

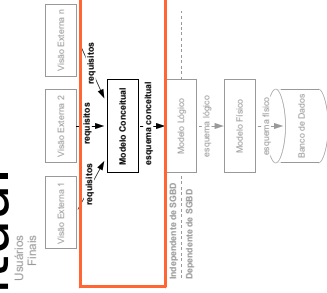
O Modelo Relacional

Banco de Dados

Luiz Celso Gomes-Jr
gomesjr@dainf.ct.utfpr.edu.br

Modelo/Esquema Conceitual

- Descreve estrutura do Banco de Dados
 - entidades, tipos de dados, relações, restrições etc.
- Independente de implementação em SGBD
 - oculta detalhes de armazenamento físico



Modelo/Esquema Lógico

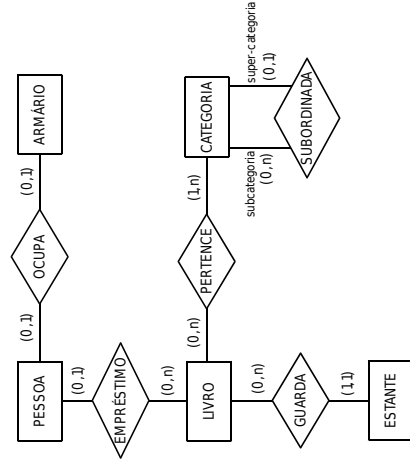
- Dependente de um SGBD particular
- Associado a um “modelo de dados de implementação” (Elmasri, 2005)



Agenda

- Recapitulação
- Modelo Relacional
- Restrições de Integridade
- Exercícios
- Além do modelo relacional

Modelo ER



Modelo Relacional

- Proposto por E. F. Codd em 1970 no artigo:
 - “A Relational Model for Large Shared Data Banks”
- Resposta a um cenário complexo de incompatibilidade de modelos e sistemas
- Independência da estrutura interna
 - “Activities of users at terminals and most application programs should remain unaffected when the internal representation of data is changed [...]” (Codd, 1970)

Modelo Relacional

- Modelo mais amplamente utilizado por SGBDs
- Maiores empresas de informática oferecem soluções: IBM, Microsoft, Oracle, SAP
- Grandes projetos Open Source: MySQL, PostgreSQL, SQLite
- De celulares à data centers
- Mercado de U\$24bi (2012)



Larry Ellison, ORACLE

Relação

- Banco de Dados Relacional contém um conjunto de **Relações**
- **Relação** – informalmente pode ser visualizada como uma tabela

Relação (Tabela)

- Relação = conjunto não ordenado de tuplas (linhas)
- Não existem tuplas duplicadas

Livro

relação

| ISBN | Título | Categoria | Autor | Ano |
|------------|----------------|-----------|---------------------|------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Romance | Graciliano Ramos | 1938 |
| 958047950X | Agosto | Romance | Rubem Fonseca | 1990 |
| 0554253216 | Micrographia | Ciências | Robert Hooke | 1665 |
| 0195087445 | Divina Comédia | Poesia | Dante Alighieri | 1308 |
| 0559274289 | Le Opere | Ciências | Galleu Galilei | 1811 |
| 0451526929 | Hamlet | Drama | William Shakespeare | 1599 |
| 1603033785 | Othello | Drama | William Shakespeare | 1565 |

tuplas

Relação (Tabela)

- Tupla = conjunto ordenado de atributos
- Valores de atributos são atômicos e monovalorados

relação

| ISBN | Título | Categoria | Autor | Ano |
|------------|----------------|-----------|---------------------|------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Romance | Graciliano Ramos | 1938 |
| 958047950X | Agosto | Romance | Rubem Fonseca | 1990 |
| 0554253216 | Micrographia | Ciências | Robert Hooke | 1665 |
| 0195087445 | Divina Comédia | Poesia | Dante Alighieri | 1308 |
| 0559274289 | Le Opere | Ciências | Galleu Galilei | 1811 |
| 0451526929 | Hamlet | Drama | William Shakespeare | 1599 |
| 1603033785 | Othello | Drama | William Shakespeare | 1565 |

tuplas

atributos

Exercício de aquecimento

- Estime os dados abaixo pensando em uma grande empresa como a Petrobras:
 - a) n° de tabelas de uma aplicação típica (média)
 - b) n° de tabelas de uma aplicação grande e complexa
 - c) n° total de tabelas distintas, considerando todas as aplicações
 - d) média de n° de atributos por tabela
 - e) número de atributos das "maiores" tabelas
 - f) n° de DBAs envolvidos
 - g) n° de administradores de dados envolvidos

