

---

# **Bancos de Dados Distribuídos**

**Especialização em Engenharia de Software**

**Marta Mattoso**

## Bancos de Dados Distribuídos

### Bibliografia Utilizada

- ➔ **Özsu, M.T. Valduriez, P. "Principles of Distributed Database Systems", Prentice Hall, 1991.**
- ❖ Elmasri, R. Navathe, S. "Fundamentals of Database Systems", Benjamin/Cummings, 2<sup>a</sup> edição, 1994.
- ❖ Mattoso, M.L.Q. "Sistemas de Bancos de Dados Distribuídos e Paralelos", Apostila da Jornada de Atualização em Informática (JAI94), 43 págs., SBC, 1994.
- ❖ Özsu, M.T. Valduriez, P. "Distributed Database Systems: Where Are We Now ?", IEEE Computer, agosto, 1991.
- ❖ Ceri, S. Pelagatti, G. "Distributed Database Systems - Principles and Systems, MacGraw Hill, 1984.

# **Bancos de Dados Distribuídos**

## **Roteiro**

**1- Introdução**

**2- Caracterização de BDD**

**3- Vantagens de SBDD**

**4- Projeto de Bases de Dados Distribuídas**

**5- Processamento de Consultas em SBDDs**

**6- Controle de Concorrência em SBDDs**

**7- Problemas em Aberto**

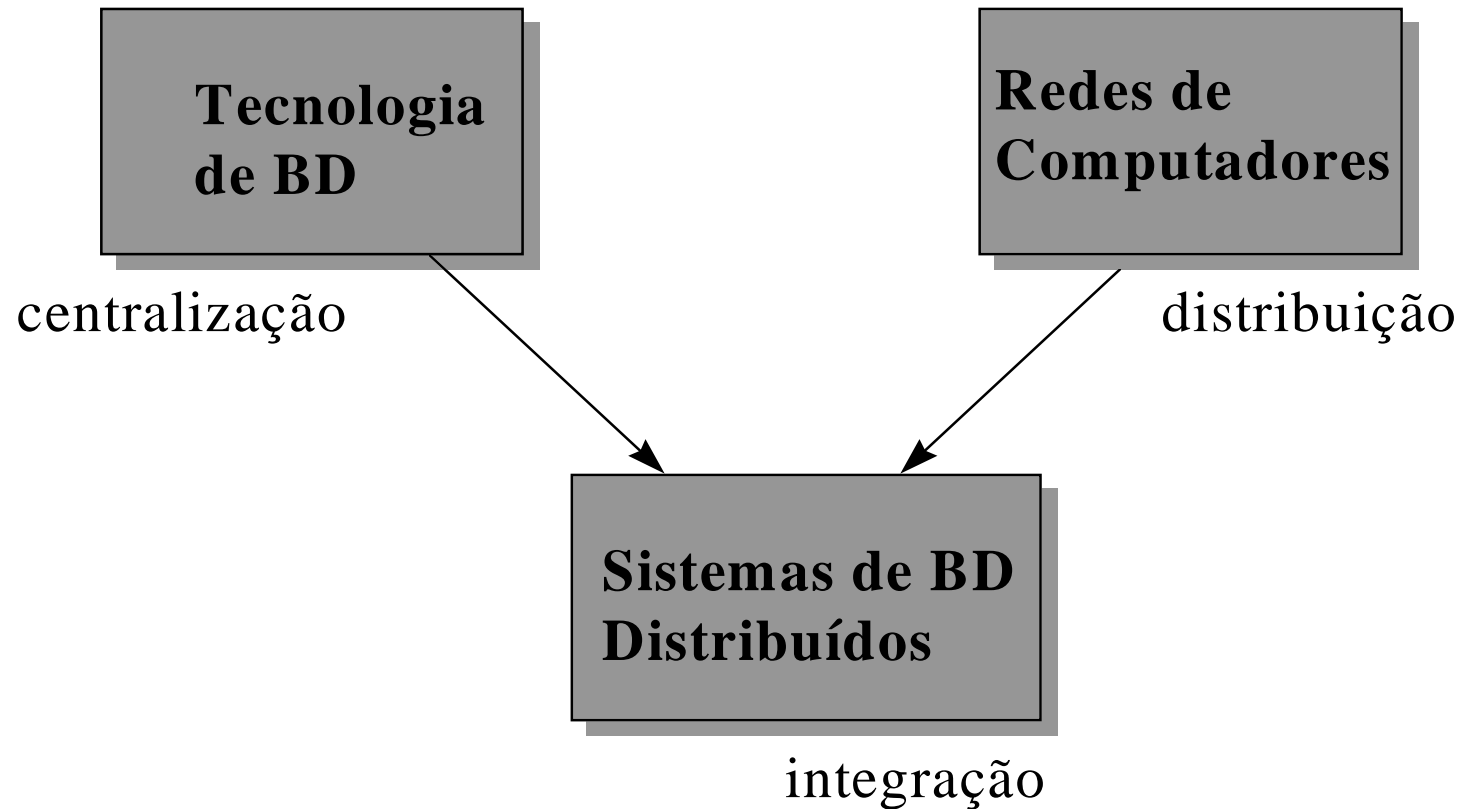
**8- As Novas Tecnologias e os SBDDs**

## **Introdução**

- ❖ **Importância da tecnologia de Bancos de Dados Distribuídos**
- ❖ **Produtos já no mercado**
- ❖ **Diversas vantagens sobre os centralizados**
- ❖ **Previsões de substituição completa dos SGBDs centralizados**
- ❖ **Questões em aberto**

