

---

# Bancos (Bases) de Dados

## Aula #4 – Modelo Relacional

---

**Prof. Eduardo R. Hruschka**

\* Slides baseados no material elaborado pelas professoras:

**Cristina D. A. Ciferri**

**Elaine P. M. de Souza**

---

# Modelo Relacional

- Representa um BD como uma coleção de **relações**;
- Embasado na *teoria dos conjuntos*;
- Relação (tabela):
  - Possui um nome único;
  - É uma tabela bi-dimensional;
  - Cada linha (*tupla, registro*) corresponde a uma entidade ou relacionamento particular descrita por *atributos (campos)*.

## Noções intuitivas de *esquema* e *instância*:

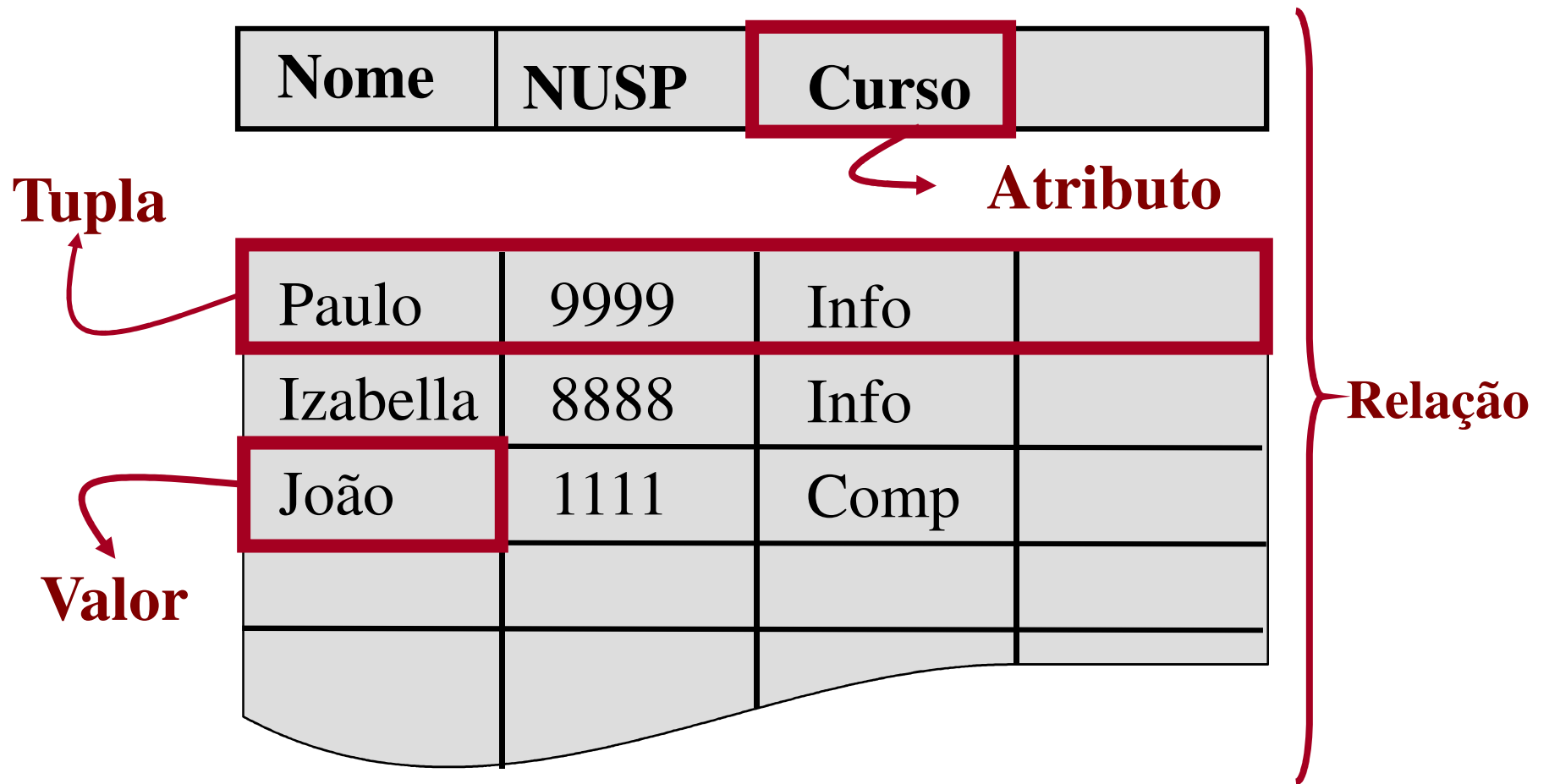
Nome	NUSP	Curso	
------	------	-------	--