Exercício de aquecimento

- Estime os dados abaixo pensando em uma grande empresa como a Petrobras:
 - a) n° de tabelas de uma aplicação típica (média): **30 tabelas**
 - b) n° de tabelas de uma aplicação grande e complexa: **500 tabelas (quinhentas!)**
 - c) n° total de tabelas distintas, considerando todas as aplicações: **10.000 tabelas**
 - d) média de n° de atributos por tabela: **10 atributos**
 - e) número de atributos das "maiores" tabelas: **80 atributos**

Exercício de aquecimento

- Estime os dados abaixo pensando em uma grande empresa como a Petrobras:
 - n° de DBAs envolvidos: cerca de 15 (parte física, replicação, backup, controle de acesso, performance, servidores - não contando as pessoas de infraestrutura que mantêm os servidores em si)
 - n° de administradores de dados envolvidos: cerca de 40 (envolvidos na elaboração e manutenção dos modelos e esquemas, manutenção de metadados, elaboração de scripts, procedures, views; dominam os assuntos / negócio)

Relação (Tabela)

- Nome dos atributos – título das colunas

| Livro | | | | | nome dos atributos |
|------------|----------------|-----------|---------------------|------|--------------------|
| ISBN | Título | Categoria | Autor | Ano | |
| 9580471444 | Vidas Secas | Romance | Graciliano Ramos | 1938 | |
| 958047950X | Agosto | Romance | Rubem Fonseca | 1990 | |
| 0554253216 | Micrographia | Ciências | Robert Hooke | 1665 | |
| 0195087445 | Divina Comédia | Poesia | Dante Alighieri | 1308 | |
| 0559274289 | Le Opere | Ciências | Galileu Galilei | 1811 | |
| 0451526929 | Hamlet | Drama | William Shakespeare | 1599 | |
| 1603033785 | Othello | Drama | William Shakespeare | 1565 | |

Esquema

- Esquema de uma Relação:
 - Denotado por $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$
 - $R \Rightarrow$ nome da relação
 - $A_1, A_2, \dots, A_n \Rightarrow$ atributos da relação
- Exemplo:
 - LIVRO (ISBN, Título, Categoria, Autor, Ano)
 - Nome da relação: LIVRO
 - Atributos: ISBN, Título, Categoria, Autor, Ano

Esquema

| Livro | | | | | esquema |
|------------|----------------|-----------|---------------------|------|---------|
| ISBN | Título | Categoria | Autor | Ano | |
| 9580471444 | Vidas Secas | Romance | Graciliano Ramos | 1938 | |
| 958047950X | Agosto | Romance | Rubem Fonseca | 1990 | |
| 0554253216 | Micrographia | Ciências | Robert Hooke | 1665 | |
| 0195087445 | Divina Comédia | Poesia | Dante Alighieri | 1308 | |
| 0559274289 | Le Opere | Ciências | Galileu Galilei | 1811 | |
| 0451526929 | Hamlet | Drama | William Shakespeare | 1599 | |
| 1603033785 | Othello | Drama | William Shakespeare | 1565 | |

Nome do Atributo

- Indica o significado dos valores do atributo
- Designa o papel realizado por um domínio na relação

Domínio do Atributo

- Determina os valores possíveis para um atributo
- Conjunto de valores atômicos
- Representação: $D(A_x)$ – domínio do atributo A_x
- Um domínio tem uma definição lógica
 - D(ISBN): identificador de até 13 dígitos
- Um domínio está associado a um tipo de dados
 - D(Título): string de até 100 caracteres
 - D(Ano): inteiro de 4 dígitos

