

# Banco de Dados - Parte 02

Modelagem Relacional  
Mapeamento ER/EER – Relacional  
Dependência Funcional e Normalização

1

## Estrutura da Aula

- Modelo de Dados Relacional
- Mapeamento ER/EER – Relacional
- Dependência Funcional e Normalização
- Laboratório:
  - Ferramentas de Modelagem Relacional
  - Ferramentas de Normalização
- Projeto:
  - Modelagem Relacional usando o Mapeamento ER/EER – Relacional
  - Normalização

2

## Modelagem de Dados Relacional

- Proposta por Ted Codd (IBM Research) em 1970 [Codd 1970]
  - August 23, 1923 – April 18, 2003
  - Turing Award in 1981
- Simplicidade e base matemática chamaram a atenção da academia e da indústria



3

## Modelagem de Dados Relacional

- Conceitos
  - Relação Matemática como bloco de construção básica
  - Base teórica
    - Teoria dos conjuntos
    - Lógica de predicados

4

## Modelagem de Dados Relacional

- Implementações

- Primeiras

- SGBD Oracle

- SQL/DS do MVS OS (IBM Multiple Virtual Storage)



5

## Modelagem de Dados Relacional



- Implementações

- Atuais

- IBM: DB2 e Informix Dynamic Server
    - ORACLE: Oracle e Rdb
    - SQL Server
    - Microsoft Access
    - MySQL
    - PostgreSQL



6

## Modelo Relacional

- O BD é representado como uma coleção de relações (tabela de valores)

Coleção de valores de dados relacionados

Fato que corresponde a uma entidade

Relacionamento do mundo real

Auxilia no entendimento

ALUNO	Nome	Numero	Turma	Curso_Hab.
Smith	17	1	CC	
Brown	8	2	CC	

CURSO	NomedoCurso	NumerodoCurso	Creditos	Departamento
Introdução à Ciéncia da Computação	CC1310	4	CC	
Estruturas de dados	CC3320	4	CC	
Matemática Discreta	MAT2410	3	MATH	
Banco de dados	CC3380	3	CC	

DISCIPLINA	IdentificadorDisciplina	NumerodoCurso	Semestre	Ano	Instrutor
85	MAT2410	Segundo Semestre	98	King	
92	CC1310	Segundo Semestre	98	Anderson	
102	CC3320	Primo Semestre	99	Knuth	
112	MAT2410	Segundo Semestre	99	Chang	
119	CC1310	Segundo Semestre	99	Anderson	
135	CC3380	Segundo Semestre	99	Stone	

HISTORICO_ESCOLAR	NumerodoAluno	Identificador_Displinas	Nota
17	112	B	
17	119	C	
8	85	A	
8	92	A	
8	102	B	
8	135	A	

PRE_REQUSITO	NumerodoCurso	NumerodoPre_requisito
CC3380	CC3320	
CC3380	MAT2410	
CC3320	CC1310	

7

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Um domínio D é um conjunto de valores atômicos (indivisíveis)
- Para especificar um domínio podemos procurar o tipo de dado do qual os valores de dados são retirados

8

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Exemplos de domínios
  - Numeros\_Fone\_BR
  - Numeros\_CPF
  - Nomes
  - Idades\_aluno
  - Nomes\_depto
  - Códigos\_deptos

9

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Formato
  - Numeros\_Fone\_BR
    - (ddd)ddd-dddd
  - Idades\_aluno
    - Números entre 10 e 80
  - Nomes\_deptos
    - Todas as cadeias de caracteres
- Domínio
  - Nome + Tipo de dado + [Formato] + [Info adicionais]

10

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Esquema de relação

- $R(A_1, \dots, A_n)$
- $R$  – Nome da relação
- $A_i$  – Atributos
  - $\text{dom}(A_i) = \text{Domínio de } A_i$
- $n$  – Grau da relação

`ALUNO(Nome, SSN, FoneRes, Endereco, FoneEsc, Idade, MPG)`

`ALUNO(Nome:string, SSN:string, FoneRes:string,  
Endereco:string, FoneEsc:string, Idade:integer, MPG:real)`

`dom(Nome) = string ...`

11

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Relação

- $R(A_1, \dots, A_n)$
- $r(R)$ 
  - Estado da relação  $r$  do esquema de relação  $R$
- $r = \{t_1, \dots, t_m\}$ 
  - $t_i = \langle v_1, \dots, v_n \rangle$
  - $v_i \in \text{dom}(A_i)$

- Exemplo

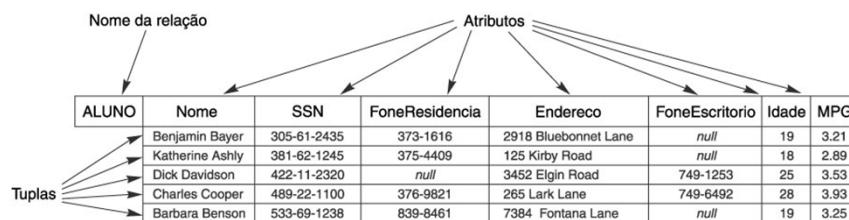
- Salas Setor 3

- `SALAS(bloco:char, num:integer)`
- `Setor3 = { <A,1>, <A,2>, ..., <H,2>, <H,7> }`
- `<A,1>[1] = A`

12

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Outro exemplo



13

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Relações mais formalmente
  - Dado  $R(A_1, \dots, A_n)$
  - $r(R)$  é uma relação de grau  $n$  nos domínios  $\text{dom}(A_1), \dots, \text{dom}(A_n)$
  - $r(R) \subseteq \text{dom}(A_1) \times \dots \times \text{dom}(A_n)$

### Exemplo

- Salas Setor 3
  - $\text{dom}(\text{bloco}) \times \text{dom}(\text{num}) =$ 
    - $\{ \langle A, 1 \rangle, \dots, \langle H, 2 \rangle, \dots, \langle Z, 134 \rangle, \dots \}$
  - $\text{Setor3} = \{ \langle A, 1 \rangle, \dots, \langle H, 2 \rangle, \langle H, 7 \rangle \}$

14

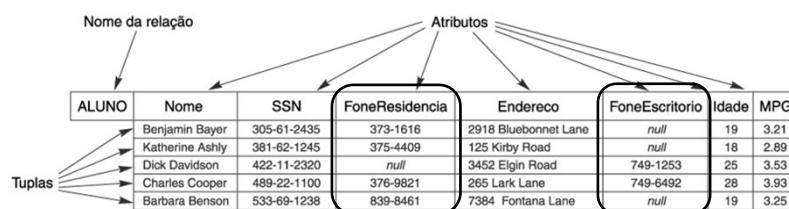
## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Cardinalidade de um domínio
  - $|D|$
- Número máximo de tuplas é
  - $|dom(A_1)| \times \dots \times |dom(A_n)|$
- Estado de relação corrente
  - Tuplas válidas em um estado particular do sistema
- Estados de relação se alteram com frequência
- Relações alteram-se com muito menos frequência

15

## Domínios, Atributos, Tuplas e Relações

- Atributos com mesmo domínios e diferentes papéis



16

## Características das Relações

- Relações possuem características que as diferenciam de arquivos, são elas:
- Ordenação de tuplas em uma relação
  - Relação é um conjunto de tuplas
  - Conjuntos não têm ordem entre seus elementos
  - Tuplas não têm ordem entre elas
  - A ordenação de tupla não faz parte da definição da relação

17

## Ordenação de Tuplas

- Muitas ordens lógicas podem ser especificadas em uma relação

ALUNO	Nome	SSN	FoneResidencia	Endereco	FoneEscritorio	Idade	MPG
Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	null	19	3.21	
Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	null	18	2.89	
Dick Davidson	422-11-2320	null	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53	
Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93	
Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	null	19	3.25	

18

## Ordenação de Tuplas

- Não há preferência de uma ordenação lógica sobre outra
- Definição da relação não especifica qualquer ordem

ALUNO	Nome	SSN	FoneResidencia	Endereco	FoneEscritorio	Idade	MPG
Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	null	19	3.21	
Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	null	18	2.89	
Dick Davidson	422-11-2320	null	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53	
Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93	
Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	null	19	3.25	

É IDÊNTICA A

ALUNO	Nome	SSN	FoneResidencia	Endereco	FoneEscritorio	Idade	MPG
Dick Davidson	422-11-2320	null	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53	
Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	null	19	3.25	
Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93	
Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	null	18	2.89	
Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	null	19	3.21	

19

## Características das Relações

- Ordenação de valores dentro de uma tupla
- Relação
  - $R(A_1, \dots, A_n)$
  - $r(R)$ 
    - Relação  $r$  do esquema de relação  $R$
  - $r = \{t_1, \dots, t_m\}$ 
    - $t_i = \langle v_1, \dots, v_n \rangle$
    - $v_i \in \text{dom}(A_i)$

- Lista ordenada de valores
- A ordem é importante
- Conceitualmente isso não é importante

20

## Características das Relações

- Cada valor em uma tupla é atômico
  - Atributos compostos e multivalorados não são permitidos
  - Temos uma representação para eles no modelo relacional
    - Compostos: atributos componentes simples
    - Multivalorados: relações à parte
- Valor *null*
  - Valor desconhecido
  - Valor não se aplica

21

*null*

ALUNO	Nome	SSN	FoneResidencia	Endereco	FoneEscritorio	Idade	MPG	VISTO
Dick Davidson	422-11-2320	<i>null</i>	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53		OK
Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	<i>null</i>	19	3.25		<i>null</i>
Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93		<i>null</i>
Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	<i>null</i>	18	2.89		OK
Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	<i>null</i>	19	3.21		PENDING

Podemos planejar códigos diferentes para razões diferentes de *null*

22

## Interpretação de uma Relação

- Cada linha na relação abaixo é considerado como um fato do minimundo

ALUNO	Nome	SSN	FoneResidencia	Endereco	FoneEscritorio	Idade	MPG
Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	null	19	3.21	
Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	null	18	2.89	
Dick Davidson	422-11-2320	null	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53	
Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93	
Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	null	19	3.25	

- No modelo relacional, este fato pode representar entidades (como acima) ou relacionamentos...

23

## Interpretação de uma Relação

(a)

HISTORICO_ESCOLAR	NomedoAluno	Histórico Escolar do Aluno				
		NumerodoCurso	Nota	Semestre	Ano	IdDisciplina
Smith	CC1310	C	Outono	99	119	
	MAT2410	B	Outono	99	112	
Brown	MAT2410	A	Outono	98	85	
	CC1310	A	Outono	98	92	
	CC3320	B	Primavera	99	102	
	CC3380	A	Outono	99	135	

(b)

PRE_REQUISITOS	NomedoCurso	NumerodoCurso	Pre_Requisitos
Banco de Dados	CC3380	CC3320	MAT2410
Estruturas de Dados	CC3320	CC1310	

- ... sem distinção
- Isto pode comprometer o entendimento.  
Tentaremos minimizar isso.

24

## Notação do Modelo Relacional

- Esquema de relação de grau n
  - $R(A_1, \dots, A_n)$
- n-tupla t em uma relação r(R)
  - $t = \langle v_1, \dots, v_n \rangle$
  - $t[A_i] = t.A_i = v_i$
  - $t[A_3, A_5] = t.(A_3, A_5) = \langle v_3, v_5 \rangle$
- Relações Q, R, S
- Estados de relações q, r, s
- Tuplas t, u, v

25

## Notação do Modelo Relacional

- ALUNO
  - Pode representar o estado corrente da relação ou o esquema de relação
- ALUNO(Nome, SSN, ...)
  - Apenas o esquema da relação
- Acesso a atributos
  - ALUNO.Nome

26

## Restrições

- Muitas relações e relacionamentos entre suas tuplas
- Existem várias limitações e restrições para os valores reais de um banco de dados
  - Derivadas de regras do minimundo

27

## Restrições

- Três categorias principais
  - Baseadas em modelo
    - Inerentes ao modelo de dados
    - Exemplo: uma relação não pode ter tuplas repetidas
  - Baseada em esquema
    - Podem ser expressa diretamente nos esquemas do modelo de dados
    - Veremos nessa aula...
  - Baseada em aplicação
    - Não podem ser baseadas em esquema e precisam ser controladas por aplicações

28

## Restrições

### • Outras categorias

- Dependência de dados
  - Dependência funcional
    - O valor de um atributo determina o valor de um outro atributo
    - Cidade → Estado
  - Dependência multivalorada
    - O valor de um atributo determina um conjunto de valores de um outro atributo
  - Usada na normalização

29

## Restrições

### • Nesta aula

- Baseada em esquema
  - Restrições de domínio
  - Restrições de chave
  - Restrições de valores *null*
  - Restrições de integridade de entidade
  - Restrições de integridade referencial

30

## Restrição de Domínio

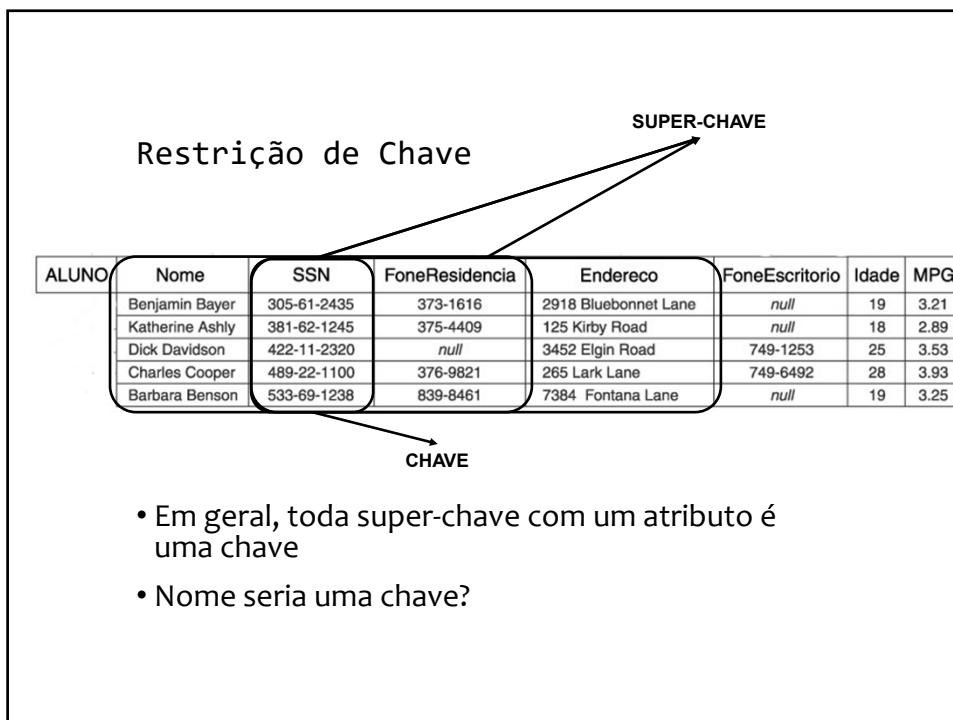
- Especificação do domínio de cada atributo
  - $\text{dom}(A)$
- Vários tipos
  - Numéricos
    - integer, short, long, float, double
  - Booleanos
  - Caracteres
  - Strings
    - Comprimento fixo e variado
  - Moeda
  - Subconjunto de valores