Esquema

Paulo	9999	Info	
Izabella	8888	Info	
João	1111	Comp	

Instância

# Modelo Intuitivo



# Características das Tabelas

- ❑ cada coluna tem um nome distinto e representa um **atributo**, o qual, por sua vez, possui um **domínio**;
- ❑ cada domínio possui **VALOR ATÔMICO** (cada valor no domínio é indivisível) - Ex: n. telefone, CPF, idade.
- ❑ o valor **null** deve ser utilizado quando um atributo não possui valor ou seu valor não é conhecido;
- ❑ cada linha é distinta e representa uma **tupla**;
- ❑ a ordem das colunas/linhas é **irrelevante\***;
- ❑ uma ***n*-tupla** representa uma tupla que possui ***n*** valores (***n*** é chamado de *grau da relação*).

---

\* Na implementação de um SGBDR existe uma ordem física de armazenamento das tuplas.

# Exemplo: Tabela Aluno

relação esquema:

Aluno (RA, nome, endereço, sexo)

RA	nome	endereço	sexo
935639	Adriana Zagalo	Rua Floriano Peixoto, 1234	F
935632	Beatriz da Silva	Rua Itambé, 124 apto 62 bloco B	F
933219	Carlos Alberto Bozato	Rua Sucupira, 3452 apto 125	M
938904	Antônio Nascimento	Av. Castro Alves, 57	M
934789	Roberto Antonione	Av. Sunab Jatab, 3467 apto 32	M

- 
- Outro exemplo:
    - Esquema de Relação “Aluno”:
      - $\text{Aluno} = \{\text{Nome, RG, Idade}\}$
    - Possível relação:
      - $\mathbf{R}(\text{Aluno}) = \{ \langle \text{José, 12345, 21} \rangle, \langle \text{Pedro, 54321, 18} \rangle, \langle \text{Paulo, 321321, 22} \rangle \}$
  - Esquema de Relação  $\mathbf{R}$  (intenção) – mudanças pouco frequentes;
  - Relação  $\mathbf{R}$  (*extensão*) – mais dinâmica.
-

---

## Um pouco mais sobre *valor* atômico:

- **Valor Atômico** - indivisível e monovalorado:
  - valor atômico não pode ser recuperado por partes.
  - Por exemplo, *endereço* deve ser definido como um único atributo no modelo relacional.
- Atributo **Monovalorado** - pode ter apenas um valor. Ex.:

*Idade* de aluno é monovalorado;

*Irmãos* de aluno é multivalorado.



