

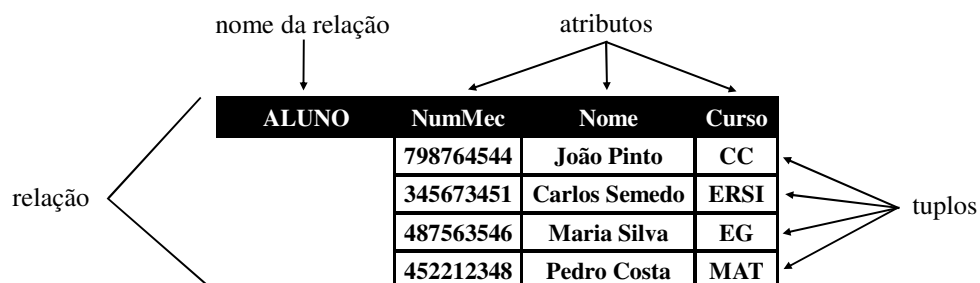
# Bases de Dados

## Parte III

### O Modelo Relacional

## O Modelo Relacional

- Foi introduzido em 1970 por Ted Codd da IBM Research.
- É baseado no conceito de **relação**, onde uma relação é uma **tabela de valores**.
- Uma tabela de valores pode ser vista como um conjunto de linhas ou **tuplos**.
- Cada tuplo é identificado por um conjunto de colunas ou **atributos**.
- Uma base de dados é representada como um **conjunto de relações**.



## Conceitos Básicos e Notação Genérica

- Relação
  - Conjunto **não ordenado** de tuplos.
  - As relações representam **entidades-tipo** ou **relacionamentos** da base de dados.
  - As relações são definidas por esquemas do tipo  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$ , onde  $R$  é o nome da relação e  $A_1, A_2, \dots, A_n$  é a lista de atributos.
- Atributo
  - Nome que identifica uma característica/propriedade de uma relação.
  - $R.A_i$  representa o atributo  $A_i$  da relação  $R$ .
- Domínio
  - Conjunto de **valores atômicos** que caracterizam um atributo.
  - No modelo relacional os atributos não podem ser do tipo composto ou multi-valor.
  - $\text{dom}(A_i)$  representa o domínio do atributo  $A_i$ .

## Conceitos Básicos e Notação Genérica

- Tuplo
  - Sequência **ordenada** de valores.
  - Todos os tuplos de uma relação são necessariamente **diferentes** pois representam entidades ou relacionamentos específicos da base de dados.
  - Os tuplos são definidos por sequências do tipo  $\langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$ , onde cada  $v_i$  corresponde ao valor do tuplo para o atributo  $A_i$  ou ao valor NULL.
    - $v_i \in \text{dom}(A_i)$  ou  $v_i = \text{NULL}$ .
  - $t[A_i]$  ou  $t[i]$  representa o valor do tuplo  $t$  para o atributo  $A_i$ .

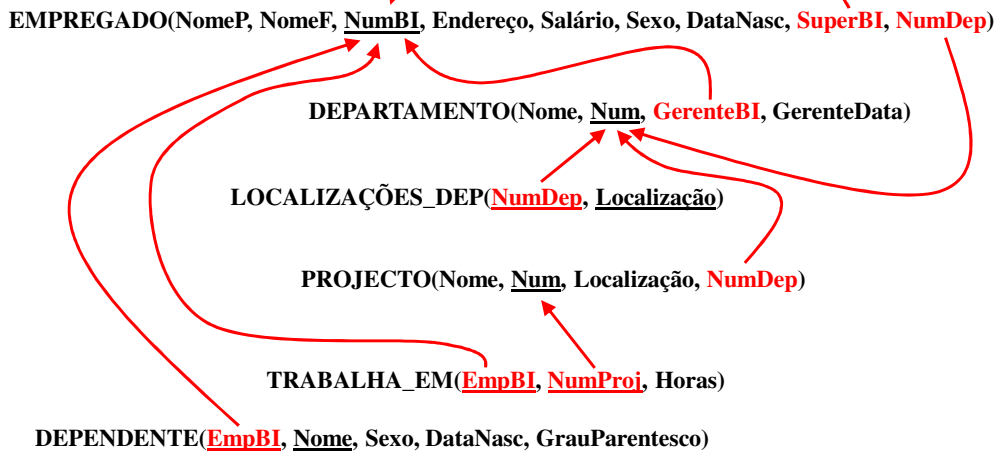
## Chaves e Superchaves

- Superchave
  - Subconjunto de atributos de uma relação para a qual todos os tuplos são diferentes.
  - Permite identificar de forma única os tuplos de uma relação.
  - Todas as relações têm por defeito uma superchave – o conjunto de todos os atributos da relação.
- Chave
  - **Superchave mínima** – a remoção de um atributo de uma chave resulta num subconjunto de atributos que não é uma superchave.
- Chave primária
  - Uma relação pode ter várias **chaves**, mas apenas uma deve ser designada como a **chave primária** da relação.
  - A escolha da chave primária de uma relação é arbitrária, mas no entanto é usual escolher a chave com o menor número de atributos.
  - No esquema de uma relação, a chave primária é representada sublinhada.