Relação ou Estado da Relação

- Uma relação r de um esquema $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$
 - conjunto de tuplas $r = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ em que
 - t_i lista ordenada de valores $t = \langle V_1, V_2, \dots, V_n \rangle$ em que
 - V_i é um elemento de $\text{dom}(A_i)$ ou um valor nulo
 - $t[A_i]$ ou $t.A_i \rightarrow$ valor do atributo i
 - $t[i] \rightarrow$ notação alternativa (posicional) (Elmasri, 2010)

Valor Nulo

- Tuplas podem conter o valor nulo (NULL) em atributos
- Nulo indica valor:
 - desconhecido
 - não disponível
 - indefinido (não se aplica à tupla) (Elmasri, 2010)

Esquema + Domínios

- Notação Usual:
 - nome da relação e atributos + tipos
 - Exemplo:
 - LIVRO (ISBN: string, Título: string, Categoria: string, Autor: string, Ano: integer)

Tupla

- Esquema relação
 - LIVRO (ISBN, Título, Categoria, Autor, Ano)
- Tupla
 - $t = \langle 9580471444, \text{Vidas Secas, Romance, Graciliano Ramos, 1938} \rangle$
 - $t[\text{Categoria}] = \langle \text{Romance} \rangle$
 - $t[\text{Ano}] = \langle 1938 \rangle$
 - $t[2] = \langle \text{Vidas Secas} \rangle$

Relação (matemática)

- Construído a partir do conceito de **conjuntos matemáticos**
- Fundamentação matemática é importante para definição de linguagens de consulta e para otimização de processamento

Relação (matemática)

- Considerando os conjuntos S_1, S_2, \dots, S_n (não necessariamente distintos)
- R é uma relação destes n conjuntos se:
 - for uma relação de n tuplas em que:
 - primeiro elemento for de S_1
 - segundo elemento for de S_2
 - ...
- R é um subconjunto do produto cartesiano $S_1 \cdot S_2 \cdot \dots \cdot S_n$ (Codd, 1970)

Sumário dos Conceitos

| Termo Informal | Termo Formal |
|--|--------------------|
| Tabela | Relação |
| Cabeçalho da Coluna | Atributo |
| Todos os valores possíveis de uma Coluna | Domínio |
| Linha | Tupla |
| Definição da Tabela | Esquema da Relação |
| Tabela populada | Estado da Relação |

(Elmasri, 2007)

Restrições de Domínio

- Valores dos atributos devem ser atômicos
- Valor do atributo:
 - tem que ser do domínio do atributo
 - pode ser nulo (se permitido pelo atributo)

Relação (matemática)

- Uma relação é um conjunto, portanto não admite valores repetidos de tuplas

Restrições de Integridade

- Devem ser verdadeiras para cada instância do banco de dados
- Restrições:
 - de domínio
 - de chave
 - de integridade de entidades
 - de integridade referencial

Restrições de Chave

- Chave: identifica tuplas e é usada para estabelecer relacionamentos entre tabelas
- Superchave
 - conjunto de atributos de uma relação
 - não existem duas tuplas em uma relação com a mesma superchave
- Chave
 - Superchave que atende à “condição mínima”:
 - Se qualquer atributo for removido deixa de ser superchave

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Clências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Clências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Superchave?

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Clências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Clências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Superchave ✓

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Clências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Clências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Superchave?

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Clências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Clências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Superchave ✗

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Clências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Clências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Superchave?

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Clências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Clências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Superchave ✓

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Ciências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Ciências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Chave?

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Ciências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Ciências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

Chave ✓

Chave Primária

Livro



LIVRO (ISBN, Título, Autor, Ano, Categoria)

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|--------------|------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Ciências |

Exemplo

Superchave & Chave

| ISBN | Título | Autor | Ano | Categoria |
|------------|----------------|---------------------|------|-----------|
| 9580471444 | Vidas Secas | Graciliano Ramos | 1938 | Romance |
| 958047950X | Agosto | Rubem Fonseca | 1990 | Romance |
| 0554253216 | Micrographia | Robert Hooke | 1665 | Ciências |
| 0195087445 | Divina Comédia | Dante Alighieri | 1308 | Poesia |
| 0559274289 | Le Opere | Galileu Galilei | 1811 | Ciências |
| 0451526929 | Hamlet | William Shakespeare | 1599 | Drama |
| 1603033785 | Othello | William Shakespeare | 1565 | Drama |