---

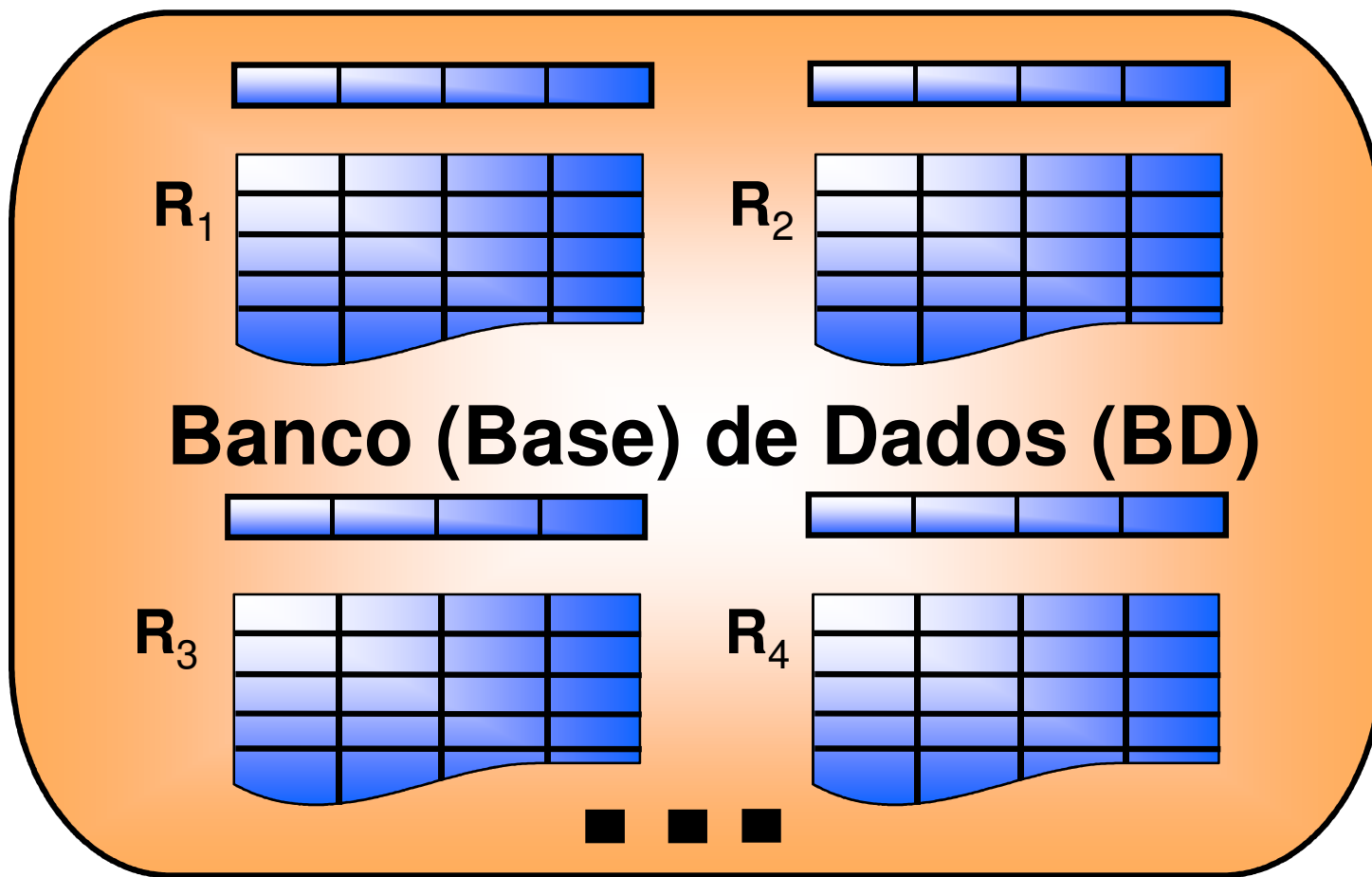
# Definições Formais

- Esquema de Relação -  $\mathcal{R}$ :
    - utilizado para descrever uma relação;
    - denotado por  $\mathcal{R}(A_1, A_2, \dots, A_n)$ ;
    - formado por:
      - nome de relação  $\mathcal{R}$ ;
      - lista de atributos  $A_1, A_2, \dots, A_n$ .
    - para cada atributo  $A_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )
      - $\text{dom}(A_i)$ : domínio de  $A_i$ ;
      - domínio: conjunto de valores atômicos;
    - caracteriza a **intenção** do BD.
-

# Definições Formais ...

- Relação **R** de  $\mathcal{R}(A_1, A_2, \dots, A_n)$  :
  - representa a instância (estado) da relação;
  - denotada por  $\mathbf{R}(\mathcal{R})$ :
    - **R**: pode ser vista como uma matriz (letras maiúsculas em negrito);
    - $\mathcal{R}$ : esquema da relação;
    - **r**: uma entidade/relacionamento particular (tupla) de **R** (notação análoga àquela usada para vetores, i.e., letras minúsculas em negrito).
  - formada por um conjunto de  $n$ -tuplas (registros, instâncias), i.e.:
    - $\mathbf{R} = \{\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \dots, \mathbf{t}_m\}$ ;
    - cada  $n$ -tupla **t** é uma lista de  $n$  valores:  $\mathbf{t} = \langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$
    - $v_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) é um elemento de  $\text{dom}(A_i)$  ou um valor nulo (i.e., *null*);
    - $\mathbf{t}[A_i]$ ,  $\mathbf{t}.A_i$ ,  $\mathbf{t}[i]$  : valor  $v_i$  em **t** do atributo  $A_i$ .
  - caracteriza a **extensão** do BD.
  - $\mathbf{R}(\mathcal{R}) \subseteq \{\text{dom}(A_1) \times \text{dom}(A_2) \times \dots \times \text{dom}(A_n)\}$

# Definições Formais ...



# Definições Formais ...

- Esquema de banco de dados  $S$ :
  - conjunto de esquemas de relações  $S = \{ \mathcal{R}_1, \mathcal{R}_2, \dots, \mathcal{R}_k \}$ ;
  - conjunto de restrições de integridade (IC);
- Estado do banco (base) de dados (BD):
  - conjunto de estados da relação, i.e.:
    - $BD = \{ \mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \dots, \mathbf{R}_k \}$ , onde cada  $\mathbf{R}_i$  é um estado (extensão, instância\*) de  $\mathcal{R}_i$ .
  - os estados de  $\mathbf{R}_i$  devem satisfazer às restrições de integridade particulares especificadas em IC.

---

\* Note que na literatura o termo instância também é usado para se referir a tuplas/registros.