---

## Motivação



**integração  $\neq$  centralização**

---

## **Caracterização de um Sistema de Banco de Dados Distribuído**

### **Base de Dados Distribuída**

- ❖ É uma coleção de diversas bases de dados, interligadas logicamente através de uma rede de computadores

### **Sistema de Bases de Dados Distribuídas**

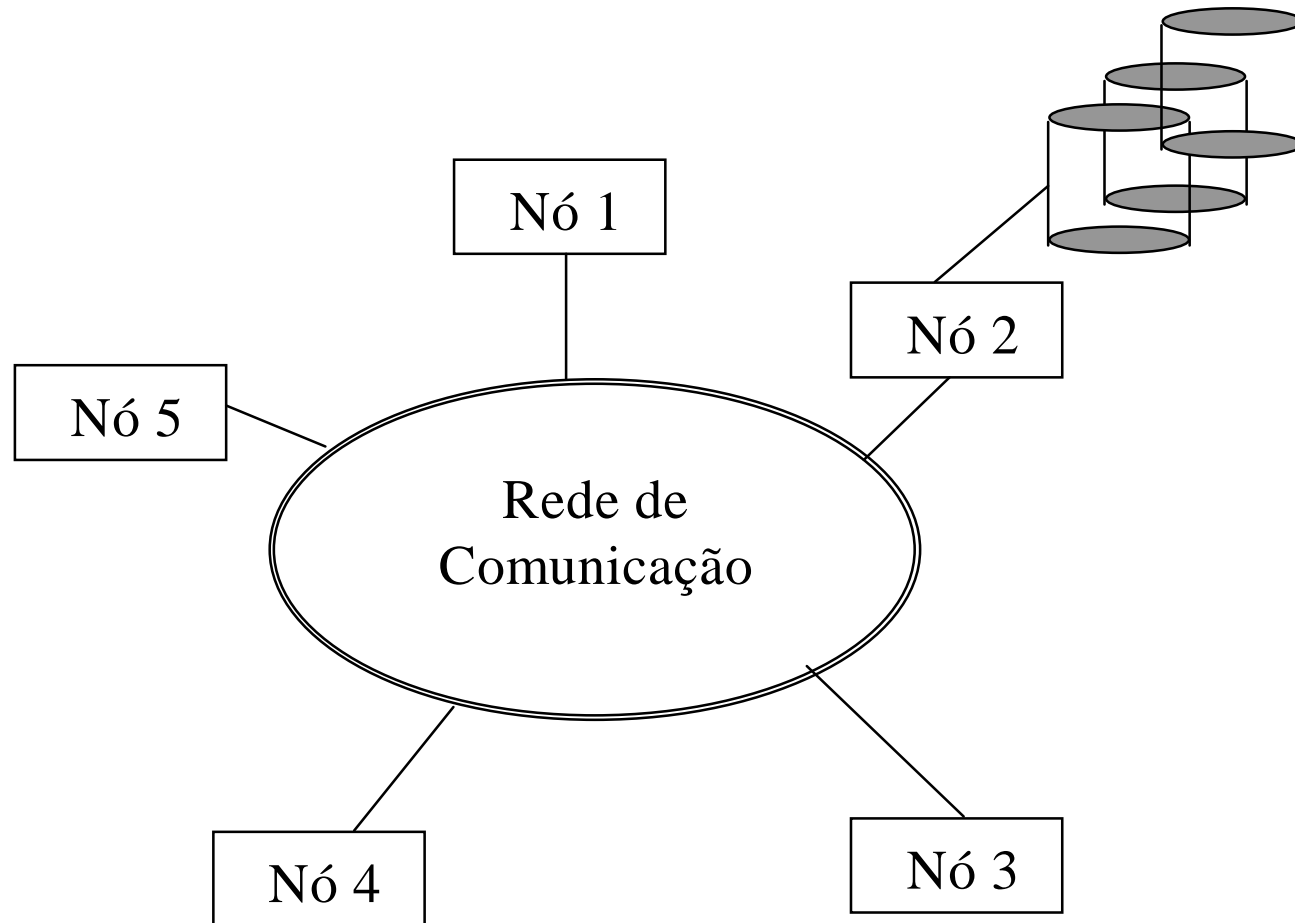
- ❖ É o sistema de software que possibilita a gerência da base de dados distribuída e torna a distribuição transparente para o usuário