31

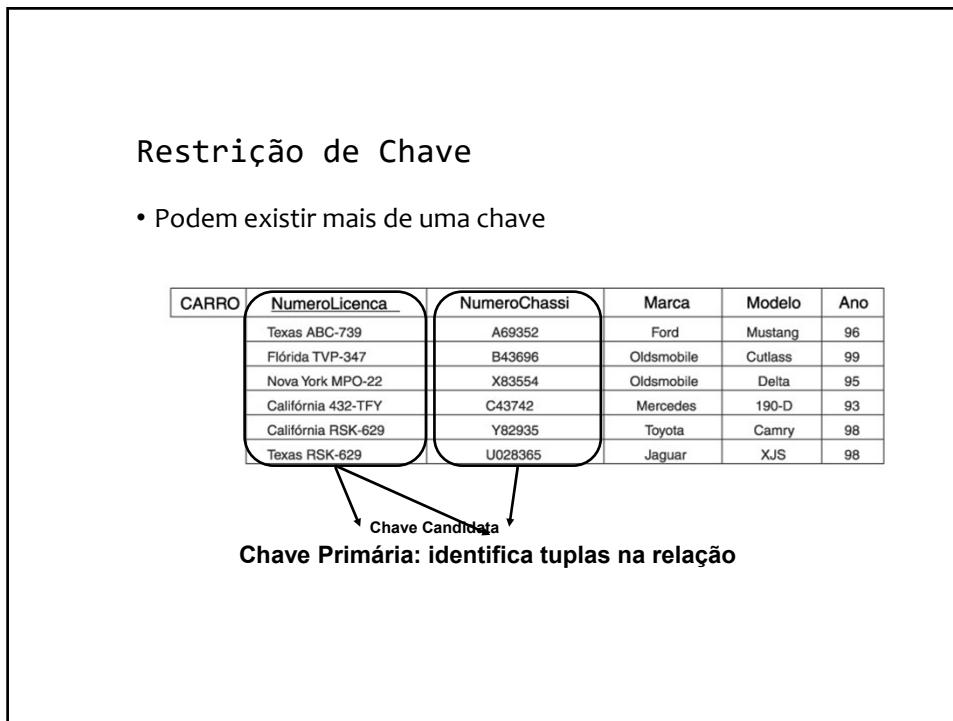
## Restrição de Chave

- Super-chave SK
  - Subconjunto de atributos
  - Restrição de unicidade
    - Se  $t_1 \neq t_2$  então  $t_1[\text{SK}] \neq t_2[\text{SK}]$
- Super-chaves podem ter atributos redundantes
- Chave K
  - Super-chave que não apresenta redundância
    - Se  $t_1 \neq t_2$  então  $t_1[K] \neq t_2[K]$
    - É uma super-chave mínima

32



33



34

### Restrição de Valores *null*

- Podemos proibir que determinados atributos tenham valor *null*
- Geralmente fazemos isso para chaves secundárias

CARRO	NumerolLicenca	NumeroChassi	Marca	Modelo	Ano
Texas ABC-739		A69352	Ford	Mustang	96
Flórida TVP-347		B43696	Oldsmobile	Cutlass	99
Nova York MPO-22		X83554	Oldsmobile	Delta	95
Califórnia 432-TFY		C43742	Mercedes	190-D	93
Califórnia RSK-629		Y82935	Toyota	Camry	98
Texas RSK-629		U028365	Jaguar	XJS	98

NumeroChassi: ***NOT null, UNIQUE***

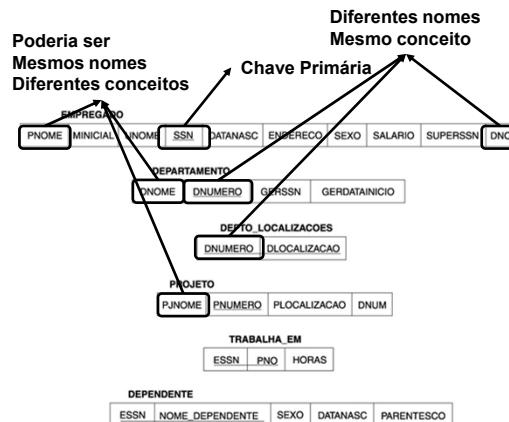
35

### BDs Relacionais e Esquemas de BD Relacionais

- Esquema de BD Relacional
  - Conjunto de esquemas de relação  
 $S = \{R_1, \dots, R_m\}$
  - Restrições de integridade IC
- Estado de BD relacional
  - Conjunto de estados da relação  
 $DB = \{r_1, \dots, r_m\}$
  - $r_m$  satisfazem as restrições em IC
  - Válido x Inválido

36

## BDs Relacionais e Esquemas de BD Relacionais



37

## BDs Relacionais e Esquemas de BD Relacionais

- DDL
  - *Data Definition Language*
  - SQL
- Restrições de integridade
  - Especificadas no esquema do BD
  - Mantidas ao longo da vida do BD
  - Dois tipos
    - Integridade de entidade
    - Integridade referencial

38

## Restrições de Integridade

- Entidade
  - Chaves primárias não podem ter valores *null*
  - Por quê?
- Referencial
  - Uma tupla em uma relação que faz referencia a outra relação deve se referir a uma tupla existente na outra relação

39

## Restrições de Integridade Formalmente

- Chave estrangeira
  - Conjunto de atributos FK
  - Relações
    - $R_1$  (relação que referencia)
    - $R_2$  (relação que é referenciada)
  - FK é chave estrangeira de  $R_1$  que referencia  $R_2$   
se:
    - Atributos de FK têm mesmo domínios dos atributos de PK de  $R_2$
    - Dados  $t_1$  de  $R_1$  e  $t_2$  de  $R_2$ 
      - $t_1[FK] = t_2[PK]$  ou  $t_1[FK]$  é *null*

40

## Restrições de Integridade

EMPREGADO	PNAME	MINITIAL	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	null	1	

DEPT LOCALIZACOES		DNUMERO	DLOCALIZACAO
		1	Houston
		4	Stafford
		5	Bellaire
		5	Sugarland
		5	Houston

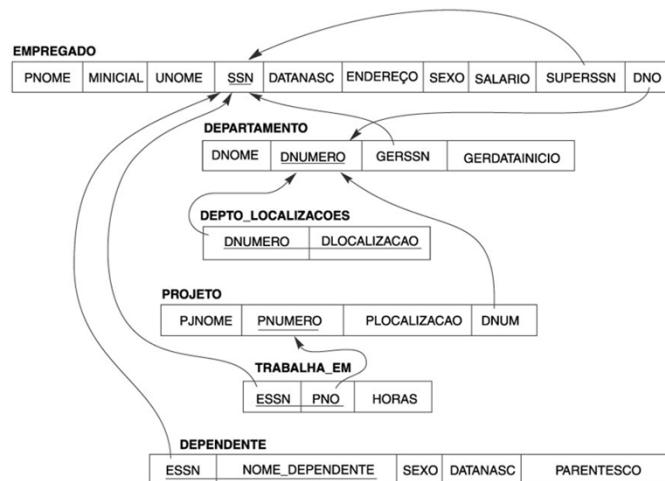
  

DEPARTAMENTO	DNOME	DNUMERO	GERSSN	GERDATAINICIO
Pesquisa	5	333445555	1988-05-22	
Administração	4	987654321	1995-01-01	
Sede administrativa	1	888665555	1981-06-19	

41

## Restrições de Integridade

### Diagramas



42

## Restrições de Integridade

- Especificadas no esquema de BD relacional
- Suportada pela DDL
- Por consequência, suportada pelo SGBD
  - Integridade de entidade
  - Integridade referencial

43

## Outras restrições

- Integridade semântica
  - “O salário de um empregado não deve ser maior que o salário do seu supervisor”
  - Feitas por
    - Aplicação (mais comum)
    - Linguagem de especificação de restrição
      - Gatilhos e asserções
      - SQL-99: CREATE ASSERTION

44

## Outras restrições

- Dependência funcional
  - Estabelece relacionamento funcional entre dois conjuntos de atributos
- Aqui vimos restrições de estados, porém temos também restrições de transição
  - “o salário de um funcionário pode apenas ser aumentado”

45

## Operações de Atualização

- Operações do modelo
  - Recuperação
    - Álgebra relacional
      - Formação de novas relações utilizando operadores algébricos
  - Atualização
    - Inserção: INSERT
    - Remoção: DELETE
    - Atualização: UPDATE
  - Tratamento de violações de restrição

46

## INSERT

<'Cecilia', 'F', 'Kolonsky', 677678989, 1960-04-05, '6357 Windy Lane',  2800, *null*, 4>

EMPREGADO	PNAME	MINITIAL	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

- Viola restrição de integridade de entidade
- Viola restrição de chave
- Viola restrição de integridade referencial
- Viola restrição de domínio

47

## Tratamento de Violiação de Restrição

- Default
  - Rejeitar inserção
- Opção
  - Corrigir razão da violação
    - Solicite novo valor de DNO
    - Solicite criação de DEPARTAMENTO com aquele número
      - Efeito cascata: GERSSN não existe!!!
    - Mais comum para DELETE e UPDATE

48

## DELETE

EMPREGADO	PNAME	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	null	1

DEPT LOCALIZACOES					DNUMERO	DLOCALIZACAO
					1	Houston
					4	Stafford
					5	Bellaire
					5	Sugarland
						Houston

DEPARTAMENTO	DNAME	DNUMBER	GERSSN	GERDATAINICIO
	Pesquisa	5	333445555	1988-05-22
	Administração	4	987654321	1995-01-01
	Sede administrativa	1	888665555	1981-06-19

• Viola integridade referencial

49

## Tratamento de Violiação de Restrição

- Rejeitar remoção
- Remoção em cascata

EMPREGADO	PNAME	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	null	1

DEPT LOCALIZACOES					DNUMERO	DLOCALIZACAO
					1	Houston
					4	Stafford
					5	Bellaire
					5	Sugarland
						Houston

DEPARTAMENTO	DNAME	DNUMBER	GERSSN	GERDATAINICIO
	Pesquisa	5	333445555	1988-05-22
	Administração	4	987654321	1995-01-01
	Sede administrativa	1	888665555	1981-06-19

50

## Tratamento de Violação de Restrição

- Alteração do valor dos atributos de referência
  - null ou outro valor válido

EMPREGADO	PNAME	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	333445585	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	null	1	

DEPARTAMENTO	DNOME	DNUMERO	GERSSN	GERDATAINICIO	DEPT_LOCALIZACOES	DNUMERO	DLOCALIZACAO
Pesquisa		5	333445555	1988-05-22		1	Houston
Administração		4	987654321	1995-01-01		4	Stafford
Sede administrativa		1	888665555	1981-06-19		5	Bellaire
						5	Sugarland
						5	Houston

51

## Tratamento de Violação de Restrição

- Combinação das três opções

EMPREGADO	PNAME	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	333445585	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	null	1	

DEPARTAMENTO	DNOME	DNUMERO	GERSSN	GERDATAINICIO	DEPT_LOCALIZACOES	DNUMERO	DLOCALIZACAO
Pesquisa		5	333445555	1988-05-22		1	Houston
Administração		4	987654321	1995-01-01		4	Stafford
Sede administrativa		1	888665555	1981-06-19		5	Bellaire
						5	Sugarland
						5	Houston

52

Altere sexo do empregado 123456789 para 'X'  
**UPDATE**  
 Altere DNO do empregado 123456789 para 7  
 Altere SSN do empregado 33344555 para 987654321

EMPREGADO	PNAME	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	Zelava	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	null	1	

DEPT LOCALIZACOES	DNUMERO	DLOCALIZACAO
	1	Houston
	4	Stafford
	5	Bellaire
	5	Sugarland
		Houston

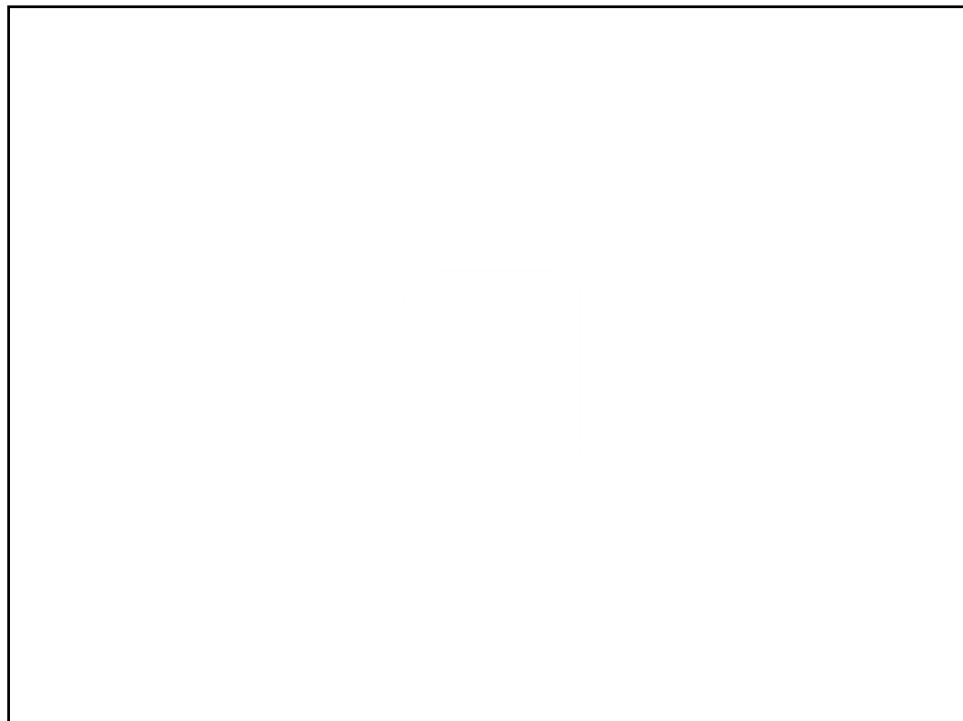
- Viola restrição de domínio
- Viola restrição de integridade referencial
- Viola restrições de chave primária e de integridade referencial

53

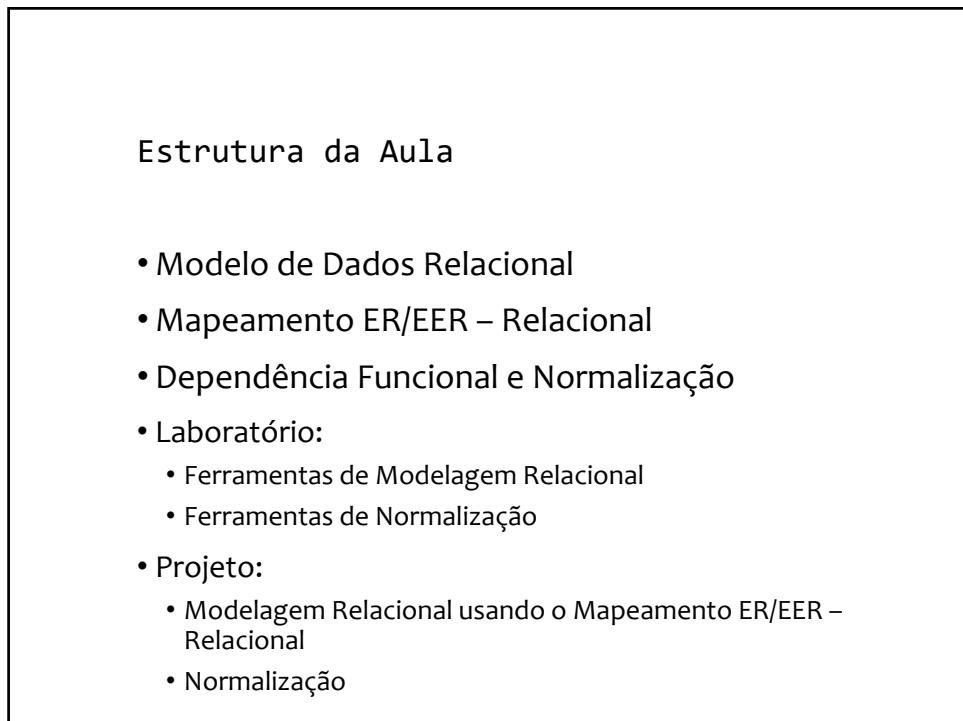
### Tratamento de Violiação de Restrição

- Alteração de atributos não chave geralmente não é problema (domínio)
- Alteração de valor de chave primária
  - Remoção + Inserção
- Alteração de valor de chave estrangeira
  - Novo valor refere-se a tupla existente ou é null
- Opções similares ao DELETE
  - SGBD oferece tratamentos distintos para cada um deles