---

# Restrições sobre uma Relação

- Domínio;
- Chave primária;
- Integridade de entidade:
  - **Restrições de Integridade da Entidade;**
  - **Restrições de Integridade Referencial.**

# Restrições sobre uma Relação ...

## ■ Domínio:

- Para cada tupla, o valor de cada atributo  $A_i$  deve ser um valor **atômico** de  $\text{dom}(A_i)$  – inteiro, caractere, cadeia de caracteres, etc.
- **Nome e Definição lógica.** Ex:
  - Nomes de Alunos: conjunto de todos os nomes possíveis para pessoas;
  - Códigos de Disciplinas: conjunto dos códigos das disciplinas oferecidas no ICMC;
  - Idade: conjunto de idades possíveis para alunos.
- **Tipo de dado e/ou formato.** Ex:
  - Nomes de Alunos – *string* de 60 caracteres;
  - Códigos de Disciplinas – *string* com três letras seguidas de um traço e de três dígitos: SCE-581;
  - Idade – inteiro entre 15 e 100.

---

# Restrições sobre uma Relação ...

- Chave primária:

- deve ser possível identificar univocamente cada tupla da relação;
- Relação é um conjunto de tuplas e, pela teoria de conjuntos, todas as tuplas devem ser distintas;
- para garantir esta propriedade de maneira eficiente, especifica-se uma *Restrição de Unicidade* → definição de chaves;

---

# Superchaves e Chaves

## ■ Superchave:

- subconjunto de atributos de  $\mathcal{R}$  que identifique univocamente cada tupla;
- Combinação de valores não se repete para a superchave;
- Exemplo:
  - Aluno = {Nome, Idade, Curso, NUSP}
  - SCH1(Aluno) = {Nome, Curso, Idade}
  - SCH2(Aluno) = {NUSP, Nome}

## ■ Chave

- é uma superchave da qual não se pode retirar nenhum atributo e ainda preservar a propriedade de identificação unívoca (i.e., superchave de cardinalidade *mínima*);
-



---

# Superchaves e Chaves ...

## ■ Chave Candidata:

- pode existir mais de uma chave para uma mesma relação;
- cada uma das chaves é chamada de **Chave Candidata**:
  - $CH1(\text{Aluno}) = \{\text{Nome}\}$
  - $CH2(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$

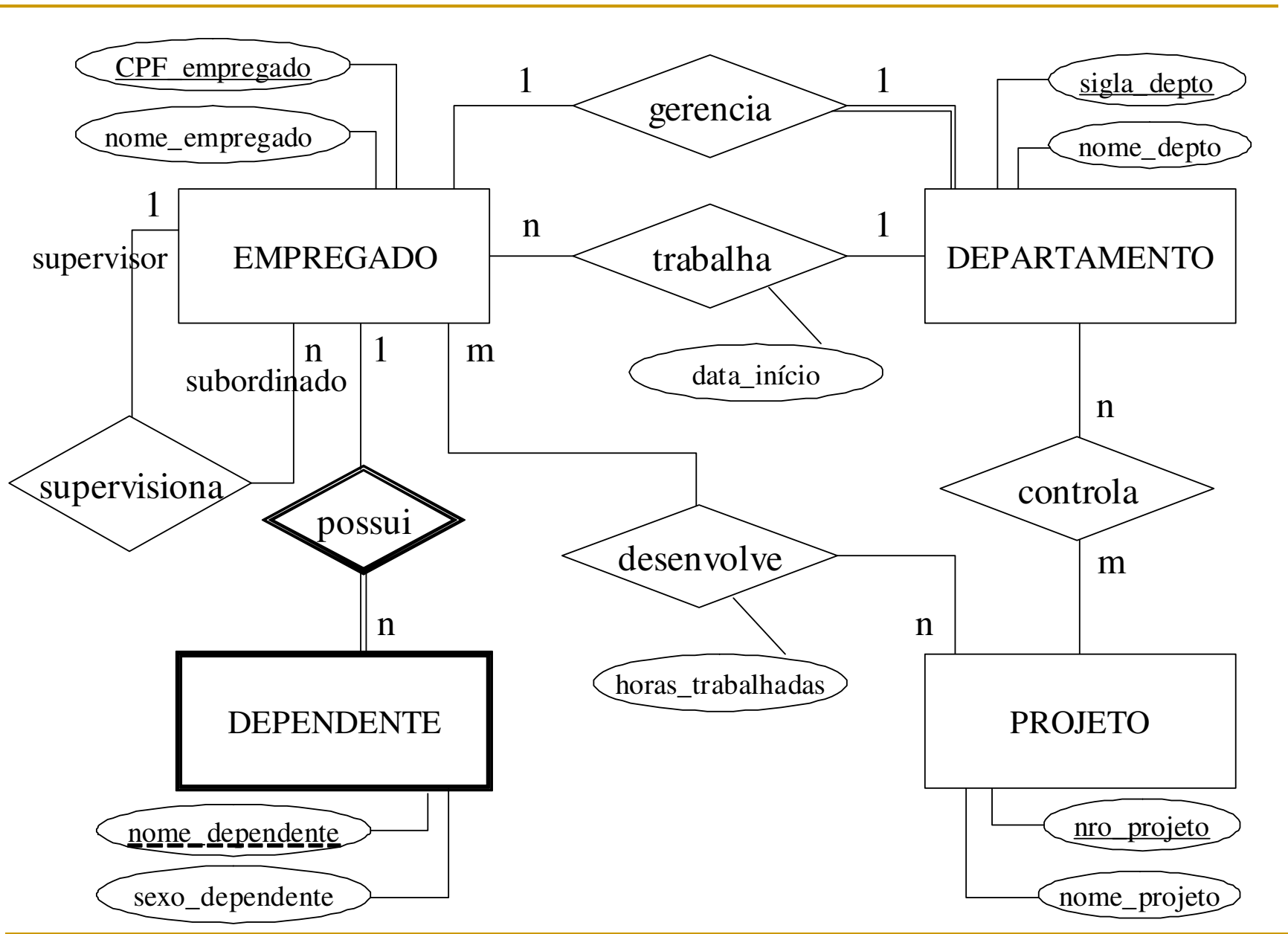
## ■ Chave Primária:

- escolhida entre as chaves candidatas;
- a chave primária é frequentemente a mais utilizada para acessos à relação;
  - $CH(\text{Aluno}) = \{\text{NUSP}\}$ .

---

# Restrições sobre uma Relação ...

- Restrições de integridade:
  - Regras sobre os valores que podem ser armazenados nas relações;
  - Tem por objetivo garantir a consistência;
  - Quando definidas, devem ser sempre satisfeitas na base de dados;
  - Integridade de entidade e integridade referencial;
- Integridade de entidade:
  - a chave primária não **pode ser nula** em nenhuma tupla de qualquer relação;
  - se a chave for composta por mais de um atributo, **nenhum deles** pode ser nulo;
- Exemplo:



---

## Esquema do BD Relacional

empregado (CPF\_empregado, nome\_empregado,  
cod\_supervisor, sigla\_depto, data\_início)

dependente (CPF\_empregado, nome\_dependente,  
sexo\_dependente)

departamento (sigla\_depto, nome\_depto,  
CPF\_empregado)

projeto (nro\_projeto, nome\_projeto)

controla (sigla\_depto, nro\_projeto)

desenvolve (CPF\_empregado, nro\_projeto,  
horas\_trabalhadas)

---

---

# Restrições entre duas Relações

- Integridade referencial:
  - mantém a consistência entre tuplas de duas relações;
  - declara que se uma tupla  $\mathbf{t}_1$  em uma relação  $\mathbf{R}_1$  faz referência a uma relação  $\mathbf{R}_2$ , então  $\mathbf{t}_1$  deve fazer referência a uma tupla existente em  $\mathbf{R}_2$ ;
  - definida entre a **chave estrangeira** (FK) de uma relação esquema  $\mathcal{R}_1$  e a **chave primária** (PK) de uma relação esquema  $\mathcal{R}_2$ ;
  - O que é uma chave estrangeira?

---

# Chave estrangeira

- Antes de definirmos *chave* estrangeira, vejamos o que é compatibilidade de domínio:
  - dados dois conjuntos de atributos quaisquer  $C$  e  $D$ , ambos são **compatíveis** quando o primeiro atributo de  $C$  tem o mesmo domínio do primeiro atributo de  $D$ , o segundo atributo de  $C$  tem o mesmo domínio do segundo atributo de  $D$ , e assim por diante.

## Restrições entre duas Relações ...

- FK de  $\mathbf{R}_1$  é **chave estrangeira** de  $\mathbf{R}_1$ , que faz referência à chave primária (PK) de  $\mathbf{R}_2$ , se:
  - os atributos de FK têm os mesmos domínios que os atributos de PK;
  - um valor de FK em uma tupla  $\mathbf{t}_1$  do estado corrente de  $\mathbf{R}_1(\mathcal{R}_1)$  :
    - ocorre como um valor de PK para alguma tupla  $\mathbf{t}_2$  no estado corrente  $\mathbf{R}_2(\mathcal{R}_2)$  ( $\mathbf{t}_1$  [FK]=  $\mathbf{t}_2$  [PK]) ou
    - tem o valor *null* ( $\mathbf{t}_1$  [FK]= *null*).