## Chaves Externas

- Conjunto de atributos  $E$  de uma relação  $R_1$  que referenciam a chave  $C$  de uma outra relação  $R_2$ .
  - O domínio dos atributos  $E$  é o mesmo dos atributos  $C$ .
  - Os valores de  $E$  para um determinado tuplo de  $R_1$  ou ocorrem nos valores de  $C$  para um tuplo de  $R_2$  ou são NULL.
- A chave externa  $E$  de  $R_1$  define uma restrição de integridade referencial de  $R_1$  para  $R_2$  (garante a consistência entre os tuplos de  $R_1$  e  $R_2$ ).
- No esquema relacional, a chave externa  $E$  é representada por um arco de  $E$  para  $C$ .

## Esquema Relacional da BD EMPRESA



## Restrições de Integridade

- Integridade de domínio
  - Os valores de um atributo devem pertencer ao domínio do atributo.
- Integridade da chave
  - Não podem existir dois tuplos de uma relação com valores iguais na chave primária.
- Integridade de entidade
  - Os valores da chave primária não podem ser nulos.
- Integridade referencial
  - Um tuplo que referencia outra relação tem de referenciar um tuplo existente nessa outra relação (chave externa).

## Base de Dados Relacional

- Base de dados relacional
  - Esquema relacional
  - Estado corrente
- Esquema relacional de uma base de dados
  - Conjunto de esquemas de todas as suas relações
  - Conjunto de restrições de integridade
- Restrições de integridade
  - Uma base de dados deve satisfazer sempre as restrições de integridade.
  - Quando isso não acontece, diz-se que a base de dados está num estado inválido.
  - As três operações básicas que podem violar as restrições de integridade são as operação de inserção, remoção e alteração (alteração = remoção + inserção).

## Operação de Inserção

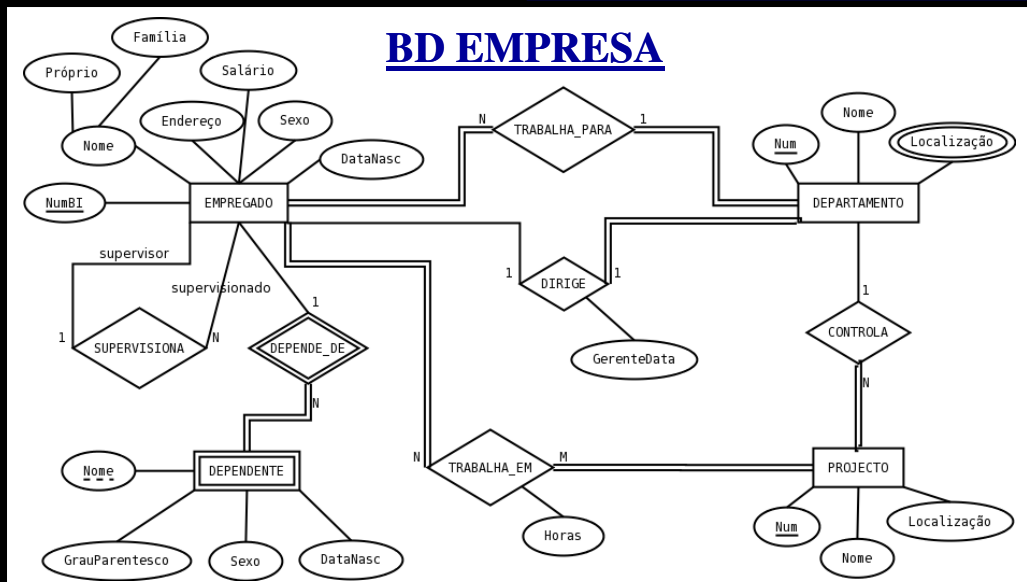
- Permite inserir novos tuplos numa relação.
- Pode violar qualquer uma das quatro restrições de integridade:
  - **Domínio:** se um dos valores não pertence ao domínio do atributo respectivo.
  - **Chave:** se o valor da chave já existe num outro tuplo da relação.
  - **Entidade:** se o valor da chave é NULL.
  - **Referencial:** se uma chave externa referencia um tuplo não existente na relação referenciada.
- Quando uma operação de inserção viola uma das restrições, o SGBD pode:
  - Rejeitar a inserção, avisar o utilizador e indicar a restrição violada;
  - Tentar corrigir as razões pelas quais ocorreu uma violação das restrições de integridade (este tipo de suporte não é típico dos SGBDs).