54



55

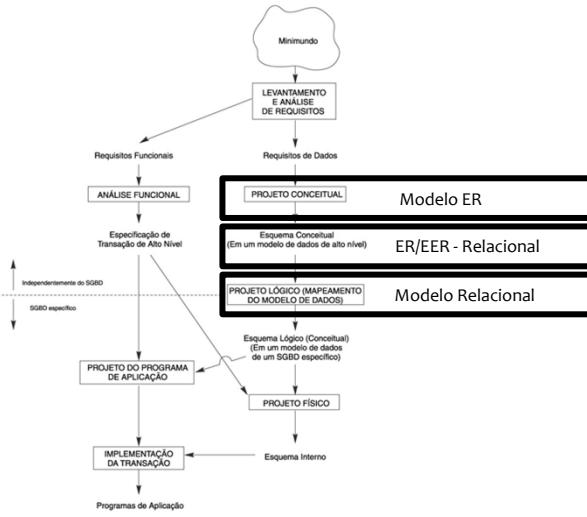


### Estrutura da Aula

- Modelo de Dados Relacional
- Mapeamento ER/EER – Relacional
- Dependência Funcional e Normalização
- Laboratório:
  - Ferramentas de Modelagem Relacional
  - Ferramentas de Normalização
- Projeto:
  - Modelagem Relacional usando o Mapeamento ER/EER – Relacional
  - Normalização

56

## Modelos Vistos



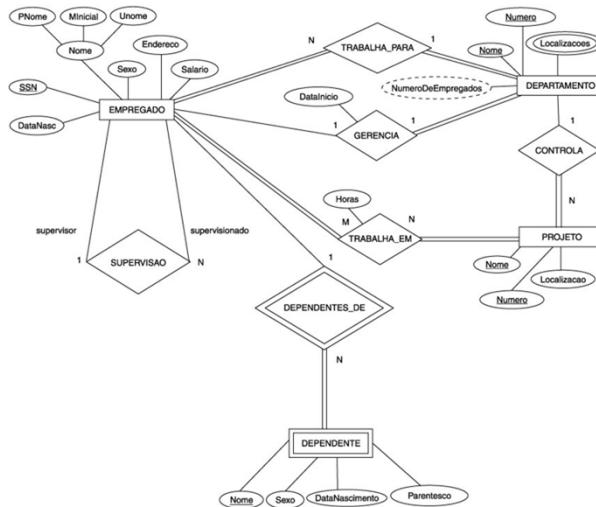
57

## Nesta Parte da Aula

- Conversão de construtores básicos do ER em relações
  - Entidades (fortes e fracas)
  - Relacionamentos (binários e n-ários)
  - Atributos (simples, compostos e multivvalorados)
- Mapeamentos dos construtores EER em relações
  - Especialização/generalização
  - Tipos união
- 7 + 2 passos

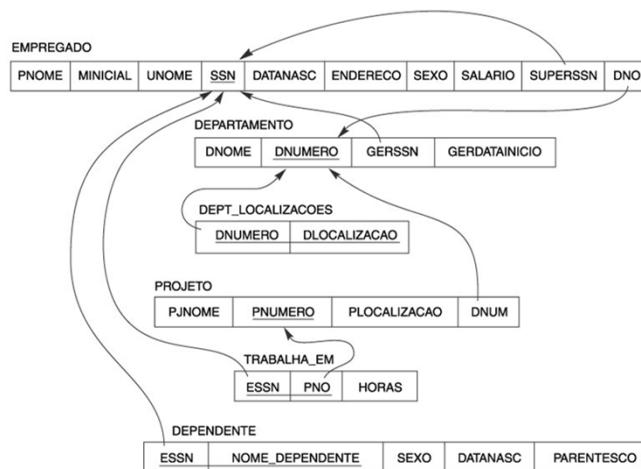
58

## Exemplo



59

## Exemplo



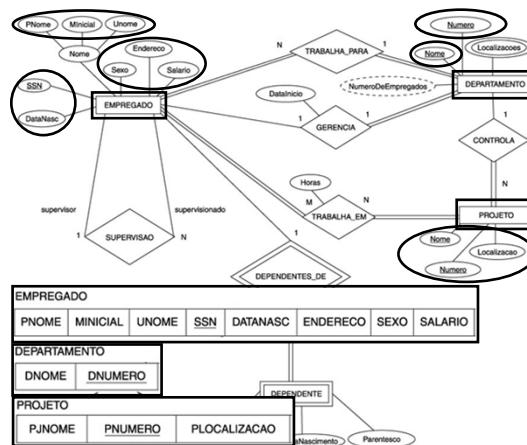
60

## Passo 1

- Mapeamento dos tipos de entidades regulares
  - Para cada entidade regular (forte) E do esquema ER cria-se uma relação R contendo os atributos simples de E
  - Incluir apenas componentes simples dos atributos compostos
  - Se a chave de E for um atributo composto, a chave primária de R é formada por eles

61

## Passo 1



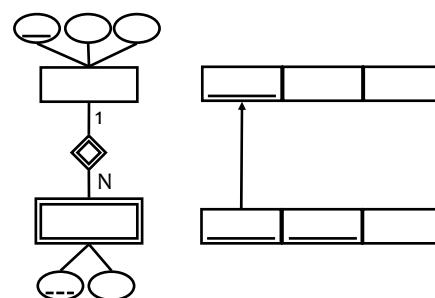
62

## Passo 2

- Mapeamento dos tipos de entidades fracas
  - Para cada entidade fraca W do esquema ER, que contém entidade forte E, criar uma relação R e nela incluir todos os atributos simples (e componentes dos atributos compostos) de W como atributos de R
  - Inserir como chave estrangeira de R os atributos que são chave primária das relações que correspondem ao mapeamento do tipo de entidade forte correspondente
  - Chave primária de R é a combinação das chaves parciais com as do item acima

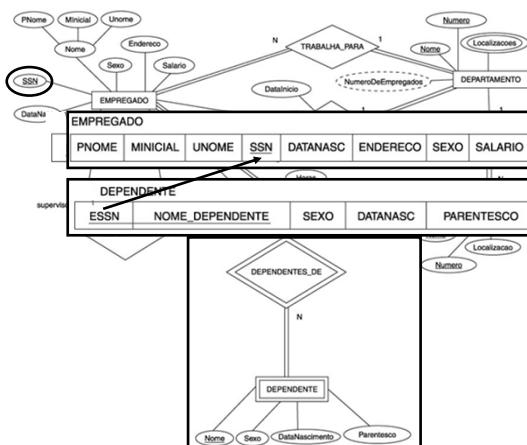
63

## Passo 2



64

## Passo 2



65

## Passo 2 Observações

- Se existir um tipo entidade fraca  $E_2$  cuja entidade forte é também uma entidade fraca  $E_1$ , mapeie primeiro  $E_1$  a fim de determinar sua chave primária
- CASCADE na chave estrangeira da entidade fraca
  - ON UPDATE
  - ON DELETE

66

### Passo 3

- Mapeamento dos tipos relacionamento binários R 1:1 entre S e T
  - Três opções
    - Chave estrangeira
    - Relação unificada
    - Referência cruzada
  - Dê preferência à primeira opção

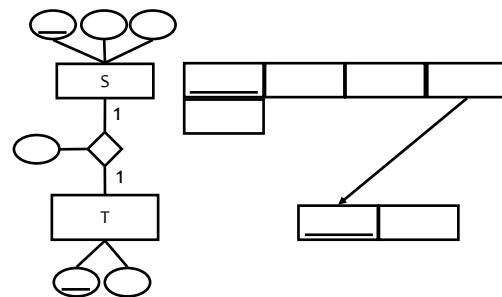
67

### Passo 3

- Chave estrangeira
  - Escolha uma das relações, digamos S, e insira nela como chave estrangeira, a chave primária de T
  - Se possível, escolha S para ser uma entidade com participação total em R
  - Incluir todos os atributos simples (e componentes dos atributos compostos) como atributos de S

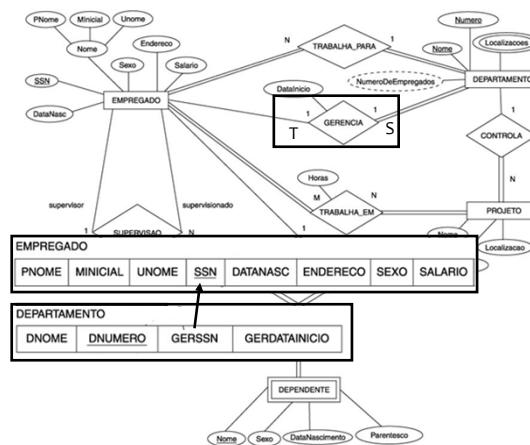
68

### Passo 3



69

### Passo 3



70

### Passo 3

- **Chave estrangeira**

- É possível colocar a chave primária de S como chave estrangeira de T
- Exemplo
  - Para GERENCIA colocaríamos o atributo DEPARTAMENTO\_GERENCIADO em EMPREGADO (*null* para empregados que não são gerentes)
  - Também é possível ter chaves estrangeiras em ambas as relações (redundância – inconsistência)

71

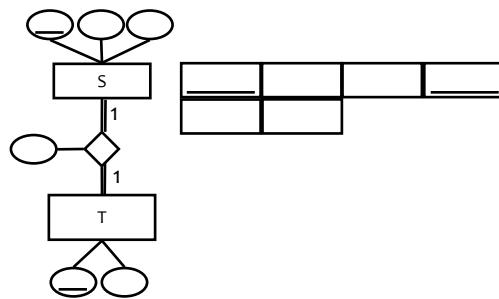
### Passo 3

- **Relação unificada**

- Incorporar o tipo relacionamento e os dois tipos entidades em uma única relação
- Apropriada quando ambas as participações são totais

72

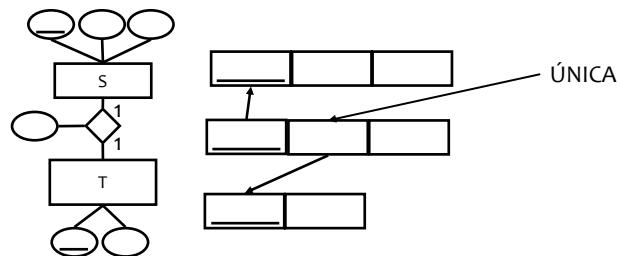
### Passo 3



73

### Passo 3

- Referência cruzada
  - Definir uma terceira relação R que servirá de referência cruzada às chaves de S e T

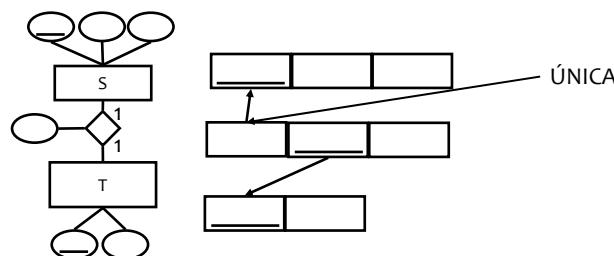


74

### Passo 3

- Referência cruzada

- Definir uma terceira relação R que servirá de referência cruzada às chaves de S e T



75

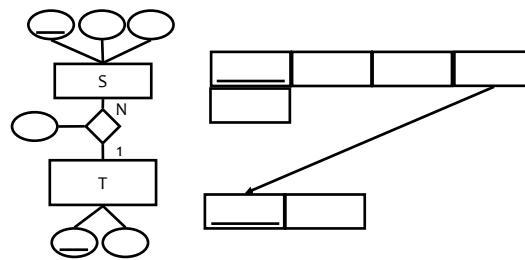
### Passo 4

- Mapeamento dos tipos de relacionamento binário R 1:N

- S representa o tipo entidade do lado N
- T representa o tipo entidade do lado 1
- Inserir em S, como chave estrangeira, a chave primária de T
- Incluir atributo simples (e componentes de atributos compostos) como atributos de S

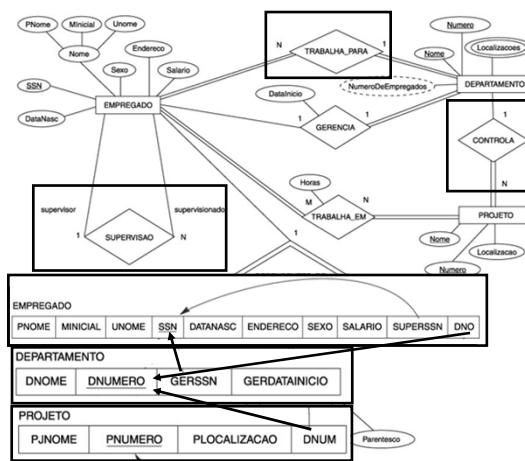
76

### Passo 4



77

### Passo 4



78

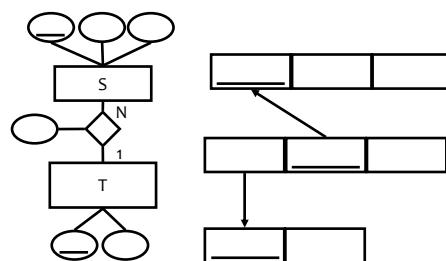
39

#### Passo 4 Observações

- A opção de referência cruzada também se aplica aqui
  - Nova relação cujos atributos seriam as chaves de S e T, e cuja chave primária seria a mesma de S
  - Pode ser usada se poucas tuplas de S participarem do relacionamento (evita uma grande quantidade de valores *null*)

79

#### Passo 4



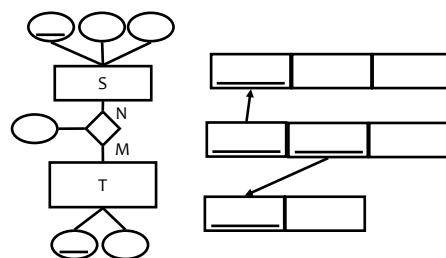
80

### Passo 5

- Mapeamento dos tipos de relacionamento binário R N:M
  - Definir uma terceira relação RR
  - Inserir as chaves primárias de S e T como chaves estrangeira em RR
  - A concatenação das chaves primárias de S e T será a chave primária de RR
  - Inserir atributos simples (e componentes de atributos compostos) do relacionamento em RR

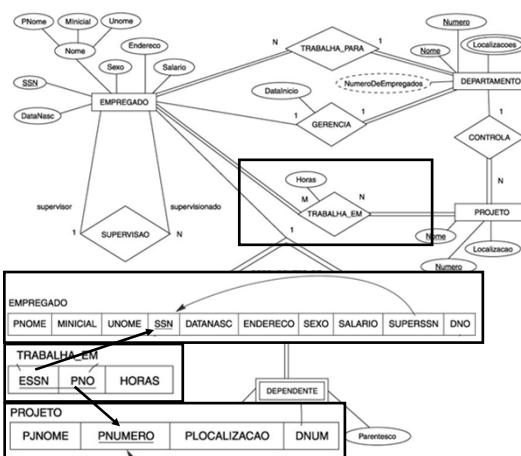
81

### Passo 5



82

## Passo 5



83

## Passo 5 Observações

- CASCADE na chave estrangeira de RR
  - ON UPDATE
  - ON DELETE
- A solução N:M pode ser aplicada para relacionamentos 1:1 e 1:N
  - Interessante caso existam poucas instâncias do relacionamento a fim de evitar valores null

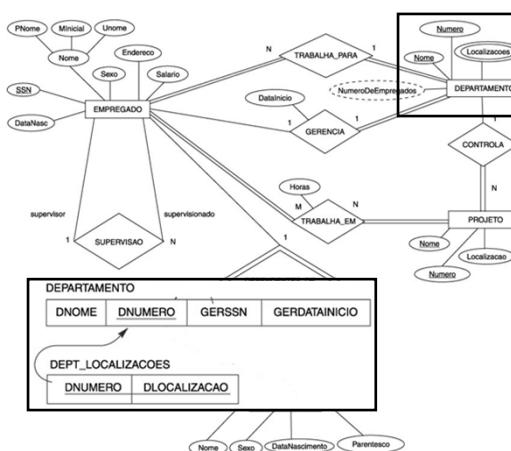
84

## Passo 6

- Mapeamento dos atributos multivalorados
  - Para cada atributo multivalorado A, criar uma relação R
  - Inserir A como atributo em R
  - Inserir a chave primária da entidade que contém A como chave estrangeira em R
  - Se A for composto, incluíremos os seus componentes