---

# Integridade Referencial

empregado (CPF\_empregado, nome\_empregado,  
cod\_supervisor, sigla\_depto, data\_início)

dependente (CPF\_empregado, nome\_dependente,  
sexo\_dependente)

departamento (sigla\_depto, nome\_depto,  
CPF\_empregado)

projeto (nro\_projeto, nome\_projeto)

controla (sigla\_depto, nro\_projeto)

desenvolve (CPF\_empregado, nro\_projeto,  
horas\_trabalhadas)



---

# Restrições *versus* Operações

- Operações de modificação:
  - *insert* → inserção;
  - *delete* → remoção;
  - *update* (ou *modify*) → atualização.
- Quando estas operações são aplicadas, as restrições de integridade especificadas no esquema do banco de dados relacional **não** devem ser violadas.

# Operação *Insert*

- Fornece uma lista de valores de atributos para uma nova tupla  $\mathbf{t}$ , que é inserida em  $\mathbf{R}$ ;
- Pode violar as seguintes restrições:
  - Domínio;
  - Chave (valor idêntico);
  - Integridade de entidade (*null*);
  - Integridade referencial;

## Solução:

- rejeitar a inserção;
- enviar mensagem de erro ao usuário.

---

## Exemplos:

- Inserir tupla em *empregado* com CPF=*null* viola restrição de integridade de entidade;
- Inserir tupla em *empregado* com CPF já existente no BD viola restrição de chave;
- Inserir tupla em *empregado* com número de departamento inexistente em *departamento* viola integridade referencial;

---

# Operação *Delete*

- Remove uma ou mais tuplas;
- Pode violar a integridade referencial quando as tuplas removidas forem referidas por chaves estrangeiras de outras tuplas;
- Soluções:
  - rejeitar a remoção;
  - remover em cascata;
  - modificar valores dos atributos de referência.

---

## Exemplos:

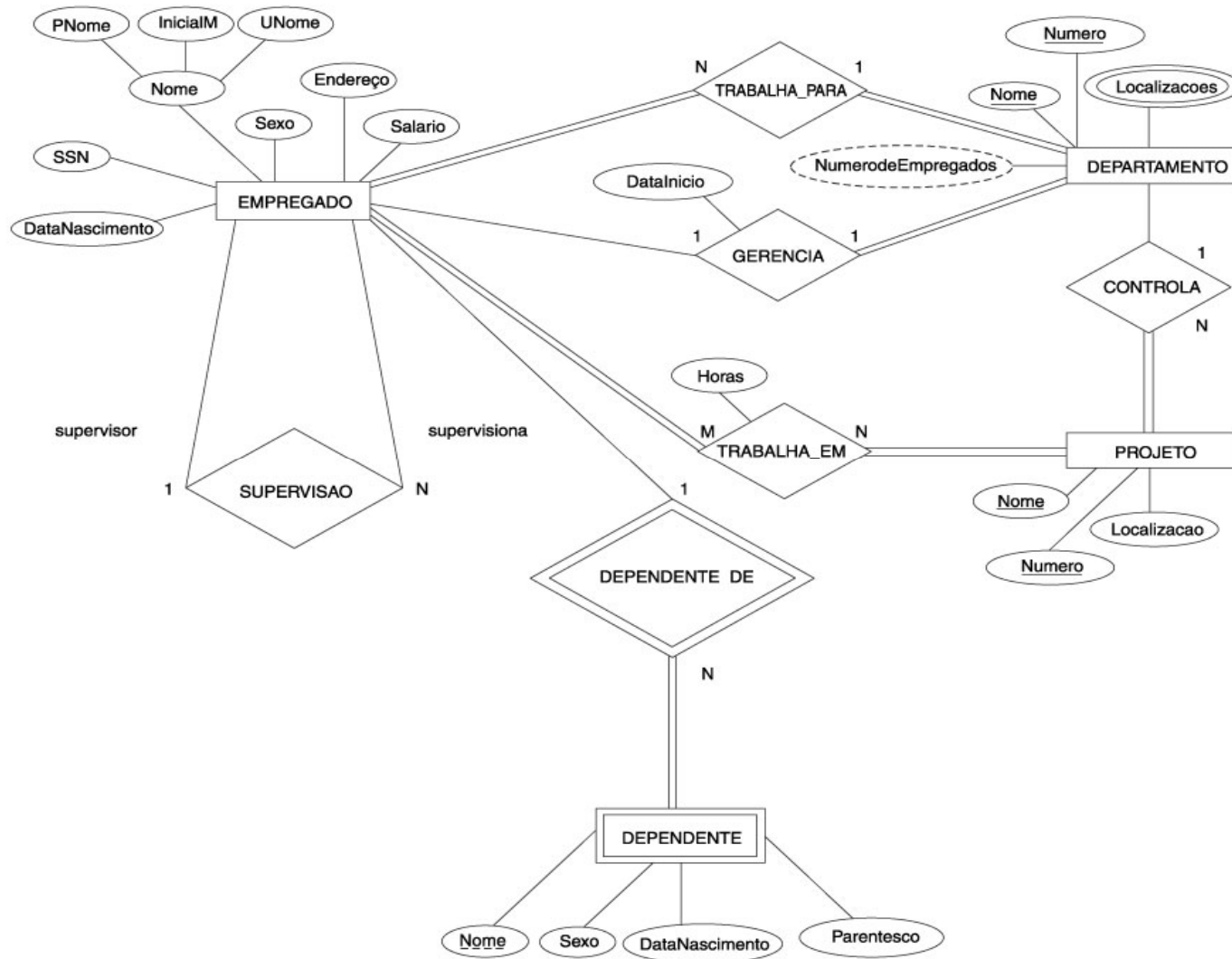
- Remover tupla em *empregado* pode violar restrições de integridade referencial:
  - Pode haver tuplas em outras relações (*dependente*, *departamento*, *desenvolve*) que se referem a tupla em questão.
- Possíveis soluções: rejeitar a remoção, remover em cascata, alterar valores de atributos de referência que causam a violação:
  - Remover uma tupla em *departamento* porque um empregado foi removido?