## Operação de Remoção

- Permite remover tuplos de uma relação.
- É necessário indicar uma condição sobre os atributos que seleccione o tuplo ou tuplos a serem removidos.
  - Remover o EMPREGADO com NumBI = '98563435'.
- Pode violar a restrição de integridade referencial se o tuplo a remover é referenciado pela chave externa de outro tuplo. Quando isso acontece, o SGBD pode:
  - Rejeitar a remoção e avisar o utilizador;
  - Procurar propagar a operação e remover todos os tuplos que referenciam o tuplo que está a ser removido;
  - Alterar para NULL o valor dos atributos (não podem ser atributos chave) de todos os tuplos que referenciam o tuplo que está a ser removido;
  - Combinar as opções anteriores. Por exemplo, remover os tuplos relacionados de TRABALHA\_EM e DEPENDENTE e alterar para NULL os atributos relacionados de SuperBI e GerenteBI.

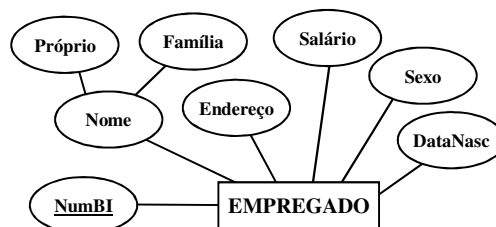
## Conversão para o Modelo Relacional

- Modelo ER
  - **Passo 1:** Entidades-tipo
  - **Passo 2:** Entidades fracas
  - **Passo 3:** Relacionamentos 1:1
  - **Passo 4:** Relacionamentos 1:N
  - **Passo 5:** Relacionamentos M:N
  - **Passo 6:** Atributos multi-valor
  - **Passo 7:** Relacionamentos de grau superior a 2
- Modelo EER
  - **Passo 8:** Especializações e generalizações
  - **Passo 9:** Categorias



## Conversão para o Modelo Relacional

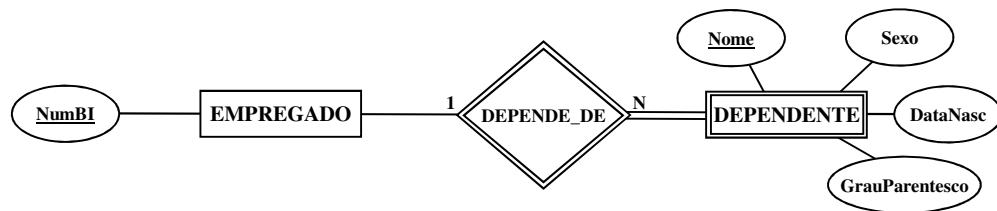
- Passo 1: Entidade-tipo E
  - E → Relação S
  - Atributos simples de E → Atributos de S
  - Atributos simples de um atributo composto de E → Atributos de S
  - Atributos chave de E → Chave primária de S



**EMPREGADO**(NomeP, NomeF, NumBI, Endereço, Salário, Sexo, DataNasc)

## Conversão para o Modelo Relacional

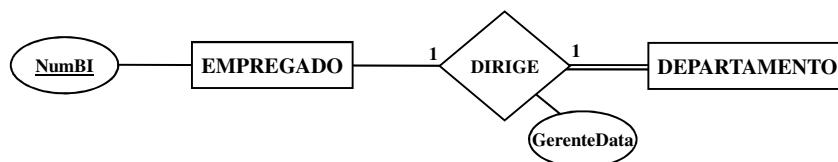
- Passo 2: Entidade fraca F com entidade identificadora E
  - T relação associada a E
  - F → Relação S
  - Atributos simples/compostos de F → Atributos de S
  - Chave primária de T → Chave externa de S
  - Chave primária de T + Atributos da chave parcial de F → Chave primária de S



**DEPENDENTE**(EmpBI, Nome, Sexo, DataNasc, GrauParentesco)

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 3A (opção chave externa): Relacionamento 1:1 R(E1,E2)
  - E2 com participação total em R
  - T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - Atributos simples/compostos de R → Atributos de T2
  - Chave primária de T1 → Chave externa de T2



**DEPARTAMENTO**(Nome, Num, GerenteBI, GerenteData)

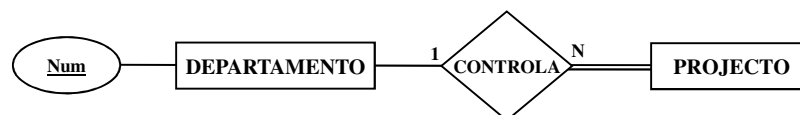


## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 3B (opção juntar relações): Relacionamento 1:1 R(E1,E2)
  - E1 e E2 com participação total em R
  - T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - **T1 → Juntar com T2**
  - **Atributos simples/compostos de R → Atributos de T2**
- Passo 3C (opção referência cruzada): Relacionamento 1:1 R(E1,E2)
  - Existência de poucas instâncias relacionadas
  - T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - **R → Relação S**
  - **Atributos simples/compostos de R → Atributos de S**
  - **Chave primária de T1 → Chave externa de S**
  - **Chave primária de T2 → Chave externa de S**
  - **Chave primária de T1 ∨ Chave primária de T2 → Chave primária de S**