### **Sistema de Banco de Dados Distribuídas - SBDD**

- ❖ É a combinação das bases com o sistema

---

## Um SGBD centralizado sobre uma rede



---

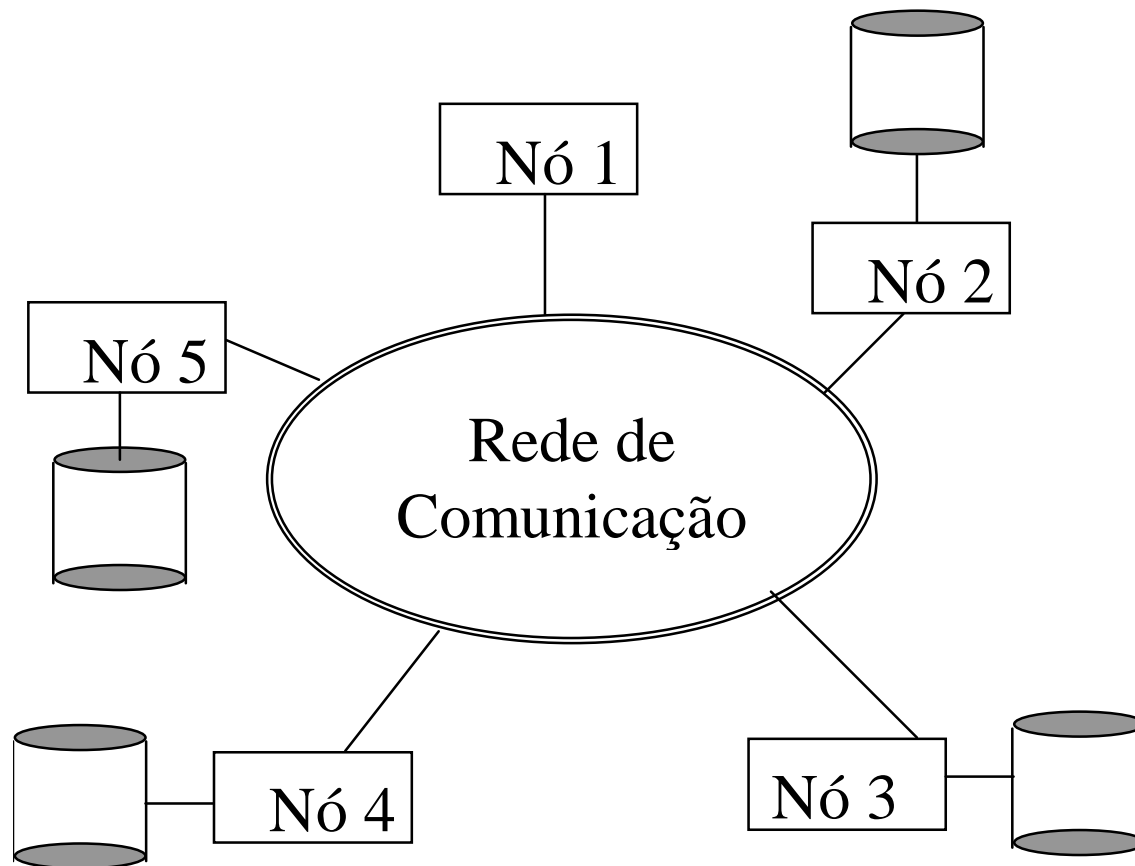
## **Principais Características de um SBDD**

- ❖ **Dados armazenados em locais (ou nós)**
- ❖ **Processadores dos nós interconectados através de rede de computadores**
- ❖ **A base de dados distribuída é realmente uma base de dados e não uma coleção de arquivos**
- ❖ **O sistema possui toda a funcionalidade de um SGBD**
- ❖ **A tecnologia atual → multiprocessadores e cliente/servidor**



---

## Um Ambiente de Bases de Dados Distribuídas



---

## Arquiteturas de Sistemas Bancos de Dados Distribuídos

### ❖ **Autonomia**

Grau de autonomia com que cada SGBD individual trabalha.  
Envolvendo fatores como a existência de troca de informações entre os componentes.

❖ alta integração, a semi-autonomia e a autonomia total.

### ❖ **Distribuição**

Diz respeito à distribuição física dos dados pelos nós, que pode ser total, parcial ou nenhuma

### ❖ **Heterogeneidade**

Do hardware, comunicação ou gerenciadores diferentes

## **Vantagens de SBDDs**

### **1. Transparência na Gerência dos Dados Distribuídos e Replicados**

- ❖ transparência da rede
- ❖ transparência da replicação
- ❖ transparência da fragmentação

Desta forma, os usuários do banco de dados enxergariam uma única imagem da base de dados logicamente integrada, embora ela estivesse fisicamente distribuída.

## **Vantagens de SBDDs**

### **2. Confiabilidade através de Transações Distribuídas**

Espera-se que os SBDDs ofereçam confiabilidade por trabalharem com componentes replicados eliminando assim pontos únicos de falha

### **3. Aumento de Desempenho**

- ❖ **Localização dos Dados**

O compartilhamento de recursos não é tão crítico e a localização reduz a demora pelo acesso remoto aos dados

- ❖ **Paralelismo no Processamento de Consultas**

## **Vantagens de SBDDs**

### **4. Facilidade de Expansão**

A adaptação ao crescimento da base de dados é mais simples.