85

## Passo 6



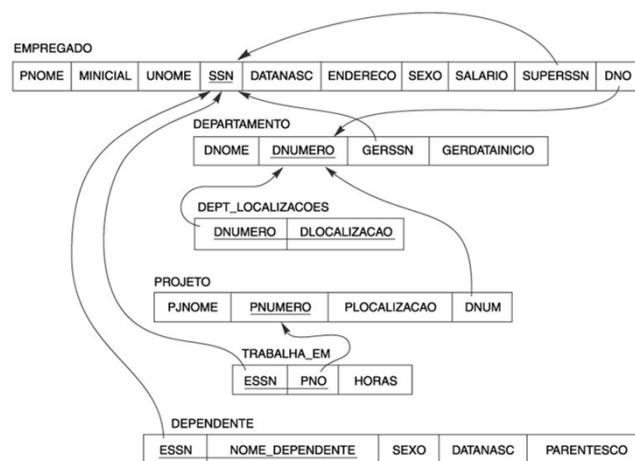
86

## Passo 6 Observações

- CASCADE na chave estrangeira
  - ON UPDATE
  - ON DELETE

87

## Exemplo



88

### Passo 7

- Mapeamento dos tipos de relacionamentos N-ários
  - Para tipo de relacionamento R n-ário, criar uma relação S
  - Incluir como chave estrangeira em S, as chaves primárias das relações que fazem parte de R
  - Incluir qualquer atributo da relação e componentes de atributos compostos da relação

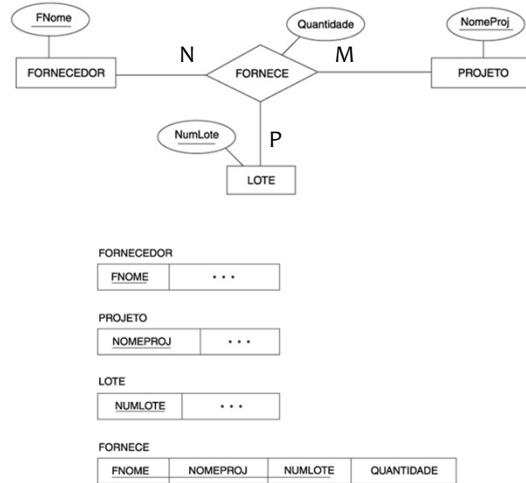
89

### Passo 7

- Mapeamento dos tipos de relacionamentos N-ários
  - Chave primária
    - Sem restrição de cardinalidade
      - Combinação das chaves estrangeiras
    - Com restrição de cardinalidade
      - A chave estrangeira da entidade com cardinalidade 1 não faz parte da chave primária de S

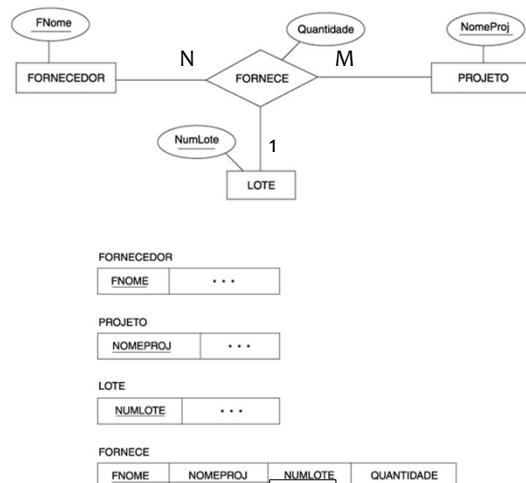
90

### Passo 7



91

### Passo 7



92

## Resumo do Mapeamento

Modelo ER	Modelo Relacional
Tipo Entidade	Relação 'Entidade'
Tipo Relacionamento 1:1 ou 1:N	Chave estrangeira ou relação 'relacionamento'
Tipo Relacionamento N:M	Relação 'relacionamento' e duas chaves estrangeiras
Tipo Relacionamento n-ário	Relação 'relacionamento' e n chaves estrangeiras
Atributo Simples	Atributo
Atributo Composto	Conjunto de atributos simples componentes
Atributo Multivalorado	Relação e chave estrangeira
Conjunto de valores	Domínio
Atributo-chave	Chave primária (ou secundária)

93

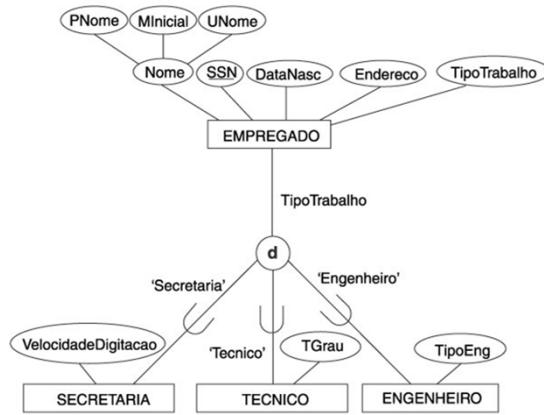
## Mapeamento EER-Relacional

- Extensão do algoritmo de mapeamento do modelo ER para o relacional

94

## Mapeamento EER-Relacional

- Especialização/Generalização



95

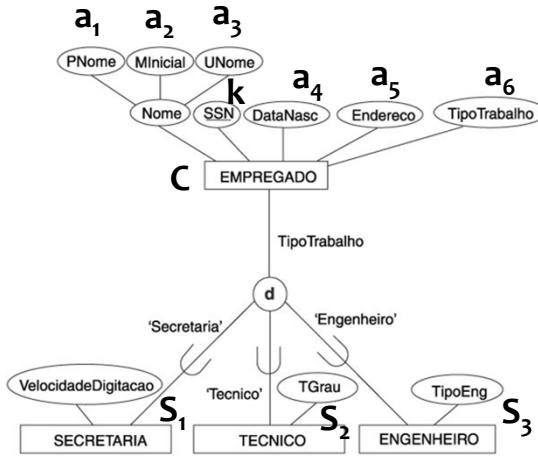
## Especialização/ Generalização

- Passo 8

- Opções para o mapeamento da especialização/generalização
- Observações
  - $Atr(R)$  – Atributos da relação R
  - $PK(R)$  – Chave primária de R
- Converter cada especialização com  $m$  subclasses  $\{S_1, \dots, S_m\}$  e superclasse C com atributos  $\{k, a_1, \dots, a_n\}$  em esquemas de relações usando uma das quatro opções

96

## Especialização/ Generalização



97

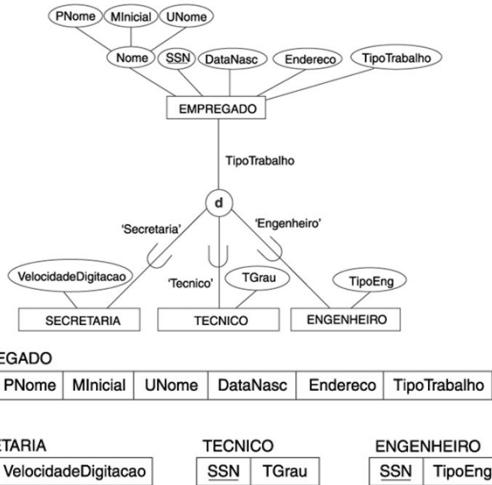
## Especialização/ Generalização

- Opção A: Relações múltiplas (superclasse/subclasse)

- Criar uma relação  $L$  para  $C$  tal que  $Atr(L) = \{ k, a_1, \dots, a_n \}$  e  $PK(L) = k$
- Criar uma relação  $L_i$  para cada subclasse  $S_i$ , tais que  $Atr(L_i) = \{ k \} \sqcup Atr(S_i)$  e  $PK(L_i) = k$
- Funciona para qualquer especialização (total/parcial, disjunta/sobreposta)

98

## Especialização/ Generalização



99

## Especialização/ Generalização

- Opção B: Relações múltiplas (apenas relações de subclasses)
  - Criar uma relação  $L_i$  para cada subclasse  $S_i$ , tais que  
 $Atr(L_i) = \{ k, a_1, \dots, a_n \} \sqsubseteq Atr(S_i)$   
 e  $PK(L_i) = k$
  - Funciona para especializações disjuntas e totais

100

## Especialização/ Generalização

### Opção A

#### EMPREGADO

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------

#### SECRETARIA

SSN	VelocidadeDigitacao
-----	---------------------

#### TECNICO

SSN	TGrau
-----	-------

#### ENGENHEIRO

SSN	TipoEng
-----	---------

### Opção B

#### SECRETARIA

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho	VelocidadeDigitacao
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------	---------------------

#### TECNICO

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho	TGrau
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------	-------

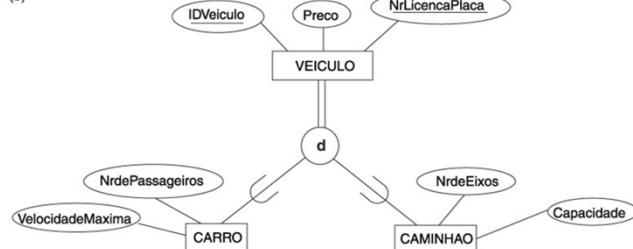
#### ENGENHEIRO

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho	TipoEng
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------	---------

101

## Especialização/ Generalização

(b)



#### CARRO

IdVeiculo	NrLicencaPlaca	Preco	VelocidadeMax	NrDePassageiros
-----------	----------------	-------	---------------	-----------------

#### CAMINHAO

IdVeiculo	NrLicencaPlaca	Preco	NrDeEixos	Capacidade
-----------	----------------	-------	-----------	------------

102

## Especialização/ Generalização

- Opção C: Relação única com atributo de tipo
  - Criar uma relação L tal que
 
$$\text{Atr}(L) = \{ k, a_1, \dots, a_n, t \} \sqsubseteq \text{Atr}(S_1) \sqsubseteq \dots \sqsubseteq \text{Atr}(S_m)$$
 e  $\text{PK}(L) = k$
  - t é chamado de atributo tipo (discriminativo)
  - Indica a subclasse a qual a entidade pertence (caso pertença a alguma)
  - Funciona para especializações com subclasses disjuntas

103

## Especialização/ Generalização

### Opção A

#### EMPREGADO

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------

#### SECRETARIA

SSN	VelocidadeDigitacao
-----	---------------------

#### TECNICO

SSN	TGrau
-----	-------

#### ENGENHEIRO

SSN	TipoEng
-----	---------

### Opção C

No nosso exemplo a especialização foi atributo-definida

#### EMPREGADO

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho	VelocidadeDigitacao	TGrau	TipoEng
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------	---------------------	-------	---------

104

## Especialização/ Generalização

- Opção D: Relação única com múltiplos tipos atributo
  - Criar uma relação L tal que

$$\text{Atr}(L) = \{ k, a_1, \dots, a_n, t_1, \dots, t_m \}$$

$\blacksquare \text{ Atr}(S_1) \blacksquare \dots \blacksquare \text{ Atr}(S_m)$

e  $\text{PK}(L) = k$

- $t_i$  é booleano indica se a entidade pertence ou não a subclasse  $S_i$
- Funciona para especializações com subclasses sobrepostas (e disjuntas)

105

## Especialização/ Generalização

### Opção A

#### EMPREGADO

SSN	PNome	MInicial	UNome	DataNasc	Endereco	TipoTrabalho
-----	-------	----------	-------	----------	----------	--------------

#### SECRETARIA

SSN	VelocidadeDigitacao
-----	---------------------

#### TECNICO

SSN	TGrau
-----	-------

#### ENGENHEIRO

SSN	TipoEng
-----	---------

### Opção D

#### EMPREGADO

SSN	PNome	MInicial	...	SECRETARIA	TECNICO	ENGENHEIRO	VelocidadeDigitacao	TGrau	TipoEng
-----	-------	----------	-----	------------	---------	------------	---------------------	-------	---------

106

### Especialização/ Generalização

- C e D **não são** recomendadas para casos em que existam vários atributos específicos às subclasses
- C e D **são** recomendadas caso contrário
  - Evita a necessidade de se fazer junção para recuperar a entidade (mais eficiente)

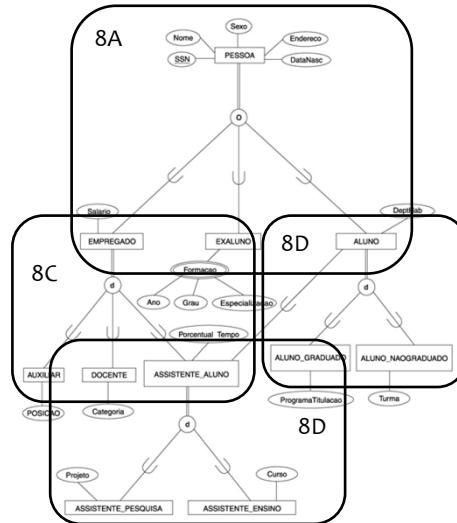
107

### Especialização/ Generalização

- Quando temos vários níveis de hierarquia não precisamos seguir a mesma opção de mapeamento para todos os mapeamentos

108

## Especialização/ Generalização



109

## Especialização/ Generalização

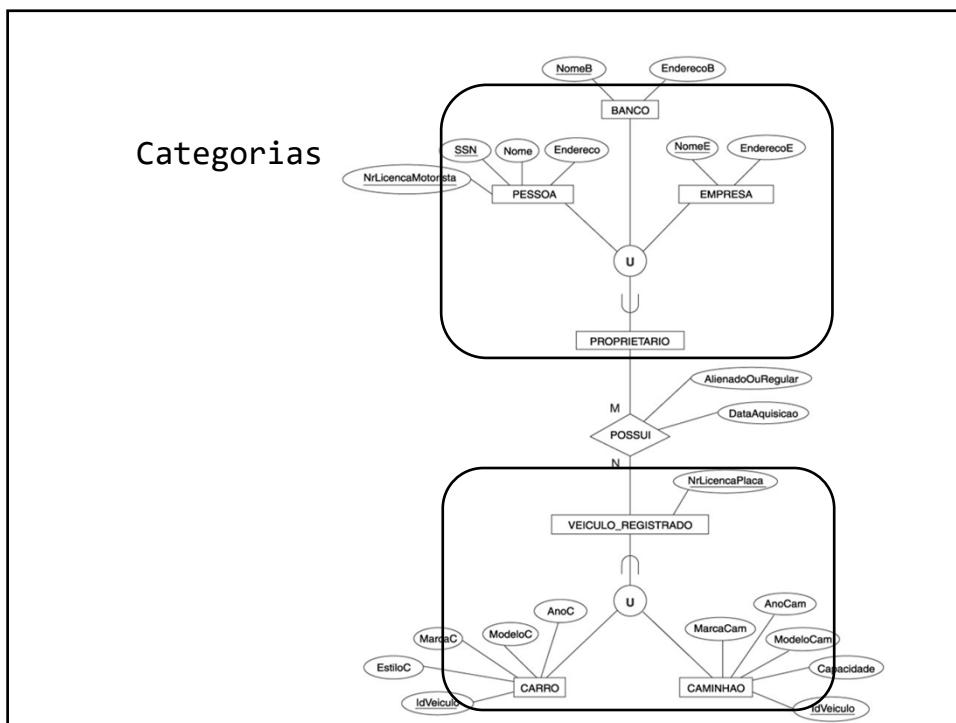
PESSOA
SSN   Nome   DataNasc   Sexo   Endereco

EMPREGADO
SSN   Salario   TipoEmpregado   Funcao   Categoria   PorcentagemTempo   RAFlag   TAFlag   Projeto   Curso