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 4A (opção chave externa): Relacionamento 1:N R(E1,E2)
  - T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - **Atributos simples/compostos de R → Atributos de T2**
  - **Chave primária de T1 → Chave externa de T2**



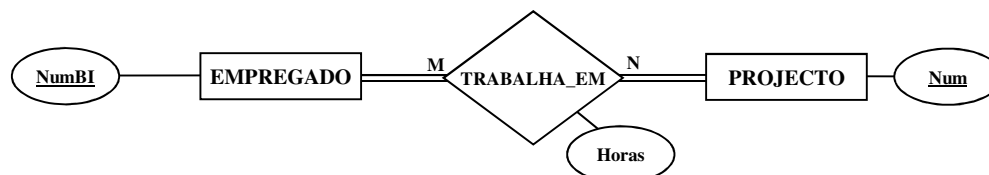
PROJECTO(Nome, Num, Localização, NumDep)

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 4B (opção referência cruzada): Relacionamento 1:N R(E1,E2)
  - Existência de poucas instâncias relacionadas
  - T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - **R → Relação S**
  - Atributos simples/compostos de R → Atributos de S
  - Chave primária de T1 → Chave externa de S
  - Chave primária de T2 → Chave externa de S
  - Chave primária de T2 → Chave primária de S

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 5: Relacionamento M:N R(E1,E2)
  - T1 e T2 relações associadas a E1 e E2
  - **R → Relação S**
  - Atributos simples/compostos de R → Atributos de S
  - Chave primária de T1 → Chave externa de S
  - Chave primária de T2 → Chave externa de S
  - Chave primária de T1 + Chave primária de T2 → Chave primária de S



**TRABALHA\_EM(**EmpBI, NumProj, Horas)

## Conversão para o Modelo Relacional

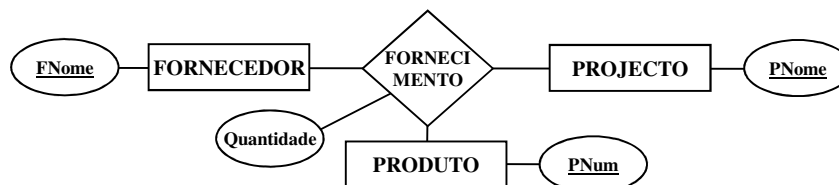
- Passo 6: Atributo multi-valor A da entidade ou relacionamento X
  - T relação associada a X
  - $A\_X \rightarrow$  Relação S
  - $A \rightarrow$  Atributo de S
  - Chave primária de T  $\rightarrow$  Chave externa de S
  - Chave primária de T + A  $\rightarrow$  Chave primária de S