### **Considerações quanto às Implementações**

Para aumentar o desempenho:

- ❖ tempos separados para leitura e modificação
- ❖ duas cópias da base de dados são mantidas, uma base de consultas e uma base de produção. Em intervalos regulares a base de produção é copiada para a base de consultas.

As análises de desempenho não são efetivas.

## **Projeto de Bases de Dados Distribuídas**

### **1. Projeto Ascendente**

Envolve a integração de bases existentes ('multidatabase')

### **2. Projeto Descendente**

Distribuição das entidades globais sobre os nós do sistema distribuído

Caracterização de duas atividades:

- ❖ Fragmentação
- ❖ Alocação

---

## Projeto de Bases de Dados Distribuídas

### Fragmentação

Fragmentação Horizontal (Seleção)

- ❖ Circular, Faixa de Valores e Hashing

Fragmentação Vertical (Projeção)

- ❖ A chave da relação deve estar presente em todos os fragmentos

Fragmentação Híbrida

### Alocação

O fragmento pode ser replicado ou único

---

## Distribuição - base unificada

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio Silva	222-3333

Nome Vôo	Passageiro
Air France 147	José Campos
Air France 147	Maria Silva
Air France 147	Gabriel Silva
Varig 224	Gabriel Silva
Varig 224	Cláudio Silva

Vôo	Tarifa	Ass	Cia
Air France 147	1000,00	250	Air France
Air France 455	750,00	500	Air France
Varig 224	500,00	150	Varig

Nome	Faturam.	Presid.	Sede
Varig	20000K	Pampa	Porto Alegre
Air France	10000K	Etoile	Paris



---

## Distribuição - frag. horizontal, base AF

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio Silva	222-3333

Nome Vôo	Passageiro
Air France 147	José Campos
Air France 147	Maria Silva
Air France 147	Gabriel Silva

Vôo	Tarifa	Ass	Cia
Air France 147	1000,00	250	Air France
Air France 455	750,00	500	Air France

Nome	Faturam.	Presid.	Sede
Air France	10000K	Etoile	Paris

---

## Distribuição - frag. horizontal, base RG

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio Silva	222-3333

Nome Vôo	Passageiro
Varig 224	Gabriel Silva
Varig 224	Cláudio Silva

Vôo	Tarifa	Ass	Cia
Varig 224	500,00	150	Varig

Nome	Faturam.	Presid.	Sede
Varig	20000K	Pampa	Porto Alegre

## Distribuição - fragmentação vertical

Nome	Telefone
Jose Campos	322-9999
Maria Silva	222-3333
Gabriel Silva	222-3333
Cláudio Silva	222-3333

Nome Vôo	Passageiro
Air France 147	José Campos
Air France 147	Maria Silva
Air France 147	Gabriel Silva
Varig 224	Gabriel Silva
Varig 224	Cláudio Silva

Vôo	Tarifa
Air France 147	1000,00
Air France 455	750,00
Varig 224	500,00

Vôo	Ass	Cia
Air France 147	250	Air France
Air France 455	500	Air France
Varig 224	150	Varig

Nome	Faturam.
Varig	20000K
Air France	10000K

Nome	Presid.	Sede
Varig	Pampa	Porto Alegre
Air France	Etoile	Paris

---

## Processamento Distribuído de Consultas

- ❖ **Traduz automaticamente uma consulta expressa em linguagem de alto nível sobre uma base distribuída que é vista como única pelo usuário**

A tradução deve ser correta.

O plano gerado deve ser ótimo.

- ❖ **O processamento trabalha em quatro fases:**
  - ❖ a decomposição da consulta
  - ❖ a localização dos dados
  - ❖ a otimização global
  - ❖ a otimização local