---

# Operação *Update*

- Altera valores de alguns atributos em tuplas;
- Pode violar as seguintes restrições:
  - Domínio;
  - Chave (se atributo é PK);
  - Integridade de entidade (se atributo é PK);
  - Integridade referencial (se atributo é FK);
- Soluções:
  - idem anteriores (para *insert* e *delete*).

# Exercício: Considere o seguinte DER para o BD EMPRESA:

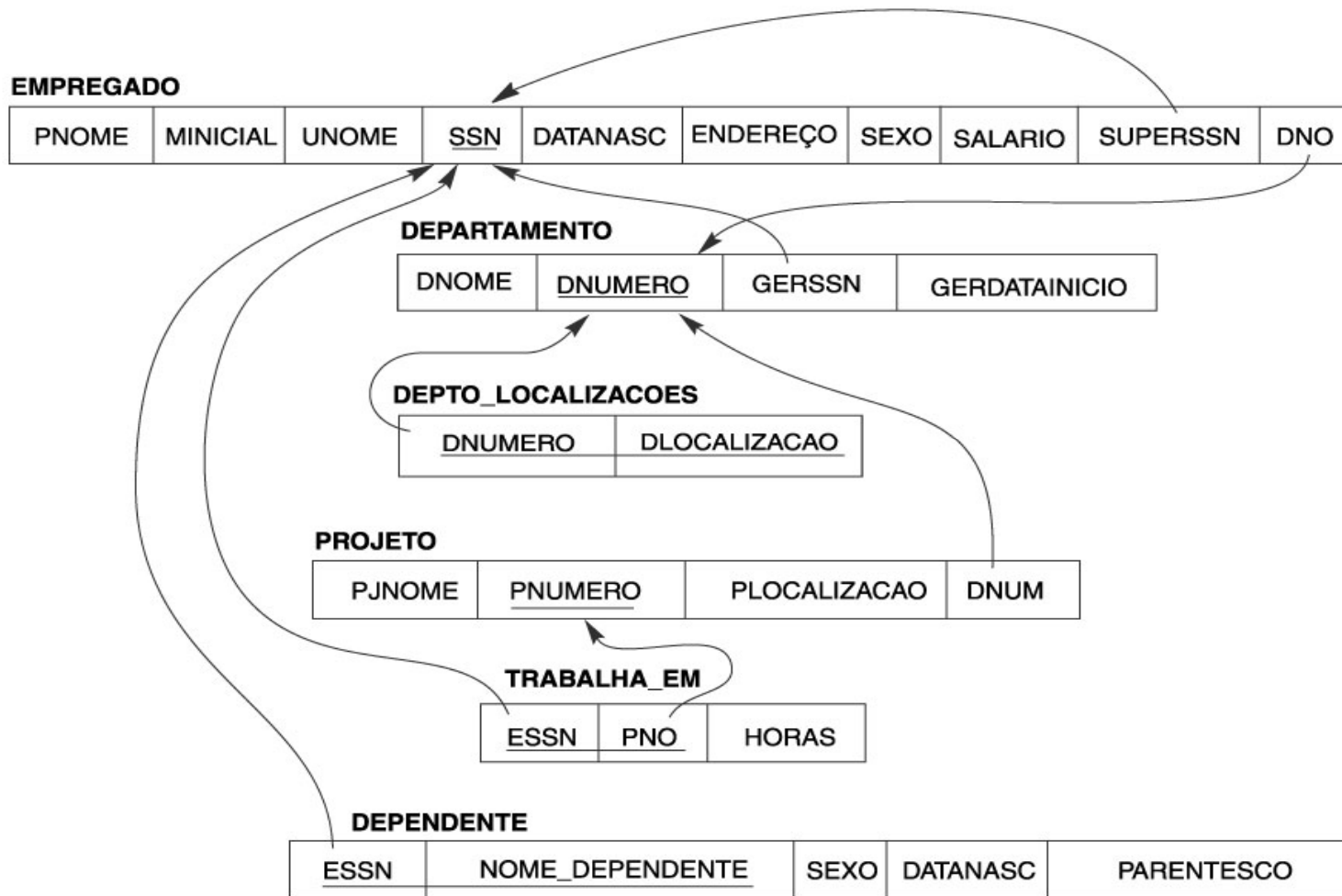


Pode-se representar este DER pelo diagrama abaixo, que mostra um esquema do BD relacional EMPRESA={EMPREGADO, DEPARTAMENTO, DEPTO\_LOCALIZAÇÕES, PROJETO, TRABALHA\_EM, DEPENDENTE} no qual os atributos sublinhados representam as chaves primárias:





As restrições de integridade referencial para o BD em questão são exibidas abaixo:



Assumamos agora o seguinte estado para esse BD:

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

- Suponha que cada uma das seguintes operações seja aplicada diretamente a este estado do BD EMPRESA. Discuta as restrições violadas em cada operação (se houver) e mecanismos para forçar a manutenção de tais restrições:

- (a) Inserir < 'Robert', 'F', 'Scott', '943775543', '21-JUN-42', '2365 Newcastle Rd, Bellaire, TX', M, 58000, '888665555', 1 > em EMPREGADO.
- (b) Inserir < 'ProductA', 4, 'Bellaire', 2 > em PROJETO.
- (c) Inserir < 'Production', 4, '943775543', '01-OCT-88' > em DEPARTAMENTO.
- (d) Inserir < '677678989', null, '40.0' > em TRABALHA\_EM.
- (e) Inserir < '453453453', 'John', M, '12-DEC-60', 'SPOUSE' > em DEPENDENTES.
- (f) Remover as tuplas com ESSN= '333445555' de TRABALHA\_EM.
- (g) Remover de EMPREGADO a tupla com SSN= '987654321'.
- (h) Remover de PROJETO a tupla com PNAME= 'ProductX'.
- (j) Modificar o valor do atributo SUPERSSN da tupla de EMPREGADO com SSN= '999887777' para '943775543'.