**LOCALIZAÇÕES\_DEP(NumDep, Localização)**

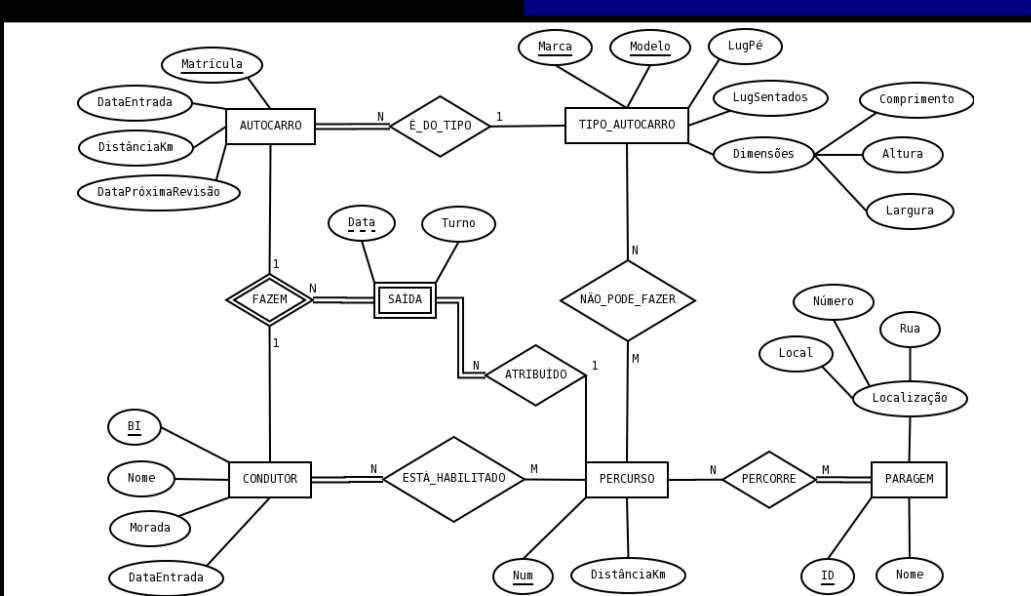
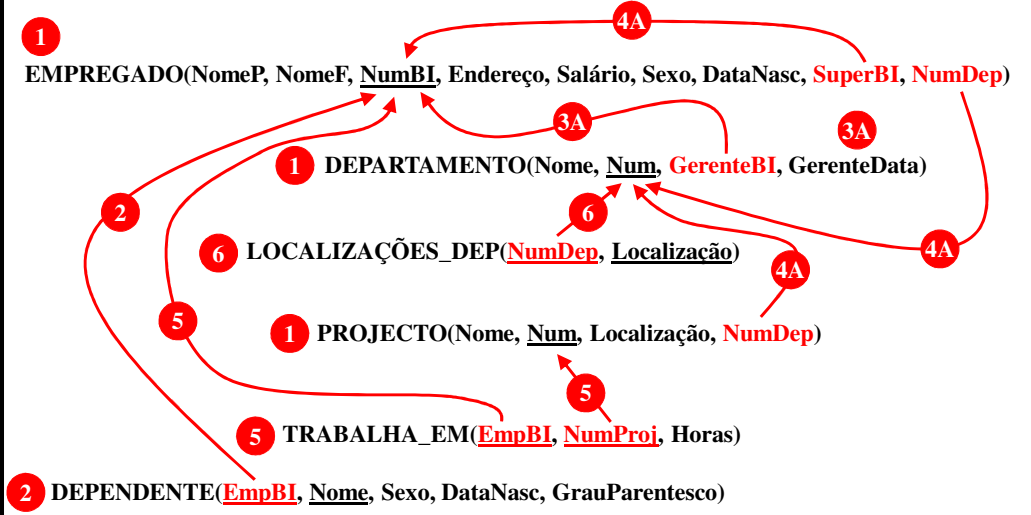
## Conversão para o Modelo Relacional

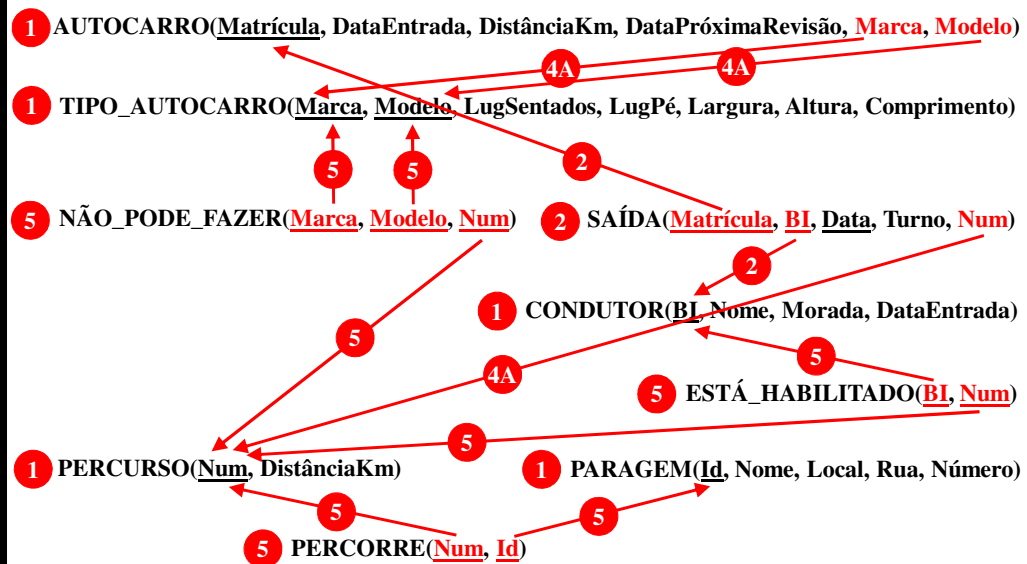
- Passo 7: Relacionamento  $R(E_1, \dots, E_n)$ ,  $n > 2$ 
  - $T_1, \dots, T_n$  relações associadas a  $E_1, \dots, E_n$
  - $R \rightarrow$  Relação S
  - Atributos simples/compostos de R  $\rightarrow$  Atributos de S
  - Chave primária de  $T_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )  $\rightarrow$  Chave externa de S
  - Chave primária de  $T_1 + \dots +$  Chave primária de  $T_n \rightarrow$  Chave primária de S
  - Não incluir na chave primária de S as chaves das entidades com cardinalidade 1