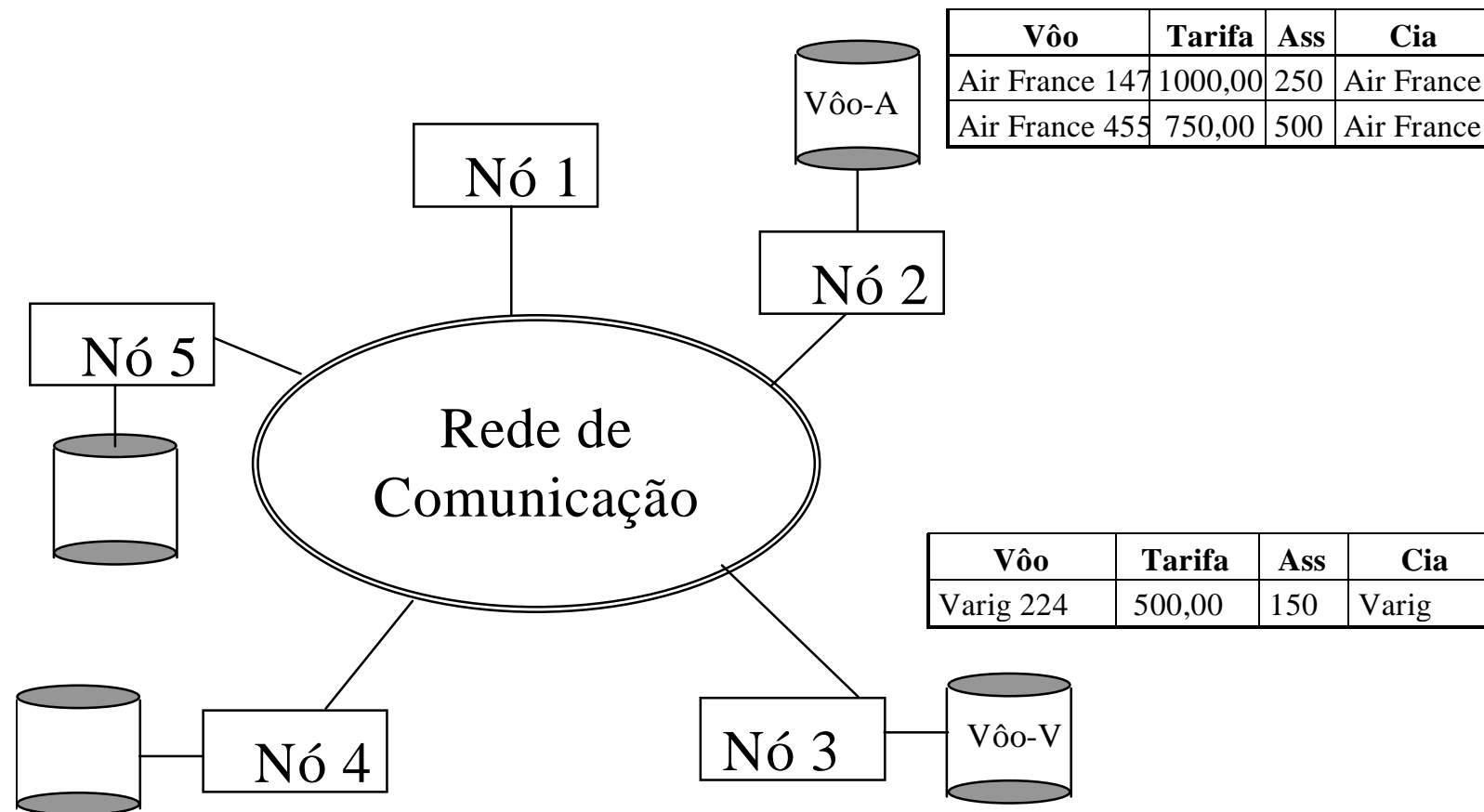
---

## Processamento Distribuído de Consultas

### Localização dos Dados

- ❖ Transforma uma consulta algébrica em uma consulta equivalente sobre uma base fragmentada.
- ❖ É analisado o predicado da consulta e a função de fragmentação
- ❖ É avaliado a geração de fragmentos vazios
- ❖ A consulta pode ser reduzida

## Tabela de Vãos distribuída



---

## Processamento Distribuído de Consultas

### Localização dos Dados

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔOS  
WHERE CIA = "AIR FRANCE"
```

- ❖ Transforma a consulta em consulta equivalente sobre a base fragmentada.

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-A  
WHERE CIA = "AIR FRANCE"  
UNION
```

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-V  
WHERE CIA = "AIR FRANCE"
```

- ❖ É analisado o predicado da consulta e a função de fragmentação
- ❖ É avaliado a geração de fragmentos vazios
- ❖ A consulta pode ser reduzida

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-A  
WHERE CIA = "AIR FRANCE"
```

---

## Processamento Distribuído de Consultas

### Localização dos Dados

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔOS  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

- ❖ Transforma a consulta em consulta equivalente sobre a base fragmentada.

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-A  
WHERE TARIFA <= 1000.00  
UNION  
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-V  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

- ❖ É analisado o predicado da consulta e a função de fragmentação
- ❖ É avaliado a geração de fragmentos vazios
- ❖ A consulta pode ser reduzida

