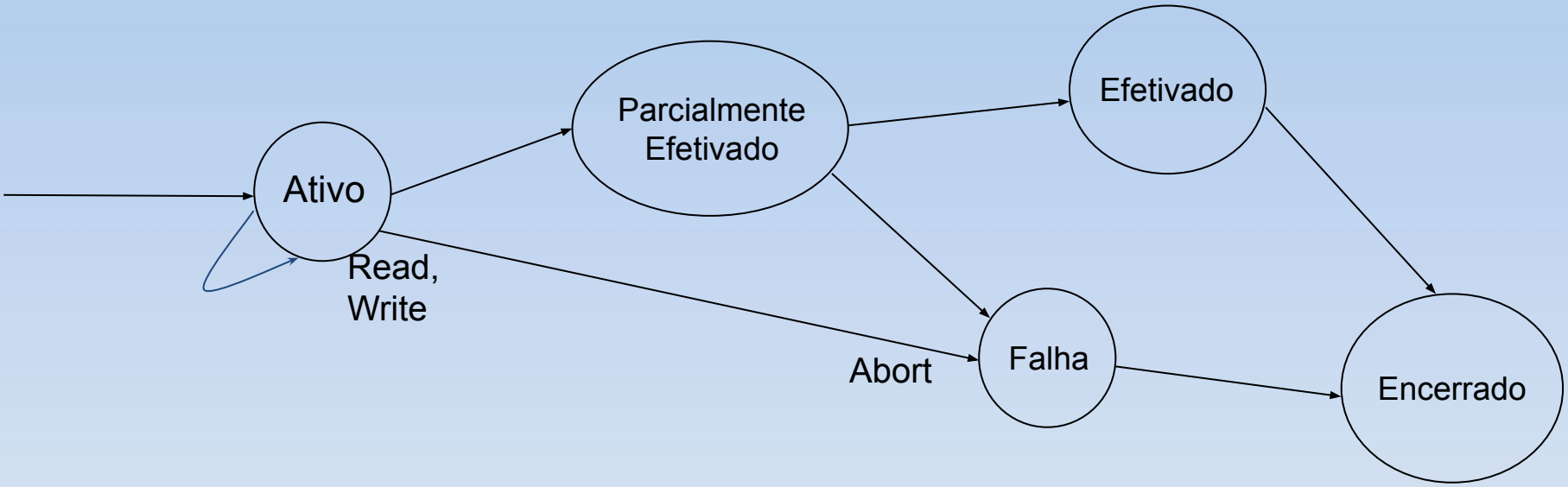
Estados

- Comandos transacionais e estados:
  - **BeginTransaction**: marca o início da transação
    - Transação passa para o estado **Ativo**
  - **EndTransaction**: especifica que todas as operações da transação terminaram.
    - Marca o fim da transação.
    - Verifica se as operações devem ser persistidas (caso Commit) ou abortadas (caso Rollback). Passa o estado **Parcialmente Efetivado**

Estados

- Comandos transacionais e estados:
  - **Commit**: indica o término com sucesso da transação (alterações devem ser efetivadas)
    - Passa para o estado **Efetivado**
  - **Rollback**: indica o término sem sucesso da transação (alterações devem ser ignoradas)
    - Passa para o estado **Falha**
  - **Encerrado**: transação deixa de existir

Estados


Ativo
Read,
Write
Parcialmente
Efetivado
Efetivado
Abort
Falha
Encerrado

Transações Concorrentes

- Uma transação possui diversos passos (conjuntos de Reads, Writes e processamentos)
- Instruções de entrada/saída (E/S) e de processador podem operar em paralelo
  - Uma transação faz I/O, outra é processada pela CPU etc.
  - Processador e disco ficam menos tempo inativos: mais transações por tempo
  - Reduz o tempo médio de resposta: várias transações podem ser executadas concorrentemente

Transações Concorrentes

- **Concorrência** versus **consistência**
  - O sistema de banco de dados deve controlar a interação entre transações concorrentes para garantir a consistência dos dados
  - Identificar quais ordens de execução (escalas de execução) podem garantir a manutenção da consistência
- As operações das transações são executadas de forma intercalada definida pelo *escalonador*

Transações Concorrentes

- O escalanador deve garantir o isolamento (e a consistência)
  - Mesmo que as operações estejam intercaladas, a transação deve executar como se estivesse sozinha
- O maior problema do escalonador é criar um escalonamento das operações das diversas transações de modo a garantir o *isolamento* (e a *consistência*).