- (k) Modificar o valor do atributo HORAS da tupla de TRABALHA EM com ESSN= '999887777' e PNO= 10 para '5.0'.

## Respostas:

- (a) Sem violações de restrições.
- (b) Violação de integridade referencial (não há departamento n. 2). Alternativas: rejeitar a inserção, mudar o valor de departamento para um número válido, inserir uma nova tupla em departamento com DNUMERO=2.
- (c) Violação de restrição de chave e de integridade referencial:
  - Já existe um departamento cujo número é 4: rejeitar, mudar o valor do número;
  - Não há empregado com SSN=GERSSN: rejeitar, mudar valor de GERSSN para um valor de SSN presente na relação EMPREGADO, inserir um novo empregado com GERSSN em questão.
- (d) Violação de integridade de entidade e de integridade referencial.
  - PNO=null viola integridade de entidade, pois PNO é parte da chave primária de TRABALHA\_EM: rejeitar, mudar valor de PNO para um valor que existe na relação projeto.
  - Não há tupla em EMPREGADO com SSN inserido: rejeitar, mudar valor de GERSSN para um valor de SSN presente na relação EMPREGADO, inserir um novo empregado com GERSSN em questão.
- (e) Sem violações de restrições.
- (f) Em princípio não há violações, mas DER sugere relação de participação total de EMPREGADO na relação TRABALHA\_EM.
- (g) Violação de integridade referencial em {EMPREGADO, DEPARTAMENTO, TRABALHA\_EM, DEPENDENTE}. Alternativas: rejeitar ou remover em cascata.
- (h) Violação de integridade referencial em TRABALHA\_EM. Rejeitar ou remover tuplas com PNO=1.
- (i) Violação de integridade referencial. Não há tupla em EMPREGADO com valor de SSN=943775543. Rejeitar ou inserir nova tupla com tal SSN em EMPREGADO.
- (j) Sem violações de restrições.