**Neste caso não há redução, mas há paralelismo.**



---

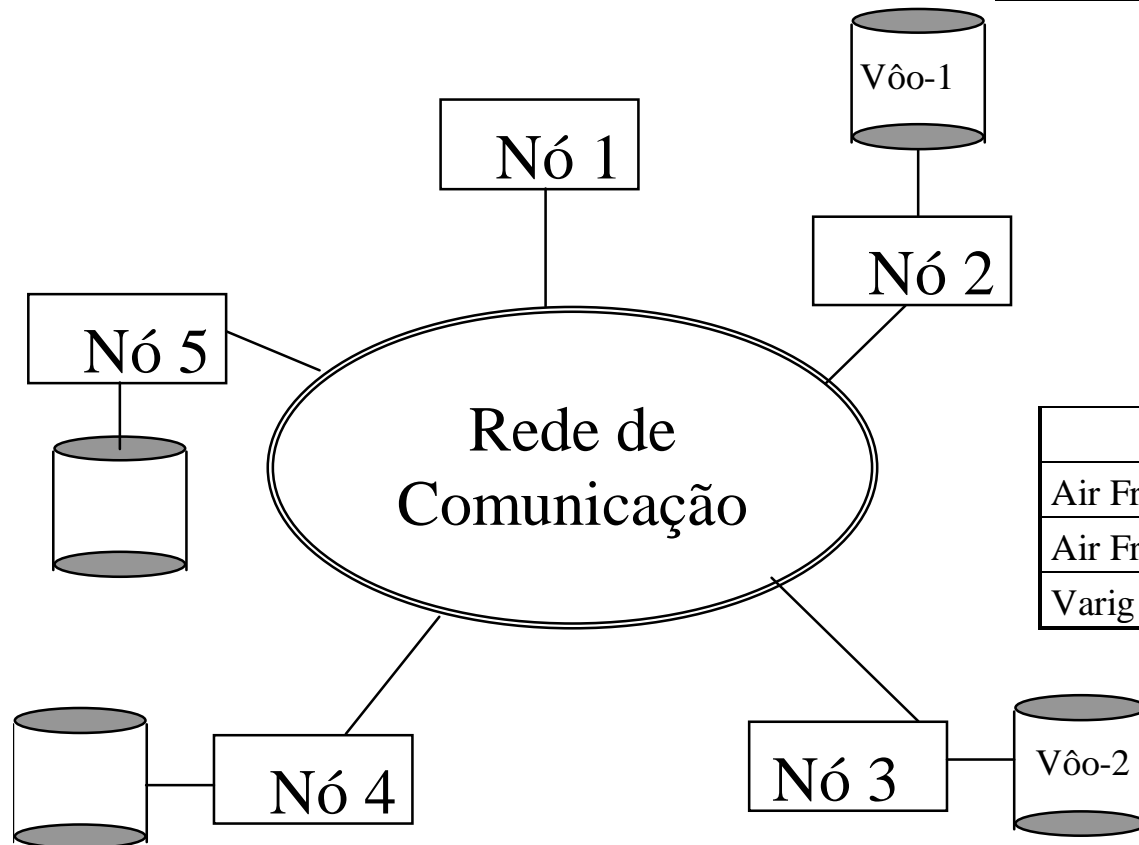
## Processamento Distribuído de Consultas

### Otimização Global

- ❖ Gera o plano de execução ótimo a partir da consulta fragmentada levando em conta técnicas de otimização heurísticas e sistemáticas.
- ❖ O cálculo do custo deve levar em conta a movimentação dos dados entre os nós.

**Distribuição Vertical**

Vôo	Ass	Cia
Air France 147	250	Air France
Air France 455	500	Air France
Varig 224	150	Varig



Vôo	Tarifa
Air France 147	1000,00
Air France 455	750,00
Varig 224	500,00

---

## Processamento Distribuído de Consultas

### Localização dos Dados

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔOS  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

- ❖ Transforma a consulta em consulta equivalente sobre a base fragmentada.

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-1  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