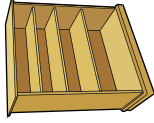
Chave ✗

Chave Primária

- Chave cujos valores distinguem uma tupla das demais dentro de uma relação
- Identifica a tupla de forma única
- Usada como referência a partir de outra tupla
- Atributos da chave primária recebem sublinhado:
 - LIVRO (ISBN, Título, Categoria, Autor, Ano)

Chave Primária

Estante



ESTANTE (Código, Tamanho)

| ESTANTE | Código | Tamanho |
|---------|--------|---------|
| | 1A | simples |
| | 2A | duplo |
| | 1B | simples |
| | 2B | duplo |

Exercício 1

parte 1

- Liste as superchaves e chaves da seguinte relação:

| COL1 | COL2 | COL3 |
|------|------|------|
| A | 10 | F |
| A | 15 | F |
| D | 15 | M |
| B | 5 | F |
| A | 5 | M |
| B | 10 | M |

Exercício 1

parte 2

- As informações contidas na relação em questão são suficientes para determinar a chave primária? Justifique.

Exercício 1

parte 3

- Uma relação sempre terá uma chave? Justifique.

Agradecimentos

- Diversos slides foram baseados no curso de BD do Prof. André Santanchè (UNICAMP)
 - Site: <http://www.ic.unicamp.br/~santanche>
 - Canal Youtube: <https://www.youtube.com/santanche>

Integridade de Entidade

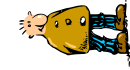
- Valor da chave primária não pode ser nulo
 - já que chave primária identifica tuplas
- Integridade de Entidade e Integridade de Chave se aplicam a relações individuais (Elmasri, 2010)

BD Relacional

- Banco de Dados Relacional
 - conjunto de esquemas $S = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$
 - conjunto de restrições de integridade RI
- Estado ou instância do Banco de Dados Relacional
 - conjunto de estados da relação $DB = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$
 - r_i é instância de R_i
 - Estados de r_i satisfazem restrições de integridade (Elmasri, 2010)

Chave Estrangeira

- Conjunto de campos em uma relação que é usado para fazer referência à chave primária da segunda relação
- Valor de cada chave estrangeira deve corresponder à chave primária existente da relação referenciada
- Funciona como um ‘ponteiro lógico’ (Ramakrishnan, 2003)



Pessoa ocupa Armário



PESSOA (Código, Nome, Telefone)

ARMÁRIO (Código, Tamanho)

OCUPA (CodPessoa, CodArmário, Data, Hora)

| PESSOA | | | | OCUPA | | |
|---------------|----------|-----------|--|------------------|-------------------|-------|
| <u>Código</u> | Nome | Telefone | | <u>CodPessoa</u> | <u>CodArmário</u> | Data |
| 1525 | Asdrúbal | 5432-1098 | | 1637 | 1A | 03/08 |
| 1637 | Doriana | 9876-5432 | | 2111 | 2B | 03/08 |
| 1701 | Quincas | 8765-4321 | | | | 11:45 |
| 2042 | Melissa | 7654-3210 | | | | |
| 2111 | Horácio | 6543-2109 | | | | |

| ARMÁRIO | |
|---------------|---------|
| <u>Código</u> | Tamanho |
| 1A | simples |
| 2A | duplo |
| 1B | simples |
| 2B | duplo |

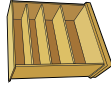
Exemplo: Táxi

Táxi

| Placa | Marca | Modelo | AnoFab |
|---------|------------|---------|--------|
| DAE6534 | Ford | Fiesta | 1999 |
| DKL4598 | Wolksvagen | Gol | 2001 |
| DKL7878 | Ford | Fiesta | 2001 |
| JDM8776 | Wolksvagen | Santana | 2002 |
| JJM3692 | Chevrolet | Corsa | 1999 |



Pessoa ocupa Armário



PESSOA (Código, Nome, Telefone)