**FORNECIMENTO(FNome, PNome, PNum, Quantidade)**

## Conversão para o Modelo Relacional da BD EMPRESA



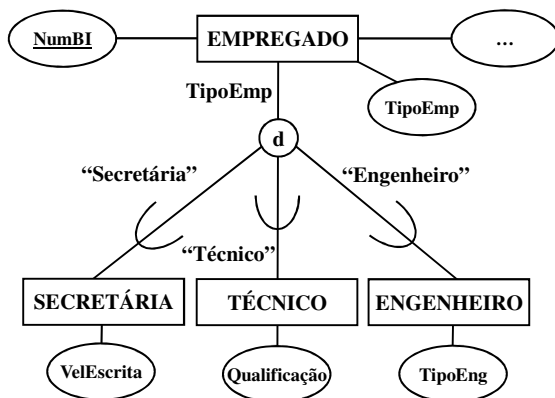


## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8A (opção superclasse e subclasses): Especialização  $\{C_1, \dots, C_n\}$  de G
  - $G \rightarrow$  Relação S
  - Atributos simples/compostos de G  $\rightarrow$  Atributos de S
  - Atributos chave de G  $\rightarrow$  Chave primária de S
  - $C_i (1 \leq i \leq n) \rightarrow$  Relação  $T_i$
  - Atributos simples/compostos de  $C_i (1 \leq i \leq n) \rightarrow$  Atributos de  $T_i$
  - Chave primária de S  $\rightarrow$  Chave externa de  $T_i (1 \leq i \leq n)$
  - Chave primária de S  $\rightarrow$  Chave primária de  $T_i (1 \leq i \leq n)$

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8A (opção superclasse e subclasses)



**EMPREGADO**(..., NumBI, TipoEmp)

**SECRETÁRIA**(EmpBI, VelEscrita)

**TÉCNICO**(EmpBI, Qualificação)

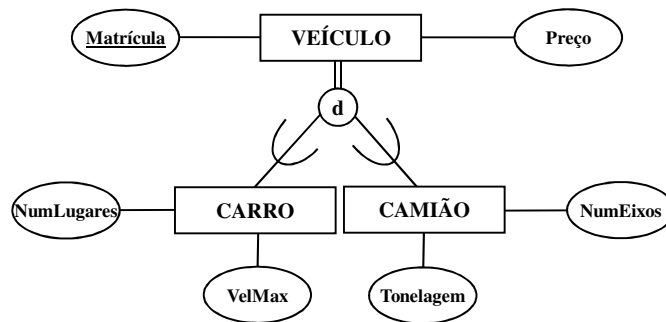
**ENGENHEIRO**(EmpBI, TipoEng)

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8B (opção subclasses): Especialização  $\{C_1, \dots, C_n\}$  de  $G$ 
  - Especialização disjunta total
  - $C_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )  $\rightarrow$  Relação  $T_i$
  - Atributos simples/compostos de  $C_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )  $\rightarrow$  Atributos de  $T_i$
  - Atributos simples/compostos de  $G$   $\rightarrow$  Atributos de  $T_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )
  - Não incluir o atributo discriminante se  $G$  for uma especialização definida por atributo
  - Atributos chave de  $G$   $\rightarrow$  Chave primária de  $T_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8B (opção subclasses)



**CARRO**(Matrícula, Preço, NumLugares, VelMax)

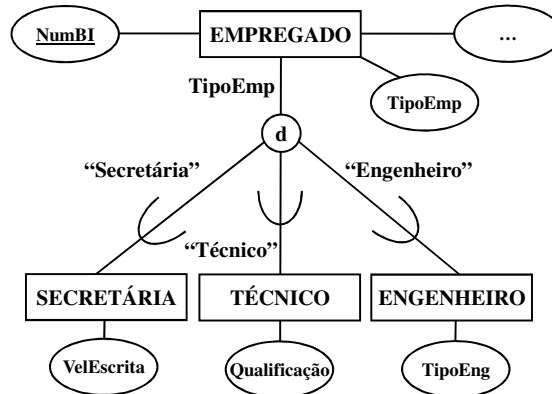
**CAMIÃO**(Matrícula, Preço, Tonelagem, NumEixos)

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8C (opção atributo discriminante): Especialização  $\{C_1, \dots, C_n\}$  de  $G$ 
  - Especialização disjunta
  - Existência de poucos atributos nas subclasses
  - Definir um novo atributo  $A$  (em  $G$ ) que discrimine a subclasse a que cada tuplo pertence (não necessário se  $G$  for uma especialização definida por atributo)
  - $G \rightarrow$  Relação  $S$
  - Atributos simples/compostos de  $G \rightarrow$  Atributos de  $S$
  - Atributos simples/compostos de  $C_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )  $\rightarrow$  Atributos de  $S$
  - Atributos chave de  $G \rightarrow$  Chave primária de  $S$