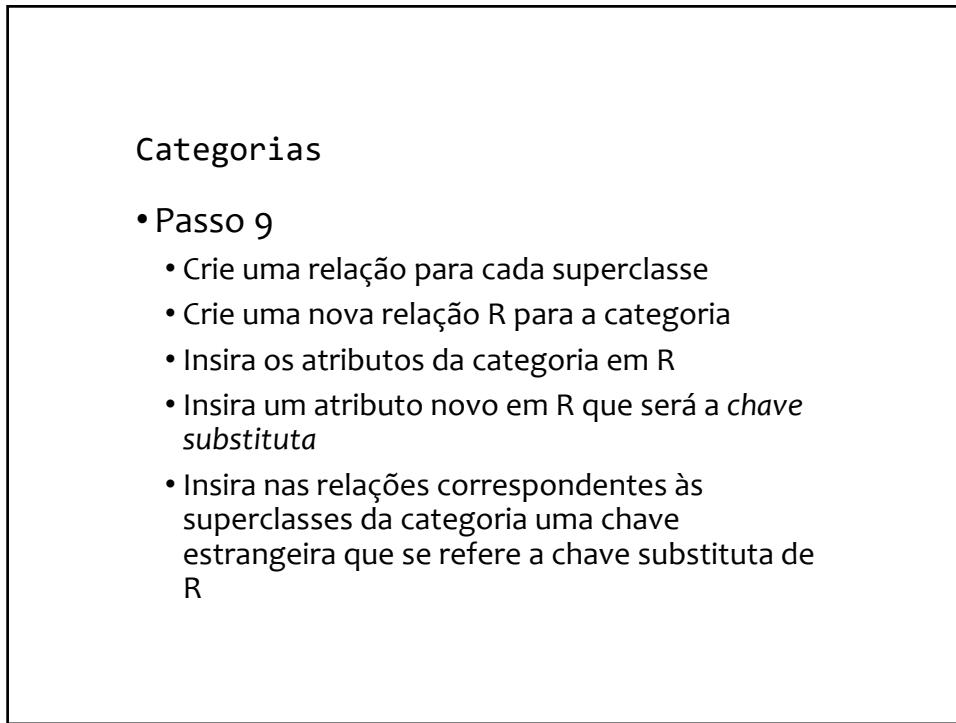
EXALUNO	FORMACAO_EXALUNO
SSN	SSN   Ano   Formacao   Habilitacao

ALUNO
SSN   DeptHab   FormFlag   NFormFlag   ProgramaTitulacao   Classe   AlunoAssisFlag

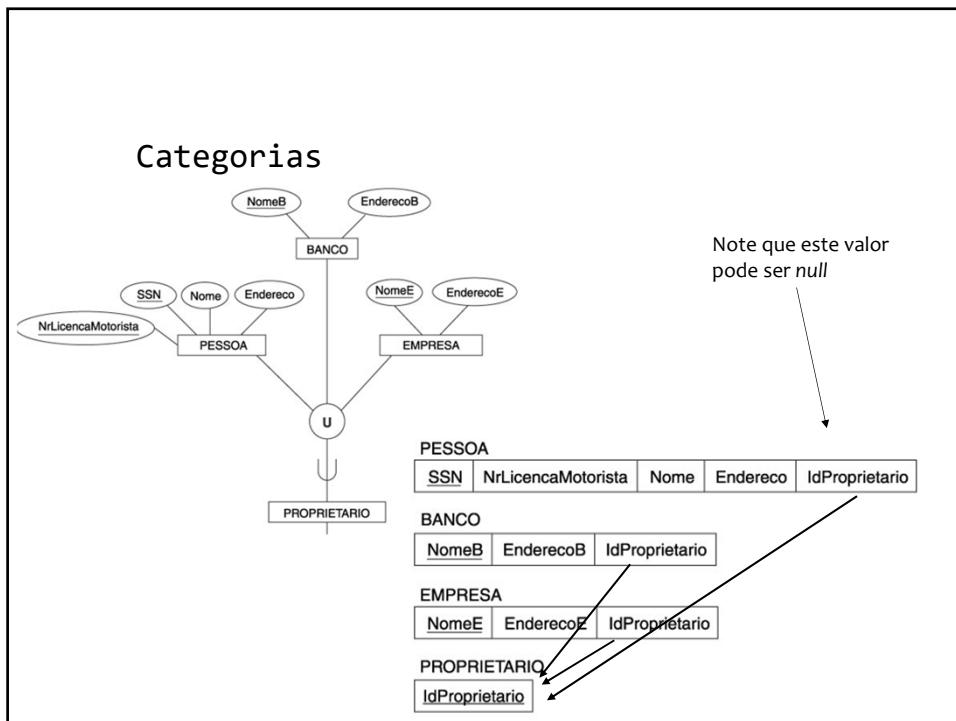
110



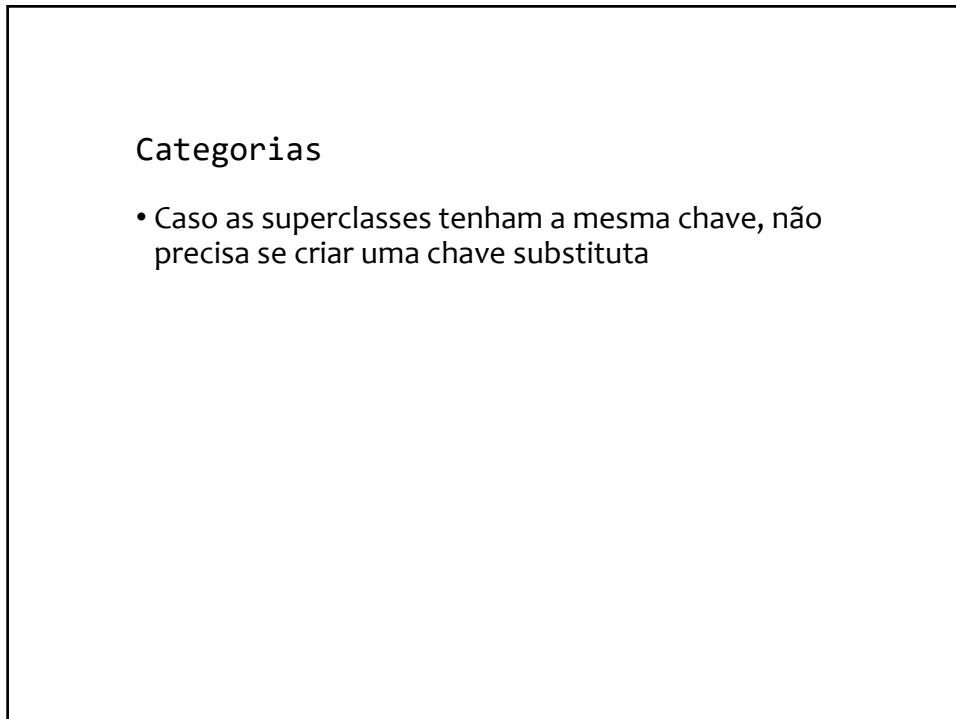
111



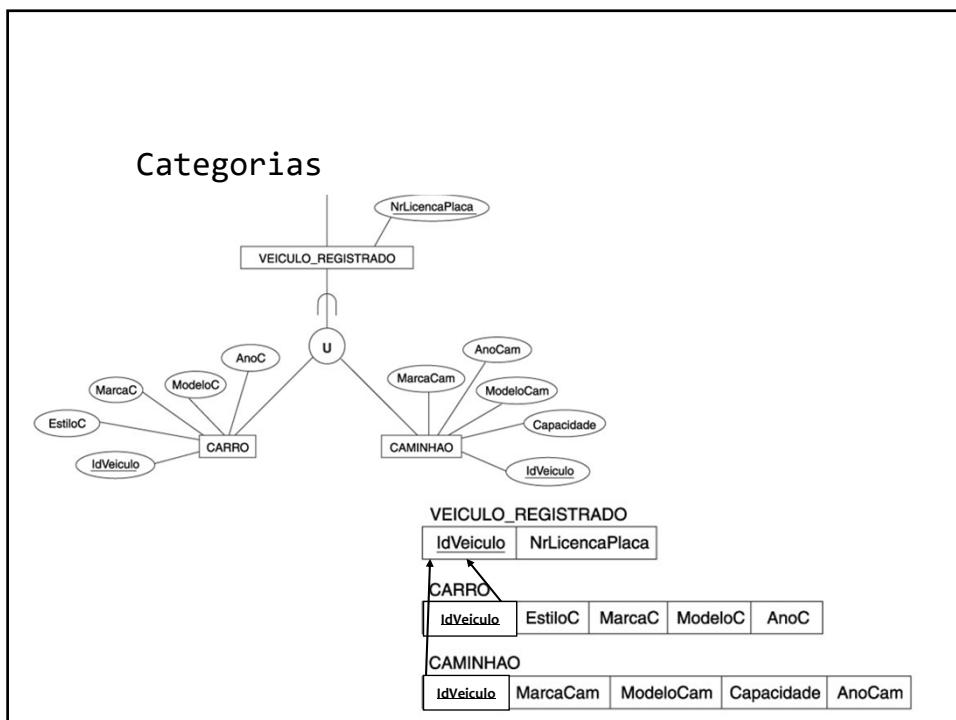
112



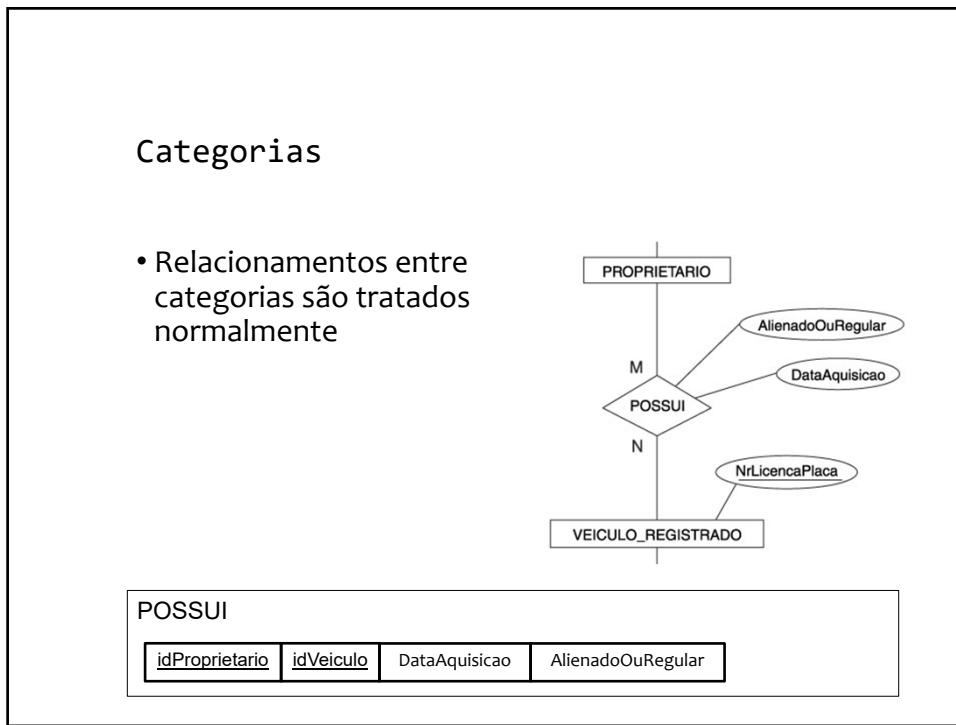
113



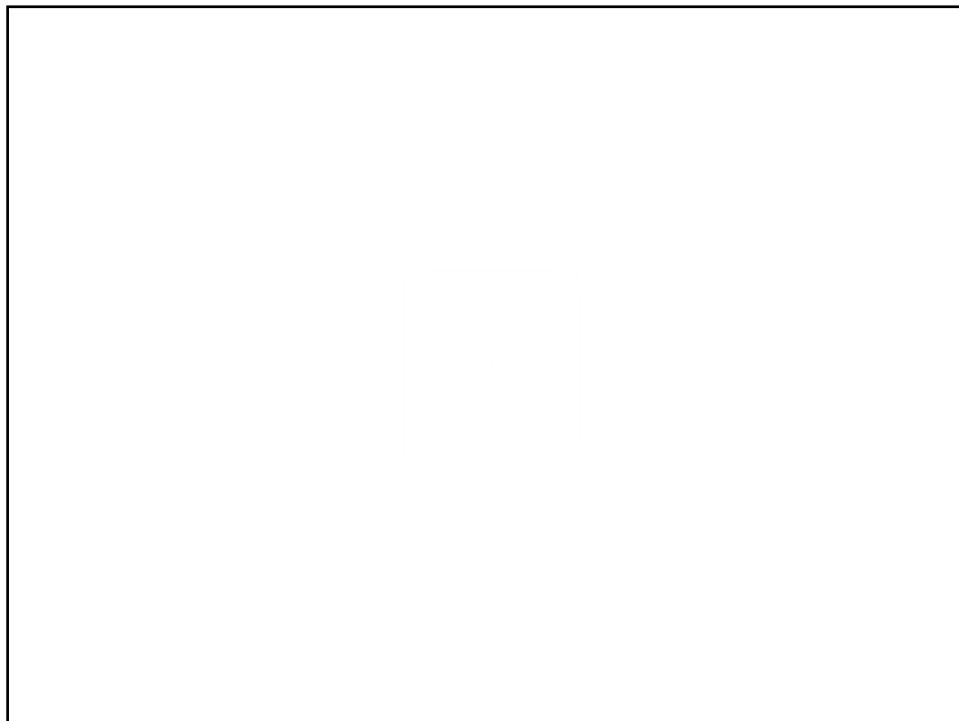
114



115



116

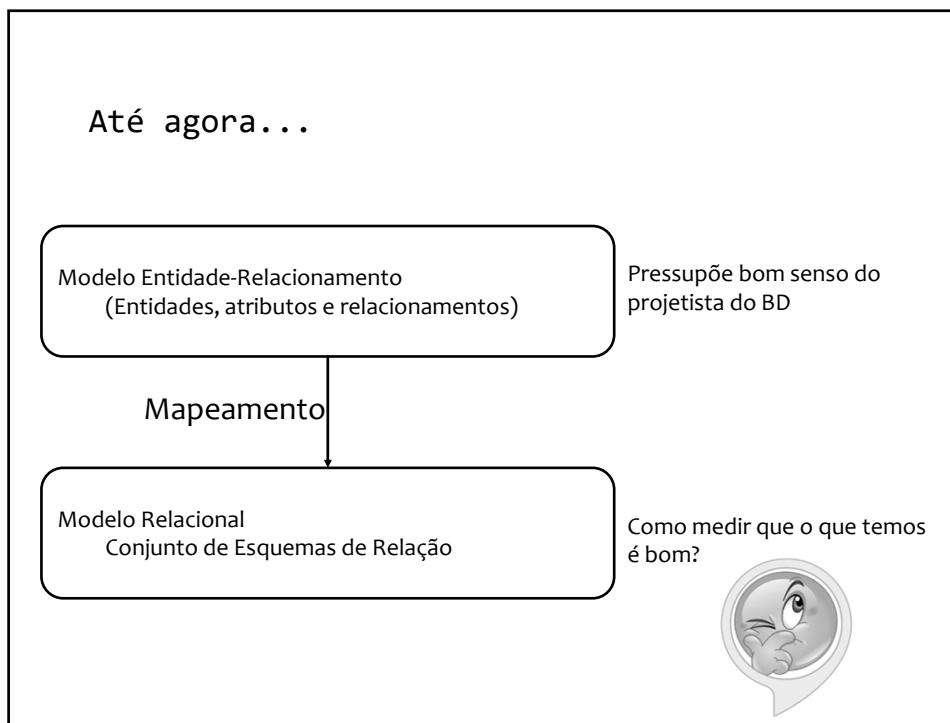


117

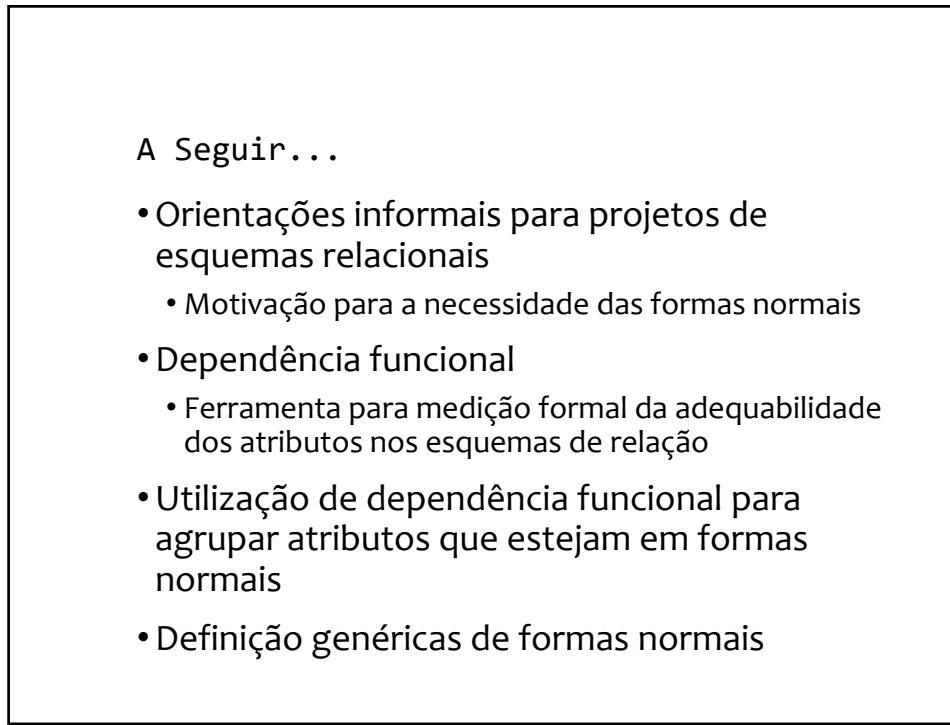
## Estrutura da Aula

- Modelo de Dados Relacional
- Mapeamento ER/EER – Relacional
- Dependência Funcional e Normalização
- Laboratório:
  - Ferramentas de Modelagem Relacional
  - Ferramentas de Normalização
- Projeto:
  - Modelagem Relacional usando o Mapeamento ER/EER – Relacional
  - Normalização