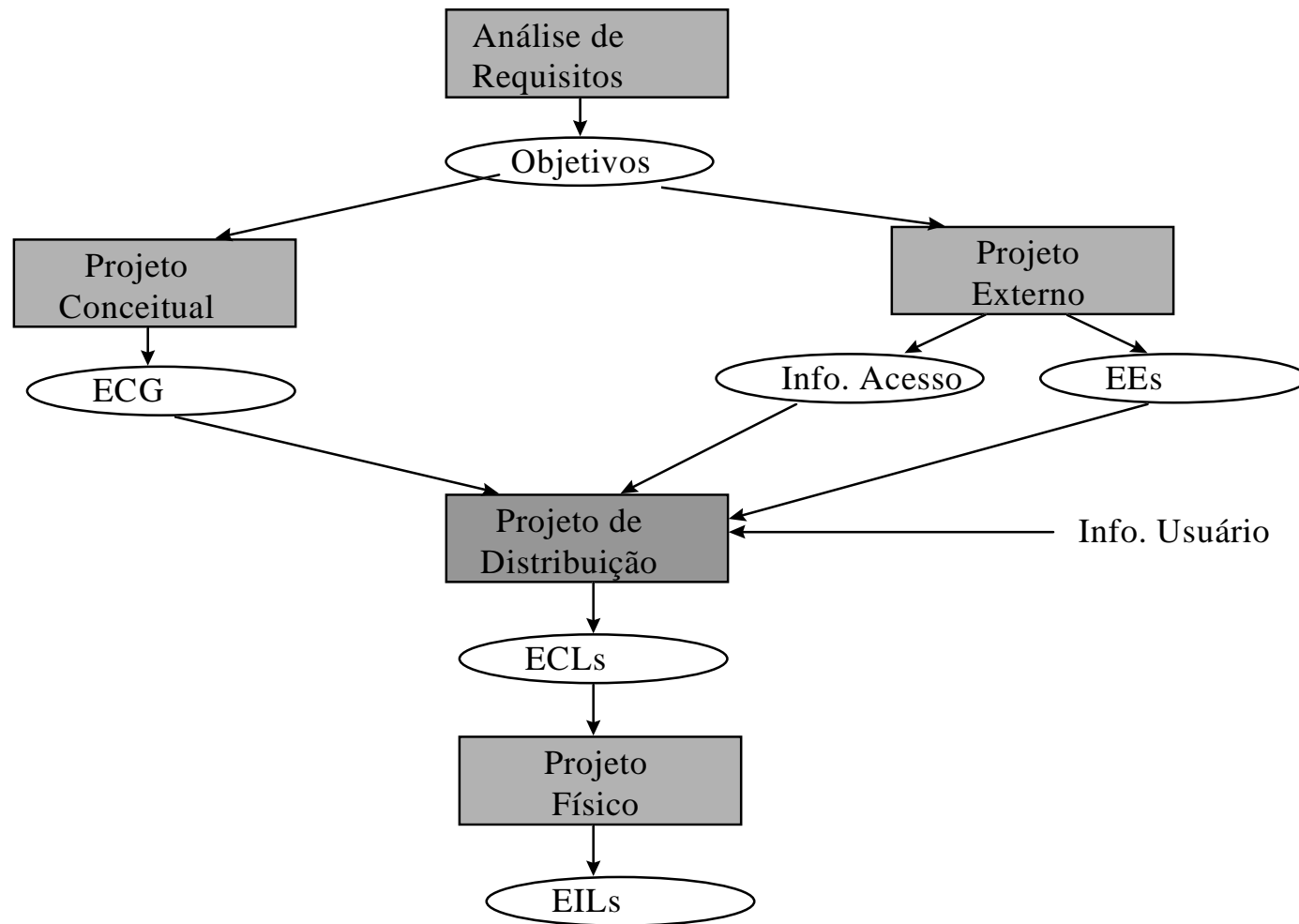
JOIN

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-2  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

- ❖ É analisado o predicado da consulta e a função de fragmentação
- ❖ É avaliado a geração de fragmentos vazios
- ❖ A consulta pode ser reduzida

```
SELECT VÔO, TARIFA FROM VÔO-2  
WHERE TARIFA <= 1000.00
```

## Projeto Descendente de Bases de Dados Distribuídas



## **Questões em Projeto Distribuído**

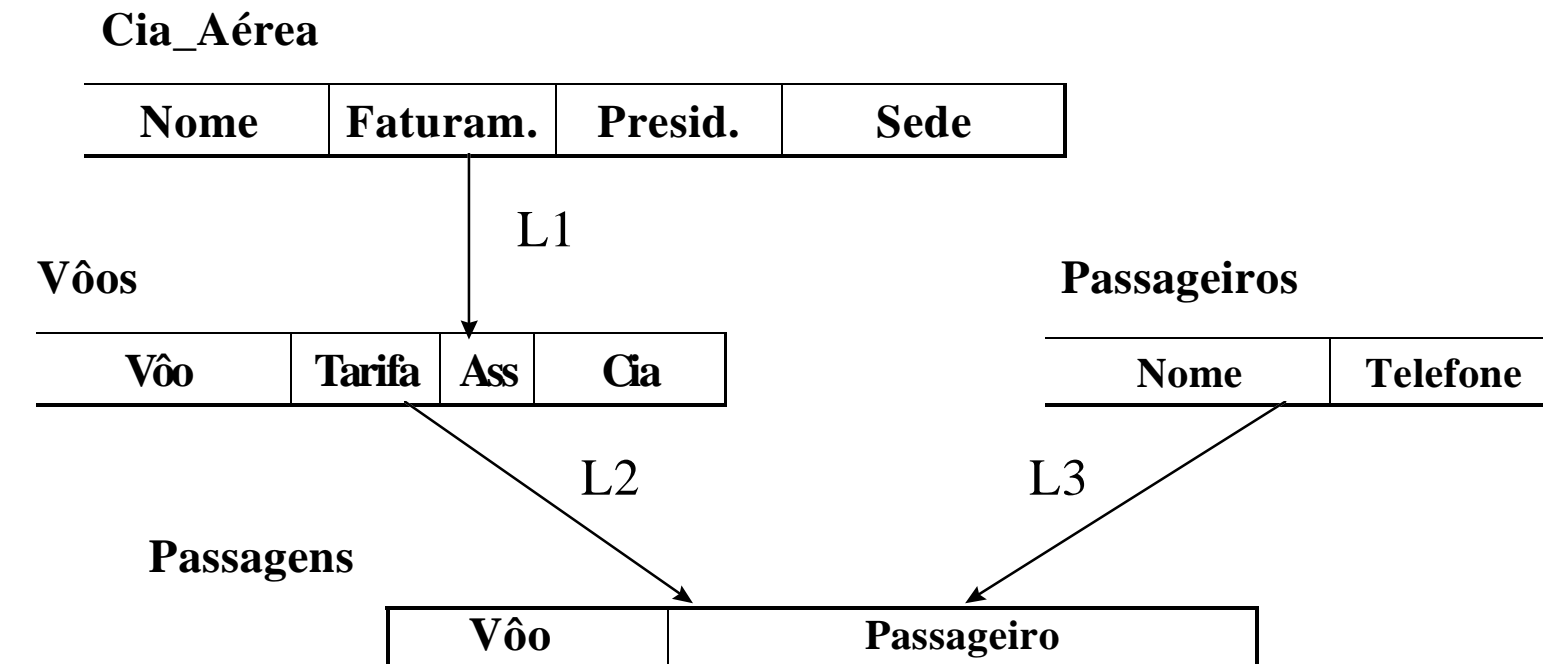
- **Por que fragmentar ?**
- **Como fragmentar ?**
- **Quanto fragmentar ?**
- **Como testar a correção ?**
- **Como alocar ?**
- **Informação sobre requisitos ?**