Escalonamentos

- S_1: garante o isolamento e a consistência pois as transações estão executando sequencialmente

tempo	T_1	T_2
0	Read(A)	
1	A=A-50	
2	Write(A)	
3	Read(B)	
4	B=B+50	
5	Write(B)	
6		Read(A)
7		temp=A*0.1
8		A=A-temp
9		Write(A)
10		Read(B)
11		B=B+temp
12		Write(B)

Escalonamentos

- S_2: também garante o isolamento e a consistência
  - De novo as transações estão executando sequencialmente

tempo	T_1	T_2
0		Read(A)
1		temp=A*0.1
2		A=A-temp
3		Write(A)
4		Read(B)
5		B=B+temp
6		Write(B)
7	Read(A)	
8	A=A-50	
9	Write(A)	
10	Read(B)	
11	B=B+50	
12	Write(B)	

Escalonamentos

- S_3: escalonamento concorrente que mantém o isolamento e a consistência.
  - Equivale a qual escalonamento serial?

tempo	T_1	T_2
0	Read(A)	
1	A=A-50	
2	Write(A)	
3		Read(A)
4		temp=A*0.1
5		A=A-temp
6		Write(A)
7	Read(B)	
8	B=B+50	
9	Write(B)	
10		Read(B)
11		B=B+temp
12		Write(B)

Escalonamentos

- S_3: escalonamento concorrente que mantém o isolamento e a consistência.
  - Equivale a S_1

tempo	T_1	T_2
0	Read(A)	
1	A=A-50	
2	Write(A)	
3		Read(A)
4		temp=A*0.1
5		A=A-temp
6		Write(A)
7	Read(B)	
8	B=B+50	
9	Write(B)	
10		Read(B)
11		B=B+temp
12		Write(B)

Escalonamentos

- S_4: escalonamento concorrente porém não consistente.
  - Por quê?

tempo	T_1	T_2
0	Read(A)	
1	A=A-50	
2		Read(A)
3		temp=A*0.1
4		A=A-temp
5		Write(A)
6		Read(B)
7	Write(A)	
8	Read(B)	
9	B=B+50	
10	Write(B)	
11		B=B+temp
12		Write(B)

Conclusões

- Os escalonamentos devem ser feitos de tal forma que as transações pareçam ter sido executadas serialmente: escalonamentos serializáveis
- Ordem
  - Se duas transações apenas lêem itens a ordem não é importante
  - Se duas transações escrevem itens diferentes a ordem também não é importante
  - Se uma transação escreve um item enquanto outra lê ou escreve o mesmo item, a ordem é importante

Conclusões

- Nível de isolamento das transações
  - Mede a independência de uma transação em relação às alterações nos dados por ela lidos feitas por outras transações.
    - Uma transação tem um elevado nível de isolamento se for absolutamente imune a essas alterações.
    - Pelo contrário, será pouco isolada se os seus resultados perderem integridade com as alterações feitas por outras transações.

Conclusões

- O SQL-92 define 4 níveis de isolamento que consideram os três problemas que podem ocorrem na execução concorrente de transações:
  - Dirty reads (leituras sujas)
  - Nonrepeatable reads (leituras não repetidas)
  - Phantom reads (leituras fantasmas / sumarização incorreta)

Conclusões

- Níveis de isolamento (SQL-92)
  - Serializable (padrão): garante total isolamento
  - Repeatable read: leituras sucessivas do mesmo registro durante a transação devolvem o mesmo valor. No entanto, não resolve o problema das tuplas fantasmas/sumarização (phantom records)

Conclusões

- Níveis de isolamento (SQL-92)
  - Read committed: somente podem ser lidos registros de transações completadas (committed records). No entanto, leituras sucessivas do mesmo registro durante a transação podem devolver valores diferentes (Problema de unrepeatable read) . Evita problemas do tipo Dirty Read e Lost Update
  - Read uncommitted: registros modificados em uma transação não completada (commited records) podem ser lidos. Somente para leitura, não permite atualizações. Podem ser apresentados problemas do tipo Dirty Read

Conclusões

Nível	D Read	NR Read	Ph Read
Read Uncommited	Pode	Pode	Pode
Read Commited	Não	Pode	Pode
Repeatable read	Não	Não	Pode
Serializable	Não	Não	Não

Conclusões

- Comando para definir níveis de isolamento
- (PostgreSQL)

```
SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL
                    {SERIALIZABLE|
                    REPEATABLE READ|
                    READ COMMITTED |
                    READ UNCOMMITTED }
      READ WRITE | READ ONLY
      [ NOT ] DEFERRABLE
```