118



119



120

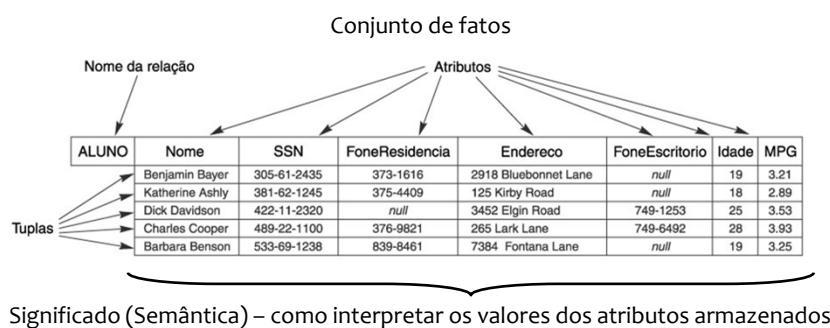
## Medidas Informais de Qualidade

- Quatro medidas
  - Semântica dos atributos
  - Redução de valores redundantes nas tuplas
  - Redução de valores *null* nas tuplas
  - Impedimento para geração de valores ilegítimos nas tuplas
- Nem sempre são independentes

121

## Semântica dos Atributos da Relação

- Agrupamento de atributos em um esquema de relação, acontece quando esses atributos juntos possuem significado no mundo real

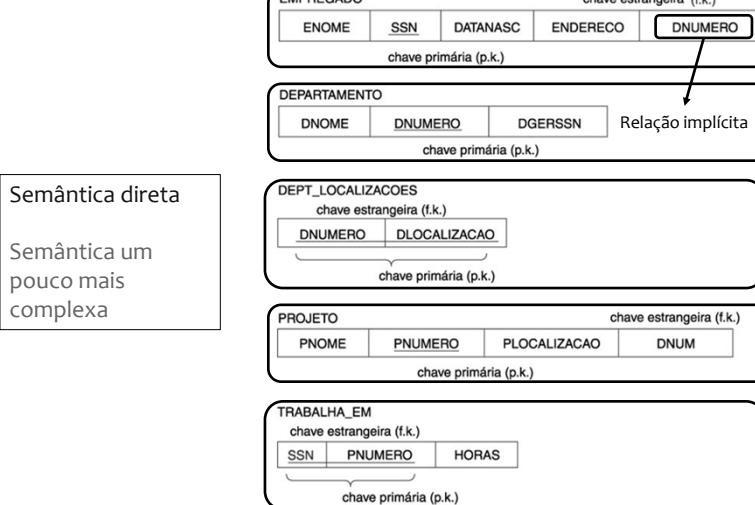


122

## Semântica dos Atributos da Relação

- Quanto mais fácil explicar a semântica da relação, melhor é o modelo do esquema da relação

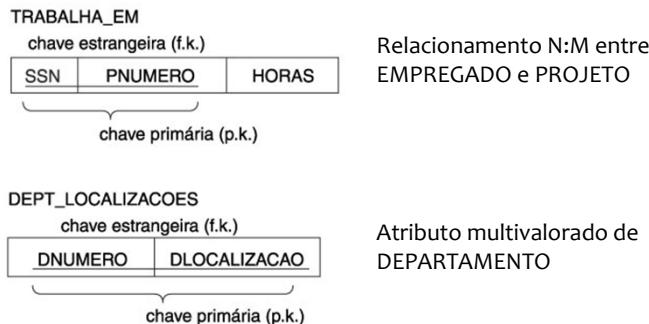
123



124

## Semântica dos Atributos da Relação

- Ambos os esquemas têm interpretações bem definidas



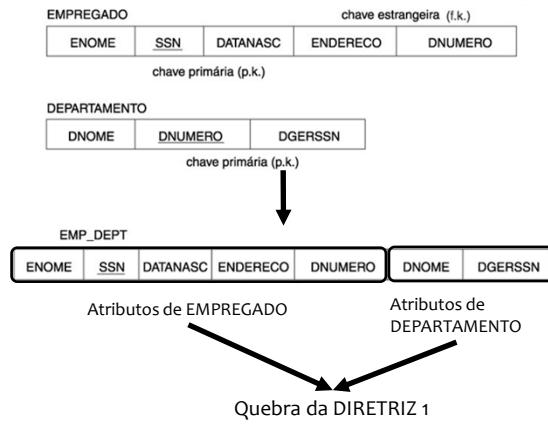
125

## Semântica dos Atributos da Relação

- Nosso exemplo foi fácil de explicar
- DIRETRIZ 1
  - Modelar um esquema de relação de modo que seu significado seja fácil de explicar
  - Não combine atributos de diferentes tipos de entidades e relacionamentos dentro de uma mesma relação
  - Se um esquema de relação corresponder ou a um tipo entidade ou a um tipo relacionamento haverá uma justificativa direta para seu significado

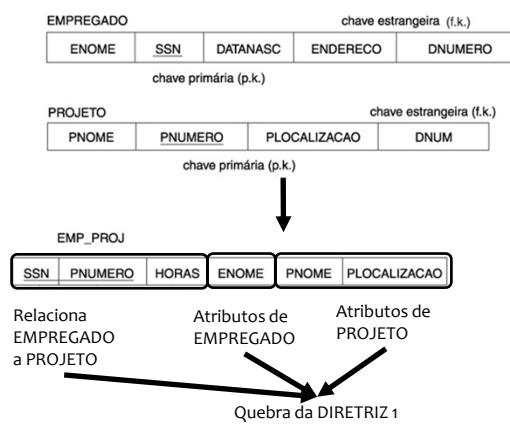
126

Semântica dos Atributos da Relação



127

## Semântica dos Atributos da Relação



128

### Semântica dos Atributos da Relação

- Logicamente não há nada de errado com as duas relações
- Esquemas pobres pois violam DIRETRIZ 1
- Podem ser usadas como visões, mas podem causar problemas que veremos a seguir

129

### Informações Redundantes e Anomalias de Atualização

- Modelo de esquema visa minimizar o espaço de armazenamento
  - *Trade-off* armazenamento/eficiência
- Agrupamento dos atributos tem impacto direto neste fator

130

EMP_DEPT						
ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO	DNOME	DGERSSN
Smith,John B.	123456789	1965-01-09	731 Fondren,Houston,TX	5	Pesquisa	333445555
Wong,Franklin T.	333445555	1955-12-08	638 Voss,Houston,TX	5	Pesquisa	333445555
Zelaya,Alicia J.	999887777	1968-07-19	3321 Castle, Spring,TX	4	Administracao	987654321
Wallace,Jennifer S.	987654321	1941-06-20	291 Berry,Bellaire,TX	4	Administracao	987654321
Narayan,Ramesh K.	666884444	1962-09-15	975 FireOak,Humble,TX	5	Pesquisa	333445555
English, Joyce A.	453453453	1972-07-31	5631 Rice,Houston,TX	5	Pesquisa	333445555
Jabbar,Ahmad V.	987987987	1969-03-29	980 Dallas,Houston,TX	4	Administracao	987654321
Borg,James E.	888665555	1937-11-10	450 Stone,Houston,TX	1	Sede Administrativa	888665555

EMPREGADO				
ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO
Smith,John B.	123456789	1965-01-09	731 Fondren,Houston,TX	5
Wong,Franklin T.	333445555	1955-12-08	638 Voss,Houston,TX	5
Zelaya,Alicia J.	999887777	1968-07-19	3321 Castle, Spring,TX	4
Wallace,Jennifer S.	987654321	1941-06-20	291 Berry,Bellaire,TX	4
Narayan,Ramesh K.	666884444	1962-09-15	975 Fire Oak,Humble,TX	5
English, Joyce A.	453453453	1972-07-31	5631 Rice,Houston,TX	5
Jabbar,Ahmad V.	987987987	1969-03-29	980 Dallas,Houston,TX	4
Borg,James E.	888665555	1937-11-10	450 Stone,Houston,TX	1

DEPARTAMENTO		
DNOME	DNUMERO	DGERSSN
Pesquisa	5	333445555
Administracao	4	987654321
Diratoria	1	888665555

131

EMP_PROJ					
SSN	PNUMERO	HORAS	ENOME	PNAME	PLOCALIZACAO
123456789	1	32.5	Smith,John B.	ProdutoX	Bellaire
123456789	2	7.5	Smith,John B.	ProdutoY	Sugarland
666884444	3	40.0	Narayan,Ramesh K.	ProdutoZ	Houston
453453453	1	20.0	English, Joyce A.	ProdutoX	Bellaire
453453453	2	20.0	English, Joyce A.	ProdutoY	Sugarland
333445555	2	10.0	Wong, Franklin T.	ProdutoY	Sugarland
333445555	3	10.0	Wong, Franklin T.	ProdutoZ	Houston
333445555	10	10.0	Wong, Franklin T.	Automação	Stafford
333445555	20	10.0	Wong, Franklin T.	Reorganização	Houston
999887777	30	30.0	Zelaya,Alicia J.	Novos Benefícios	Stafford
999887777	10	10.0	Zelaya,Alicia J.	Automação	Stafford
987987987	10	35.0	Jabbar,Ahmad V.	Automação	Stafford
987987987	30	5.0	Jabbar,Ahmad V.	Novos benefícios	Stafford
987654321	30	20.0	Wallace,Jennifer S.	Novos benefícios	Stafford
987654321	20	15.0	Wallace,Jennifer S.	Reorganização	Houston
888665555	20	null	Borg,James E.	Reorganização	Houston

EMPREGADO				
ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO
Smith,John B.	123456789	1965-01-09	731 Fondren,Houston,TX	5
Wong,Franklin T.			oss,Houston,TX	5
Zelaya,Alicia J.				
Wallace,Jennifer S.				
Narayan,Rmesh K.				
English, Joyce A.				
Jabbar,Ahmad V.				
Borg,James E.				

TRABALHA_EM PROJETO					
SNN	PNUMERO	HORAS	PNAME	PNUMERO	PLOCALIZACAO
123456789	1	32.5	ProdutoX	1	Bellaire
123456789	2	7.5	ProdutoY	2	Sugarland
666884444	3	40.0	ProdutoZ	3	Houston
453453453	1	20.0	Automação	10	Stafford
453453453	2	20.0	Reorganização	20	Houston
333445555	2	10.0	Novos Benefícios	30	Stafford
333445555	3	10.0			

132

## Anomalias de Atualização

- Problema sério que ocorre quando criamos relações como EMPT\_DEPT
  - Inserção (dois tipos)
  - Exclusão
  - Alteração

133

## Anomalias de Inserção

- Inserir uma nova tupla em EMP\_DEPT
  - Fornecer todos os dados do departamento ou *null* se o funcionário não tiver departamento ainda
  - Consistência desses dados

EMP_DEPT		EMPREGADO				chave estrangeira (f.k.)	
ENOME	SSN	ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO	GERSSN
chave primária (p.k.)							
Smith,John B.	123456						133445555
Wong,Franklin T.	333445						133445555
Zelaya,Alicia J.	999887	DEPARTAMENTO					187654321
Wallace,Jennifer S.	987654						187654321
Narayan,Ramesh K.	666884	DNOME	DNUMERO	DGERSSN			133445555
English,Joyce A.	453453						133445555
Jabbar,Ahmad V.	987987						187654321
Borg,James E.	888665550	1937-11-10	450 Stone,Houston,TX				888665555
Sede Administrativa							

134

## Anomalias de Inserção

- Como inserir novo departamento sem empregados
- Valores *null* para os atributos de empregado (o que fazer com *SSN*?)
- Remover tupla inicial quando inserir funcionário do novo departamento

EMP_DEPT	EMPREGADO					chave estrangeira (f.k.)		
	ENOME	SSN	ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO	DGERSSN
chave primária (p.k.)								
DEPARTAMENTO								
Smith,John B.	123456							333445555
Wong,Franklin T.	333445							333445555
Zelaya,Alicia J.	999887							987654321
Wallace,Jennifer S.	987654							987654321
Narayan,Ramesh K.	666884							333445555
English,Joyce A.	453453							333445555
Jabbar,Ahmad V.	987987							987654321
Borg,James E.	888665555							888665555
1937-11-10 450 Storie,houston,TX								
Sede Administrativa								

135

## Anomalias de Exclusão

- Ao remover uma tupla de EMP\_DEPT
  - O que fazer se este for o último empregado do departamento (*não queremos perder a informação do departamento*)

EMP_DEPT	EMPREGADO					chave estrangeira (f.k.)	redundância	
	ENOME	ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO	ME	DGERSSN
chave primária (p.k.)								
DEPARTAMENTO								
Smith,John B.	sa							333445555
Wong,Franklin T.	sa							333445555
Zelaya,Alicia J.	stracao							987654321
Wallace,Jennifer S.	stracao							987654321
Narayan,Ramesh K.	sa							333445555
English,Joyce A.	sa							333445555
Jabbar,Ahmad V.	stracao							987654321
Borg,James E.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	888665555
.....								

136

## Anomalias de Alteração

- Ao atualizar o valor de um atributo de departamento de uma tupla de **EMPT\_DEPT**
  - Atualizar as tuplas de todos os empregados que trabalham naquele departamento

EMP_DEPT		EMPREGADO					chave estrangeira (f.k.)	
ENOME	SSN	ENOME	SSN	DATANASC	ENDERECO	DNUMERO	DGERSSN	
chave primária (p.k.)								
Smith,John B.	123456						333445555	
Wong,Franklin T.	333445						333445555	
Zelaya,Alicia J.	999887	DEPARTAMENTO					987654321	
Wallace,Jennifer S.	987654						987654321	
Narayan,Ramesh K.	666884	DNOME	DNUMERO	DGERSSN			333445555	
English,Joyce A.	453453						333445555	
Jabbar,Ahmad V.	987987						987654321	
Borg,James E.	888665000	1937-11-10	4500 STORIES,HOUSTON,TX				Seus Administrativa	888665555

137

## Informações Redundantes e Anomalias de Atualização

- **DIRETRIZ 2**
  - Modelar esquemas de relações básicas de forma que nenhuma anomalia de atualização possa ocorrer
  - Caso a anomalia seja desejada (*por desempenho*), registre claramente e garanta que os programas que atualizam o BD operarão corretamente
    - Uso de gatilhos e procedimentos armazenados

138

## Informações Redundantes e Anomalias de Atualização

### • DIRETRIZ 2

- Em geral é melhor evitar anomalias e especificar visões que estabeleçam junções em consultas importantes
  - Redução no número de junções
  - Possível aumento de eficiência
  - Muitos SGBDs materializam visões utilizadas frequentemente e gerenciam suas atualizações

139

## Valores *null* em Tupla

- Quando atributos não se aplicam a muitas tuplas de uma relação
- Problemas
  - Desperdício de espaço
  - Dificuldade de entendimento na junção (interna e externa) pois produzem resultados diferentes quando temos valores *null*
  - Como tratá-los com operações como SUM e COUNT?