ARMÁRIO (Código, Tamanho, Ocupante)

| PESSOA | | | ARMÁRIO | | |
|---------------|----------|-----------|---------------|---------|-----------------|
| <u>Código</u> | Nome | Telefone | <u>Código</u> | Tamanho | <u>Ocupante</u> |
| 1525 | Asdrúbal | 5432-1098 | 1A | simples | 1637 |
| 1637 | Doriana | 9876-5432 | 2A | duplo | (nulo) |
| 1701 | Quincas | 8765-4321 | 1B | simples | (nulo) |
| 2042 | Melissa | 7654-3210 | 2B | duplo | 2111 |
| 2111 | Horácio | 6543-2109 | | | |

Exemplo: Táxis

Cliente

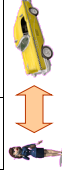
| CliId | Nome | CPF |
|-------|----------|----------------|
| 1532 | Asdrúbal | 448.754.253-65 |
| 1755 | Doriana | 567.387.387-44 |
| 1780 | Quincas | 546.373.762-02 |



Exemplo: Táxis

Corrida

| CliId | Placa | DataPedido |
|-------|---------|------------|
| 1755 | DAE6534 | 15/02/2003 |
| 1982 | JDM8776 | 18/02/2003 |



Exemplo: Táxis

Chaves Estrangeiras

Corrida

| CiId | Placa | DataPedido |
|------|---------|------------|
| 1755 | DAE6534 | 15/02/2003 |
| 1982 | JDM8776 | 18/02/2003 |

Chave Primária

- SGDB deve garantir a integridade dos dados na inserção, exclusão e alteração de dados

Exemplo: Táxis

Corrida

| CiId | Placa | DataPedido |
|------|---------|------------|
| 1755 | DAE6534 | 15/02/2003 |
| 1982 | JDM8776 | 18/02/2003 |

- Inserção de Corrida: CiId e Placa devem existir
- Exclusão de Táxi ou Cliente: não é permitida se existirem corridas que fazem referência


Próximas aulas

- Mapeamento ER -> Relacional
- Modelagem/Normalização
- Consultas
- Otimização de consultas
- Controle de transação

Integridade Referencial

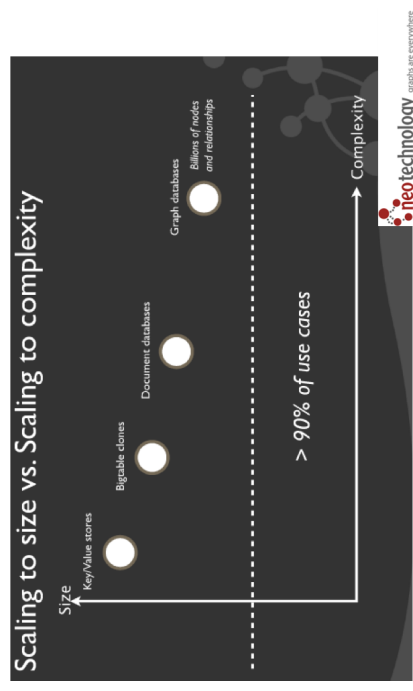
- Tupla deve referenciar tupla existente, utilizando chaves válidas
- SGDB deve garantir a consistência das referências

Exercícios (2)

- Faça o modelo relacional do seguinte diagrama:


```
graph LR; Estante[1] --- Guarda{Guarda}; Guarda --- Livro[n];
```
- Desenvolva versões com uma e duas tabelas
- Adicione atributos importantes e defina chaves primárias
- Mostre dados de exemplo

Próximas aulas



Conclusão

Perguntas?

- Modelo Relacional dominou a área de banco de dados por décadas
- Importante em diversas aplicações
- Restrições de integridade garantem coesão dos dados
- Algumas aplicações demandam outros modelos

Referências

- Codd, Edgar Frank (1970) **A relational model of data for large shared data banks**. Communications ACM 13(6), 377-387.
- Elmasri, Ramez; Navathe, Shamkant B. (2010) **Sistemas de Banco de Dados**. Pearson, 6ª edição em português.
- Ramakrishnan, Raghu; Gehrke, Johannes (2003) **Database Management Systems**. McGraw-Hill, 3rd edition.