---

# Informação dos requisitos

Info da base de Dados -

Relacionamentos, Cardinalidade



---

# Fragmentação Horizontal

## ⇒ Primária

### » Principais Técnicas

- ◆ Faixa de Valores
- ◆ Função de Hashing
- ◆ Circular

## ⇒ Derivada

⇒ Fragmentação de uma relação ou classe não é baseada nas propriedades dos seus próprios atributos mas em função da fragmentação de outra classe ou relação.

⇒ Usada para facilitar as operações de junção e navegação entre fragmentos

⇒ A tabela de Vôos pode ser fragmentada de modo derivado em relação à tabela de Cia\_Aérea

---

## Distribuição - frag. horizontal

### Primária

Nome	Faturam.	Presid.	Sede
Air France	10000K	Etoile	Paris

### Derivada

Vôo	Tarifa	Ass	Cia
Air France 147	1000,00	250	Air France
Air France 455	750,00	500	Air France



---

## Controle de Concorrência Distribuído

- ❖ **Procura buscar um equilíbrio adequado entre a manutenção da consistência e o alto nível de concorrência.**
- ❖ **Problemas :**
  - ❖ Gerência de cópias múltiplas.
  - ❖ Falhas locais em nós.
  - ❖ Falha nas ligações de comunicação.
  - ❖ Finalização ('commit') distribuída.
  - ❖ Bloqueio perpétuo distribuído.

## **Problemas em Aberto**

### **1. Processamento de Consultas Distribuído**

- ❖ Espaço de soluções pode ser muito grande
- ❖ Avaliação custo otimização X custo execução
- ❖ Intervalo entre a otimização e re-otimização
- ❖ Mudanças na distribuição dos dados (desbalanceamento)

## Problemas em Aberto

### 2. Problemas no Crescimento da Rede

- ❖ Faltam estudos de desempenho de SBDDs que levem em conta um modelo de custo mais detalhado da rede de comunicação.
- ❖ Algumas questões vem sendo trazidas quando se trata do comportamento de protocolos de comunicação e de algoritmos à medida que os sistemas crescem e se tornam geograficamente distribuídos.
- ❖ A maioria dos trabalhos de desempenho de SBDDs utilizam modelos simplificados, cargas de trabalho artificiais ou premissas conflitantes ou ainda consideram poucos algoritmos e específicos.

## Problemas em Aberto

### 3. Processamento de Transações Distribuído

- ❖ Manter um estado consistente da base de dados com tanta replicação implica em protocolos sofisticados de controle de réplicas. O método mais imediato é o ROWA (read one write many), mas é também muito caro.
- ❖ Para que sejam plenamente alcançados os objetivos da replicação, ou seja, disponibilidade e desempenho, é necessário que seja avaliado a integração dos três tipos de replicação que ocorrem nos SBDDs que são a replicação dos dados, a replicação do processamento e da comunicação. Apenas a replicação dos dados vem sendo estudada intensamente.

## Problemas em Aberto

### 4. Integração com Sist. Operacionais Distribuídos

- ❖ Há muito tempo os projetistas sistemas de banco de dados centralizados ou distribuídos reclamam de serem uma aplicação comum como qualquer outra de um sistema operacional.
- ❖ Existe um desencontro entre as necessidades de um SGBD e as funções dos S.O.s atuais. Essa situação é ainda mais crítica no caso dos SBDDs, pois necessitam de funções que os SO distribuídos existentes não atendem como por exemplo, suporte a transações distribuídas com controle de concorrência e reconstrução.

---

## As Novas Tecnologias e os SBDDs

- ↗ A questão do desempenho
- ↗ Um dos exemplos das novas aplicações de Bd que irão se beneficiar da tecnologia de SBDDs são os ambientes de trabalho cooperativo. Nesses sistemas os participantes **cooperam** no acesso aos recursos compartilhados ao invés de **competir** por eles como ocorre em aplicações usuais de BD.
- ↗ Começam a surgir SBDDOOs, mas ainda longe dos benefícios

---

## As Novas Tecnologias e os SBDDs

- ↙ A evolução da tecnologia de SGBDs distribuídos irá viabilizar os servidores paralelos de bases de dados.
- ↙ O paralelismo trará então impactos para os SBDDs na implementação de SBDDs sobre os servidores paralelos.