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8C (opção atributo discriminante)



**EMPREGADO(..., NumBI, TipoEmp, VelEscrita, Qualificação, TipoEng)**

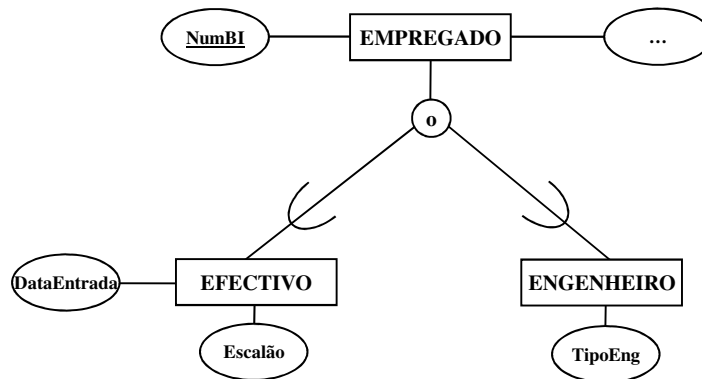
## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8D (opção atributos de selecção): Especialização  $\{C_1, \dots, C_n\}$  de  $G$ 
  - Especialização com sobreposição
  - Existência de poucos atributos nas subclasses
  - Definir novos atributos  $A_i$  (em  $G$ ),  $1 \leq i \leq n$ , que discriminem se um tuplo pertence a  $C_i$
  - $G \rightarrow$  Relação  $S$
  - Atributos simples/compostos de  $G \rightarrow$  Atributos de  $S$
  - Atributos simples/compostos de  $C_i$  ( $1 \leq i \leq n$ )  $\rightarrow$  Atributos de  $S$
  - Atributos chave de  $G \rightarrow$  Chave primária de  $S$



## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 8D (opção atributos de selecção)



**EMPREGADO(..., NumBI, ISAEfectivo, DataEntrada, Escalaõ, ISAEngenheiro, TipoEng)**

## Conversão para o Modelo Relacional

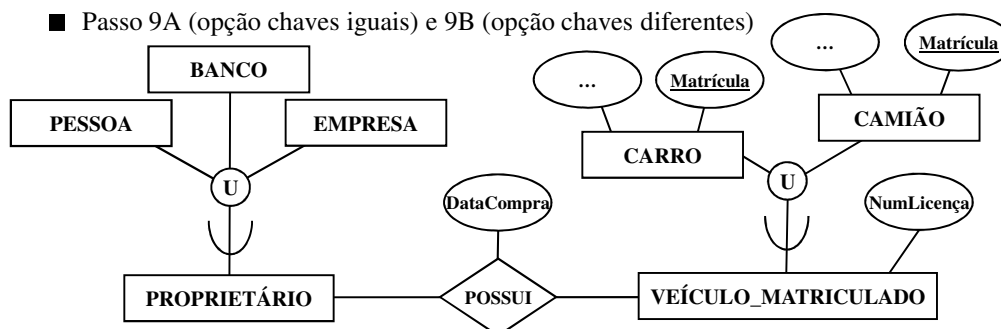
- Passo 9A (opção chaves iguais): Categoria K de  $\{C1, \dots, Cn\}$ 
  - T1, ..., Tn relações associadas a C1, ..., Cn
  - T1, ..., Tn têm chaves primárias iguais
  - **K → Relação S**
  - Atributos simples/compostos de K → Atributos de S
  - Chave primária de T1 → Chave primária de S