140

## Valores *null* em Tupla

- Problemas

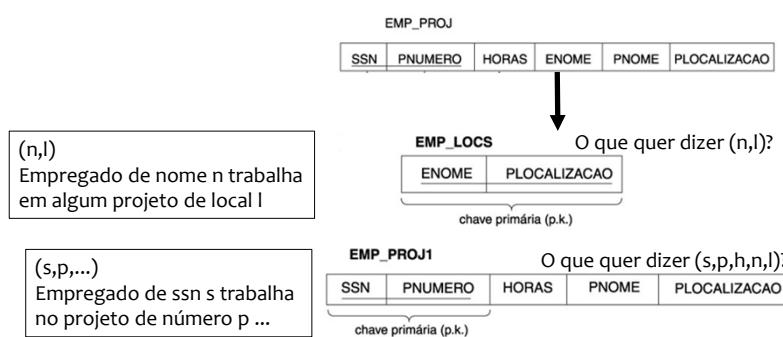
- Interpretações diferentes
  - Atributo não se aplica à tupla
  - Valor desconhecido para tupla
  - Valor ausente para tupla

- DIRETRIZ 3

- Até onde for possível, evite colocar atributos em uma relação cujos valores são frequentemente *null*
- Valores *null* são exceções e não regra

141

## Geração de Tuplas Ilegítimas



142

## Geração de Tuplas Ilegítimas

- Fazendo as projeções corretas no estados da relação

EMP_PROJ		redundância		redundância	
SSN	PNUMERO	HORAS	ENOME	PNAME	PLOCALIZACAO
123456789	1	32.5	Smith,John B.	ProdutoX	Bellaire
123456789	2	7.5	Smith,John B.	ProdutoY	Sugarland
666884444	3	40.0	Narayan,Ramesh K.	ProdutoZ	Houston
453453453	1	20.0	English, Joyce A.	ProdutoX	Bellaire
453453453	2	20.0	English, Joyce A.	ProdutoY	Sugarland
333445555	2	10.0	Wong, Franklin T.	ProdutoY	Sugarland
333445555	3	10.0	Wong, Franklin T.	ProdutoZ	Houston
333445555	10	10.0	Wong, Franklin T.	Automação	Stafford
333445555	20	10.0	Wong, Franklin T.	Reorganização	Houston
999887777	30	30.0	Zelaya,Alicia J.	NovosBenefícios	Stafford
999887777	10	10.0	Zelaya,Alicia J.	Automação	Stafford
987987987	10	35.0	Jabbar,Ahmad V.	Automação	Stafford
987987987	30	5.0	Jabbar,Ahmad V.	Novos benefícios	Stafford
987654321	30	20.0	Wallace,Jennifer S.	Novos benefícios	Stafford
987654321	20	15.0	Wallace,Jennifer S.	Reorganização	Houston
888665555	20	null	Borg,James E.	Reorganização	Houston

...

143

## Geração de Tuplas Ilegítimas

... temos

EMP_LOCS	
ENOME	PLOCALIZACAO
Smith, John B.	Bellaire
Smith, John B.	Sugarland
Narayan, Ramesh K.	Houston
English, Joyce A.	Bellaire
English, Joyce A.	Sugarland
Wong, Franklin T.	Sugarland
Wong, Franklin T.	Houston
Wong, Franklin T.	Stafford
Zelaya, Alicia J.	Stafford
Jabbar, Ahmad V.	Stafford
Wallace, Jennifer S.	Stafford
Wallace, Jennifer S.	Houston
Borg,James E.	Houston

EMP_PROJ					
	SSN	PNUMERO	HORAS	PNAME	PLOCALIZACAO
	123456789	1	32.5	Produto X	Bellaire
	123456789	2	7.5	Produto Y	Sugarland
	666884444	3	40.0	Produto Z	Houston
	453453453	1	20.0	Produto X	Bellaire
	453453453	2	20.0	Produto Y	Sugarland
	333445555	2	10.0	Produto Y	Sugarland
	333445555	3	10.0	Produto Z	Houston
	333445555	10	10.0	Automação	Stafford
	333445555	20	10.0	Reorganização	Houston
	999887777	30	30.0	Novos benefícios	Stafford
	999887777	10	10.0	Automação	Stafford
	987987987	10	35.0	Automação	Stafford
	987987987	30	5.0	NovosBenefícios	Stafford
	987654321	30	20.0	NovosBenefícios	Stafford
	987654321	20	15.0	Reorganização	Houston
	888665555	20	null	Reorganização	Houston

144

## Geração de Tuplas Ilegítimas

- Perdemos a informação que tínhamos antes

EMP_PROJ		redundância		redundância	
SSN	PNUMERO	HORAS	ENOME	PNAME	PLOCALIZACAO
123456789	1	32.5	Smith,John B.	ProdutoX	Bellaire
123456789	2	7.5	Smith,John B.	ProdutoY	Sugarland
666884444	3	40.0	Narayan,Ramesh K.	ProdutoZ	Houston
453453453	1	20.0	English,Joyce A.	ProdutoX	Bellaire
453453453	2	20.0	English,Joyce A.	ProdutoY	Sugarland
333445555	2	10.0	Wong,Franklin T.	ProdutoY	Sugarland
333445555	3	10.0	Wong,Franklin T.	ProdutoZ	Houston
333445555	10	10.0	Wong,Franklin T.	Automação	Stafford
333445555	20	10.0	Wong,Franklin T.	Reorganização	Houston
999887777	30	30.0	Zelaya,Alicia J.	NovosBenefícios	Stafford
999887777	10	10.0	Zelaya,Alicia J.	Automação	Stafford
987987987	10	35.0	Jabbar,Ahmad V.	Automação	Stafford
987987987	30	5.0	Jabbar,Ahmad V.	Novos benefícios	Stafford
987654321	30	20.0	Wallace,Jennifer S.	Novos benefícios	Stafford
987654321	20	15.0	Wallace,Jennifer S.	Reorganização	Houston
888665555	20	null	Borg,James E.	Reorganização	Houston

145

## Geração de Tuplas Ilegítimas

- Podemos tentar uma junção

EMP_LO		SSN	PNUMERO	HORAS	PNAME	PLOCALIZACAO	ENOME
ENO	ENOM	123456789	1	32.5	Produto X	Bellaire	Smith, John B.
Smith, John	Smith, John	123456789	2	32.5	Produto Y	Bellaire	English,Joyce A.
Narayan, Rame	Narayan, Rame	12345			Produto Y	Sugarland	Smith, John B.
English, Joy	English, Joy	12345					redundância
Wong, Frankl	Wong, Frankl	66688					
Wong, Frankl	Wong, Frankl	66688					
Zelaya, Alici	Zelaya, Alici	45345					
Jabbar, Ahr	Jabbar, Ahr	45345 123456789	1	32.5	Smith,John B.	ProdutoX	Bellaire
Wallace, Jer	Wallace, Jer	45345 123456789	2	7.5	Smith,John B.	ProdutoY	Sugarland
Borg,James	Borg,James	45345 666884444	3	40.0	Narayan,Ramesh K.	ProdutoZ	Houston
		33344 453453453	1	20.0	English,Joyce A.	ProdutoX	Bellaire
		33344 453453453	2	20.0	English,Joyce A.	ProdutoY	Sugarland
		33344 333445555	2	10.0	Wong,Franklin T.	ProdutoY	Sugarland
		33344 333445555	3	10.0	Wong,Franklin T.	ProdutoZ	Houston
		33344 333445555	10	10.0	Wong,Franklin T.	Automação	Stafford
		33344 333445555	20	10.0	Zelaya,Alicia J.	Reorganização	Houston
		33344 999887777	30	30.0	Zelaya,Alicia J.	NovosBenefícios	Stafford
		33344 999887777	10	10.0	Zelaya,Alicia J.	Automação	Stafford
		987987987	10	35.0	Jabbar,Ahmad V.	Automação	Stafford
		987987987	30	5.0	Jabbar,Ahmad V.	Novos benefícios	Stafford
		987654321	30	20.0	Wallace,Jennifer S.	Novos benefícios	Stafford
		987654321	20	15.0	Wallace,Jennifer S.	Reorganização	Houston
		888665555	20	null	Borg,James E.	Reorganização	Houston

146

### Geração de Tuplas Ilegítimas

- Decomposição de EMP\_PROJ em EMP\_LOCS e EMP\_PROJ1 é indesejável pois a junção não nos dá as informações originais
- PLOCALIZACAO é o atributo de junção e não é nenhum tipo de chave (estrangeira/primária) de nenhuma das relações

147

### Geração de Tuplas Ilegítimas

#### • DIRETRIZ 4

- Projete esquemas de relações de forma que possam ser unidos com igualdade de condições sobre os atributos que sejam chave primária ou estrangeira

148

### Diretrizes de Projeto

- Quatro diretrizes informais foram dadas
- Anomalias podem ser descobertas com ferramentas adicionais de análise
  - Anomalias de redundância de trabalho da inclusão, alteração
  - Anomalias de perda de informação em exclusões
  - Desperdício de espaço com valores *null*
  - Dificuldade de executar agregação devido aos valores *null*
  - Geração de dados inválidos

149

### No resto da aula...

- Até agora...
  - Descrição informal
- No resto da aula...
  - Apresentação da teoria e dos conceitos formais que podem ser usados para isso
    - Dependência funcional
    - Formas normais 1, 2 e 3
    - Formal normal de Boyce-codd

150

## Dependência Funcional

- Restrição entre dois conjuntos de atributos de uma relação
- Formalmente
  - Relação  $R = \{A_1, \dots, A_n\}$ , e  $X$  e  $Y$  subconjuntos de  $R$
  - $X \rightarrow Y$ 
    - Para todo  $t_1$  e  $t_2$  em  $r(R)$
    - Se  $t_1[X] = t_2[X]$  então  $t_1[Y] = t_2[Y]$

151

## Dependência Funcional

- $X \rightarrow Y$  (DF)
  - Para todo  $t_1$  e  $t_2$  em  $r(R)$
  - Se  $t_1[X] = t_2[X]$  então  $t_1[Y] = t_2[Y]$

$$AB \rightarrow E \quad E \rightarrow X$$

A	B	C	D	E
1	2			3
1	2			3
1	3			3

X	Y	Z

152

## Dependência Funcional

- Valores dos componentes em Y de uma tupla em r são determinados por valores dos componentes em X
- Dependência funcional de X para Y
- Y depende funcionalmente de X

153

## Observações

- X é chave candidata de R
  - $X \rightarrow Y$  para qualquer Y (restrição de chave)
- $X \rightarrow Y$  não implica  $Y \rightarrow X$

$$E \rightarrow AB$$

$$AB \rightarrow E$$

A	B	C	D	E
1	2			3
1	2			3
1	3			3

154

### Dependência Funcional

- DF é uma propriedade da semântica
- Projetistas usam compreensão dos atributos para estabelecer DFs
- DFs são satisfeitas por **estados legais**  $r(R)$

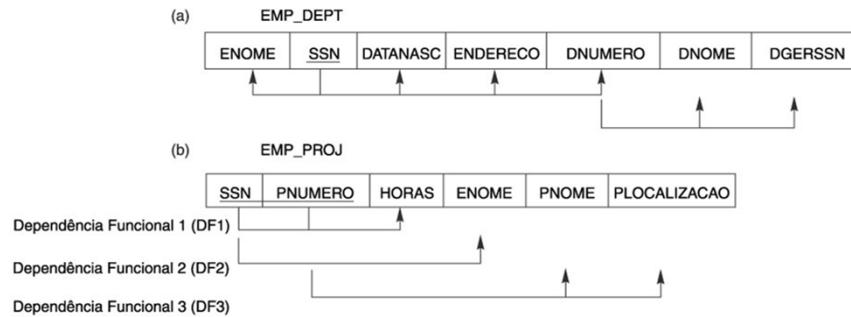
155

### Dependência Funcional

- DF sem recorrer a relação específica
  - $\{ESTADO, CARTEIRA_HAB_NO\} \rightarrow \{SSN\}$
- DF pode deixar de existir no minimundo

156

## Dependência Funcional



157

## Dependência Funcional

- Propriedade do esquema da relação, não do estado da relação
- DF não pode ser deduzida do estado da relação
- Deve ser estabelecida no projeto

ENSINA		
PROFESSOR	CURSO	TEXTO
Smith	Estruturas de dados	Bartram
Smith	Administração de dados	Al-Nour
Hall	Compiladores	Hoffman
Brown	Estruturas de dados	Augenthaler

$\{TEXTO\} \rightarrow \{CURSO\}$ ? Não sabemos  
 $\{PROFESSOR\} \rightarrow \{CURSO\}$ ? Não

158

## Regras de Inferência

- Quando o conjunto de DFs se torna *não trivial* podemos **deduzir** várias DFs a partir do conjunto original
  - Inviável na prática
  - Importante na teoria
- Exemplo:
  - Se  $\text{DEPT\_NO} \rightarrow \text{GER\_SSN}$
  - e  $\text{GER\_SSN} \rightarrow \text{GER\_FONE}$
  - Então  $\text{DEPT\_NO} \rightarrow \text{GER\_FONE}$

159

## Regras de Inferência Principais

- IR1 (regra reflexiva):  $X \rightarrow Y$  (*para*  $Y$  subconjunto de  $X$ )
- IR2 (regra aumentativa):  $\{X \rightarrow Y\} \models XZ \rightarrow YZ$
- IR3 (regra transitiva):  $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow Z\} \models X \rightarrow Z$
- IR4 (regra de decomposição):  $\{X \rightarrow YZ\} \models X \rightarrow Y$
- IR5 (regra de união):  $\{X \rightarrow Y, X \rightarrow Z\} \models X \rightarrow YZ$
- IR6 (regra pseudotransitiva):  $\{X \rightarrow Y, WY \rightarrow Z\} \models WX \rightarrow Z$

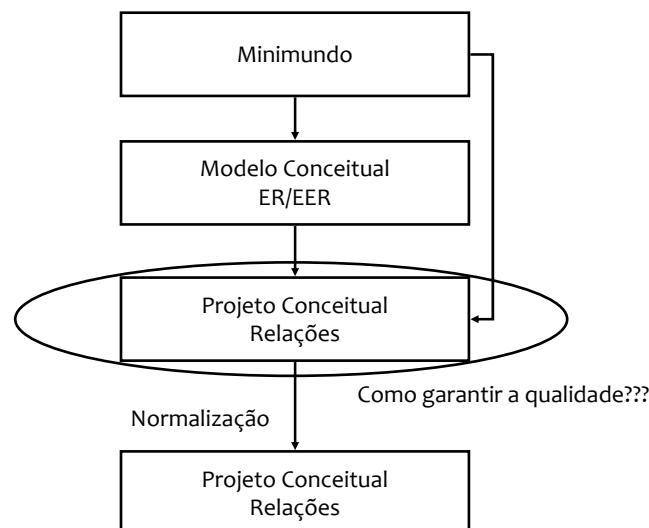
160

## Conjunto Mínimo de Dependências Funcionais

- Para todo conjunto de dependências funcionais DF, sempre será possível encontrar um conjunto equivalente a DF que seja mínimo
  - Todas as dependências com apenas um atributo do lado direito
    - $X \rightarrow \{A_1, \dots, A_n\}$  se torna  $X \rightarrow A_1, \dots, X \rightarrow A_n$
  - Sem atributos redundantes do lado esquerdo
  - Sem dependência que possa ser inferida a partir das demais

161

## Formas Normais



162

## Formas Normais baseadas em Chave Primária

- Suposições
  - Cada DF é específica para cada relação
  - Cada relação tem uma chave primária designada
- Utilizaremos essas informações e testes para direcionar nosso processo de normalização

163

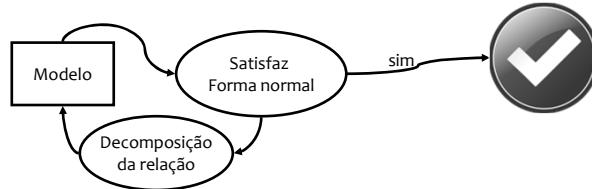
## A seguir...