## Conversão para o Modelo Relacional

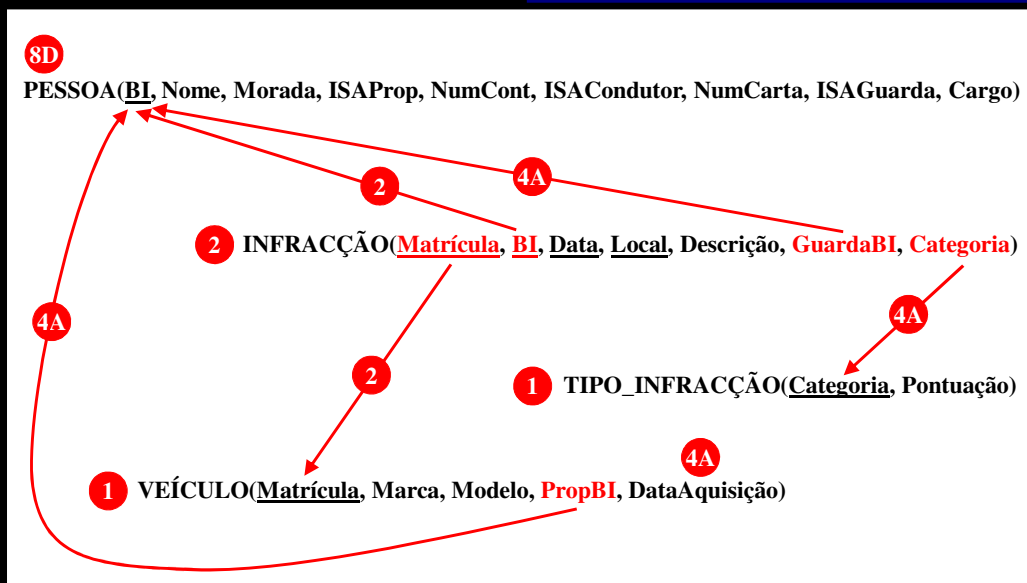
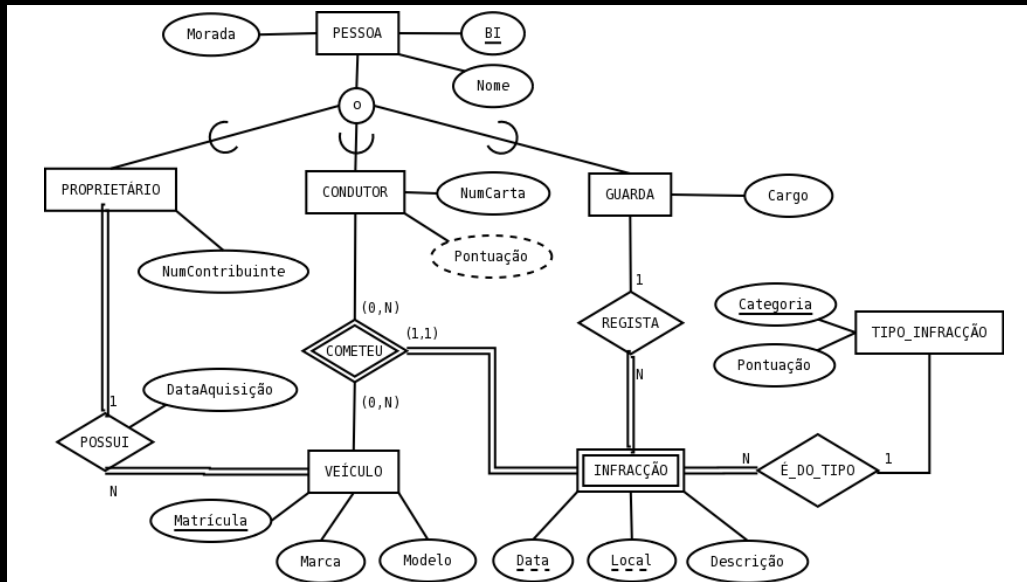
- Passo 9B (opção chaves diferentes): Categoria K de {C1, ..., Cn}
  - T1, ..., Tn relações associadas a C1, ..., Cn
  - T1, ..., Tn têm chaves primárias diferentes
  - Definir um novo atributo A (em K) que identifique de forma única as instâncias de K
  - **K → Relação S**
  - **Atributos simples/compostos de K → Atributos de S**
  - **A → Chave primária de S**
  - **A → Chave externa de Ti (1 ≤ i ≤ n)**

## Conversão para o Modelo Relacional

- Passo 9A (opção chaves iguais) e 9B (opção chaves diferentes)



PESSOA(..., **PropID**)    CAMIÃO(Matrícula, ...)    **PROPRIETÁRIO(PropID)**  
 BANCO(..., **PropID**)    CARRO(Matrícula, ...)    **POSSUI(PropId, Matrícula, DataCompra)**  
 EMPRESA(..., **PropID**)    **VEÍCULO\_MATRICULADO(Matrícula, NumLicença)**



## Conversão para o Modelo Relacional

- Resumo modelo ER
  - Entidade-tipo → **Relação**
  - Entidade fraca → **Relação com chave externa**
  - Relacionamento 1:1 → **Chave externa (3A) ou juntar relações (3B) ou relação com chave externa (3C)**
  - Relacionamento 1:N → **Chave externa (4A) ou relação com chave externa (4B)**
  - Relacionamento M:N → **Relação com duas chaves externas**
  - Atributo multi-valor → **Relação com chave externa**
  - Relacionamento de grau  $N > 2$  → **Relação com N chaves externas**
- Resumo modelo EER
  - Especialização em N subclasses → **Relação da superclasse e N relações com chave externa (8A) ou N relações (8B) ou relação com atributo discriminante (8C) ou relação com atributos de selecção (8D)**
  - Categoria → **Nova chave (9B) e relação com chave externa (9A e 9B)**