- Introdução informal a Formas Normais
  - Revisão de definições úteis
  - 1FN
  - 2FN
  - 3FN
- } Baseadas na chave primária

164

## Normalização de Relações

- Proposta por Codd [1972]



- 1NF, 2NF, 3NF, Boyce-Codd NF
  - Baseadas nas dependências funcionais entre atributos
- 4NF, 5NF
  - Baseadas nas dependências multivaloradas e de junção

165

## Normalização de Relações

### • Objetivos

- Minimizar redundância
- Minimizar anomalias de inserção, exclusão e atualização
- Estar em uma forma normal não garante qualidade, pois no final ainda deveríamos ter
  - Propriedades de junção sem perda (garante a não existência de tuplas ilegítimas)
  - Propriedade da preservação de dependência (cada DF será representada em alguma relação individual resultante)

EXTREMAMENTE  
IMPORTANTEAS VEZES  
SACRIFICADA

166

### NF na Prática

- 4NF e 5NF são baseadas em restrições difíceis de serem entendidas e detectadas
  - Indústria vai até a 4NF no máximo
- A normalização até o grau máximo não é obrigatória
  - “Qualidade” x Desempenho



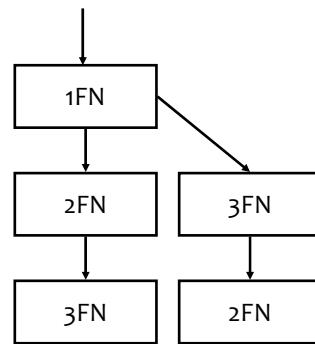
167

### Revendo Conceitos

- Superchave
  - Conjunto de atributos de uma relação que identificam as tuplas
- Chave / Chave candidata
  - Superchave mínima
- Chave primária
  - Uma das chave candidatas
- Chave secundária
  - Chave candidata que não é primária
- Atributo primário
  - Atributo membro de chave candidata

168

## Formas Normais



169

## 1NF

- O valor de cada atributo deve ter um valor único no domínio, o qual deve incluir apenas valores atômicos (simples e indivisíveis)
- Já faz parte do modelo relacional atual (o que estudamos)

170

**1NF**

DEPARTAMENTO			
DNOME	DNUMERO	DGERSSN	
chave primária (p.k.)			
DEPARTAMENTO			
DNOME	DNUMERO	DGERSSN	DLOCALIZACOES

↑                   ↑                   ↑

DEPARTAMENTO			
DNOME	DNUMERO	DGERSSN	DLOCALIZACOES
Pesquisa	5	333445555	{Bellaire, Sugarland, Houston}
Administração	4	987654321	{Stafford}
Diretoria	1	888665555	{Houston}

171

**Solução A**

- Estabelecer número máximo  $n$  de valores para atributo e substituir DLOCALIZACOES por DLOCALIZACAO1,...
- Pode introduzir muitos valores null
- Semântica inválida se fizermos ordenação por localização

172

### Solução B

- Ampliar chave para separar tupla da relação original
  - Gera redundância de informações
- Será decomposta nas outras formas normais

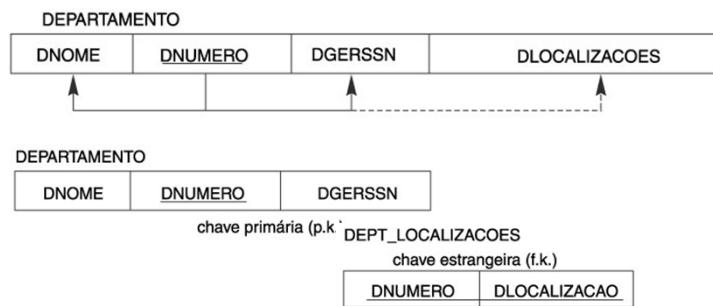
DEPARTAMENTO			
DNAME	DNUMBER	DGERSSN	DLOCALIZACOES
Pesquisa	5	333445555	{Bellaire, Sugarland, Houston}
Administração	4	987654321	{Stafford}
Diretoria	1	888665555	{Houston}

DEPARTAMENTO			
DNAME	DNUMBER	DGERSSN	DLOCALIZACAO
Pesquisa	5	333445555	Bellaire
Pesquisa	5	333445555	Sugarland
Pesquisa	5	333445555	Houston
Administração	4	987654321	Stafford
Diretoria	1	888665555	Houston

173

### Solução C

- Remover o atributo DLOCALIZACOES e criar um esquema de relação separado
- Mais genérica



174

**1NF**

- Desaprova atributos multivalorados compostos

EMP_PROJ		PROJS			
SSN	ENOME	PNUMERO	HORAS		
123456789	Smith,John B.	1	32.5		
		2	7.5		
666884444	Narayan,Ramesh K.	3	40.0		
453453453	English,Joyce A.	1	20.0		
		2	20.0		
333445555	Wong,Franklin T.	2	10.0		
		3	10.0		
		10	10.0		
		20	10.0		
999887777	Zelaya,Alicia J.	30	30.0		
		10	10.0		
987987987	Jabbar,Ahmad V.	10	35.0		
		30	5.0		
987654321	Wallace,Jennifer S.	30	20.0		
		20	15.0		
888665555	Borg,James E.	20	null		

Chave primária Chave parcial

175

**1NF**

- Removemos atributos do esquema de relação aninhada
- Formamos um novo esquema de relação e propagamos a chave primária

EMP_PROJ		PROJS		EMP_PROJ1	
SSN	ENOME	PNUMERO	HORAS	SSN	ENOME
<b>EMP_PROJ2</b>					
SSN	PNUMERO	HORAS			

- Pode ser aplicado recursivamente

176

**1NF**

- Cuidado com vários atributos multivalorados

PESSOA(CPF, {NUM\_CAR\_LIC}, {NUM\_TEL})

↓  
Usando segunda opção

PESSOA\_1NF(CPF, NUM\_CAR\_LIC, NUM\_TEL)

Apresenta problemas de dependência multivalorada que serão tratadas na 4NF

PESSOA\_CAR(CPF, NUM\_CAR\_LIC)

PESSOA\_TEL(CPF, NUM\_TEL)

177

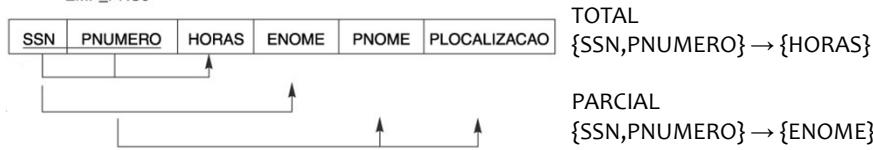
**2NF**

- Baseada no conceito de DF total

•  $X \rightarrow Y$  é **total** se  $X - \{A\} \rightarrow Y$  não está mais assegurada para qualquer A de X

•  $X \rightarrow Y$  é **parcial** se  $X - \{A\} \rightarrow Y$  ainda está assegurada para algum A de X

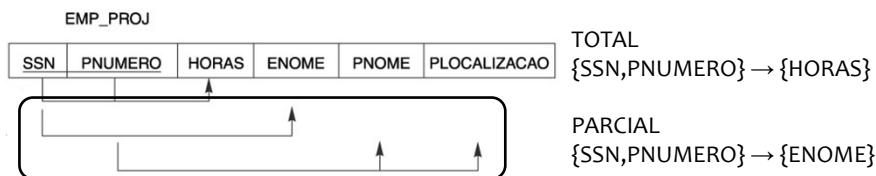
EMP\_PROJ



178

## 2NF

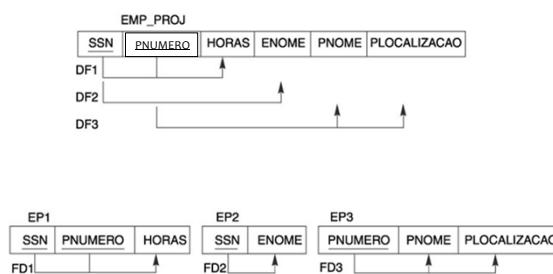
- Todo atributo não primário tem DF total da chave primária
- Verificar se os atributos do lado esquerdo das DFs são a chave primária



179

## 2NF

- Decompor esquema de relação em várias outros esquemas de relação de forma que os atributos não primários tenham DF total da chave primária

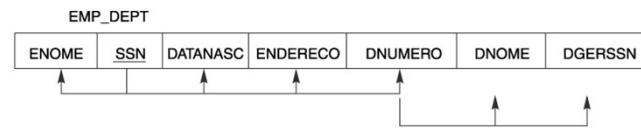


180

### 3NF

- Baseada no conceito de dependência transitiva
- $X \rightarrow Y$  é **transitiva** se existir  $Z$  que nem é chave primária nem é subconjunto de qualquer chave e tivermos  $X \rightarrow Z$  e  $Z \rightarrow Y$  asseguradas

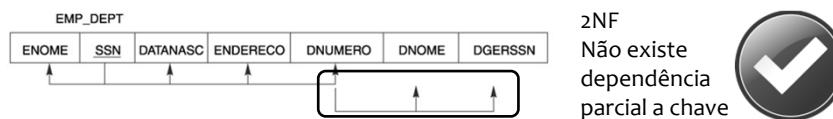
$SSN \rightarrow DGERSSN$  é transitiva para DNUMERO



181

### 3NF

- Está na 2NF e nenhum atributo não primário for transitivamente dependente da chave primária



- Decompor em dois esquemas de relação na 3NF

Junção não gerará tuplas ilegítimas



182

### Intuitivamente

- Qualquer DF cujo lado esquerdo for parte da chave primária ou for atributo não chave é problemática
- Problemas resolvidos com a 2NF e 3NF

183

### Resumo

#### • 1NF

- Definição

- relação não contém atributos não-atômicos e relações aninhadas

- Ação

- formar uma nova relação para cada um desses

184

## Resumo

### • 2NF

- Definição

- relações com chaves primárias com vários atributos não possuem atributo externo à chave funcionalmente dependente de parte da chave primária

- Ação

- decompor e montar uma nova relação para cada chave parcial com seus atributos dependentes
- Garantir que relação original manteve chave primária e atributos com dependência total dela

185

## Resumo

### • 3NF

- Definição

- Atributos externos à chave não dependem funcionalmente de outros atributos que também não pertença a chave

- Ação

- decompor e montar uma nova relação que contenha os atributos não-chave que determinam funcionalmente os outros atributos

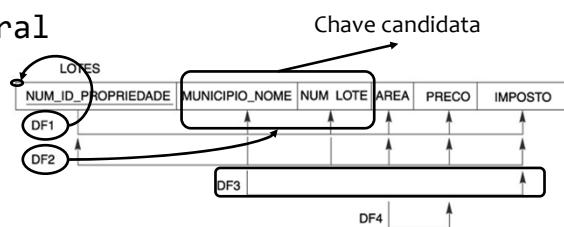
186

## 2NF Geral

- Leva em conta todas as chaves candidatas
- Cada atributo não-primário não é parcialmente dependente de nenhuma chave
- Verifica se os atributos do lado esquerdo das DFs fazem parte da chave primária

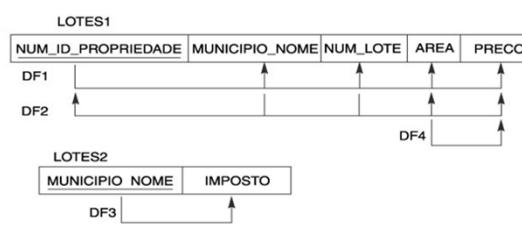
187

## 2NF Geral



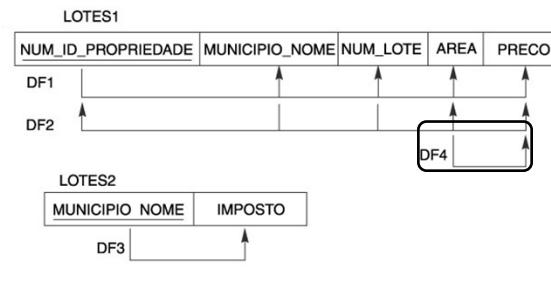
Viola a 2NF

IMPOSTO é parcialmente dependente da chave candidata



188

## 2NF Geral



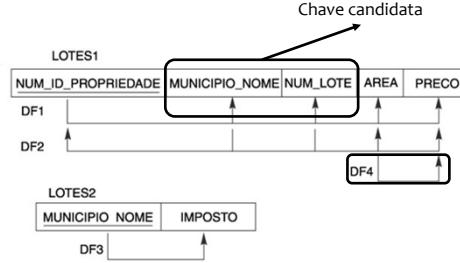
Não viola 2NF

189

## 3NF Geral

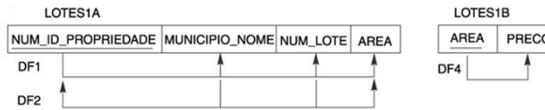
- Leva em conta todas as chaves candidatas
- Todo atributo não-primário
  - Tem dependência funcional total para todas as chaves
  - Não é transitivamente dependente de nenhuma chave

190

**3NF Geral**

Viola 3NF

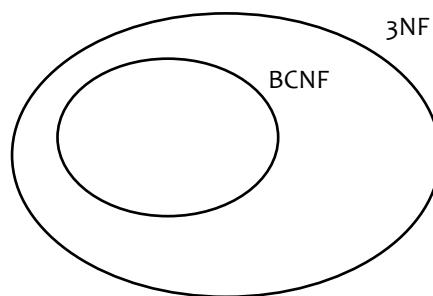
- AREA não é super-chave
- PRECO não é atributo primário de LOTES1
- PRECO é transitivamente dependente de cada chave candidata



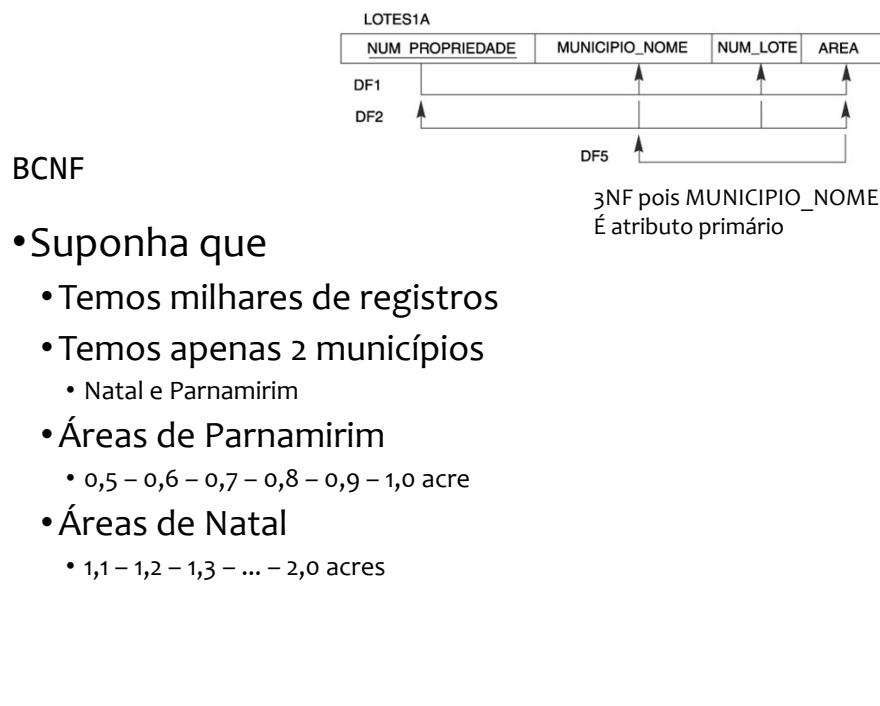
191

**Forma Normal de Boyce-Codd (BCNF)**

- Mais simples que a 3NF
- Mais rígida que a 3NF



192

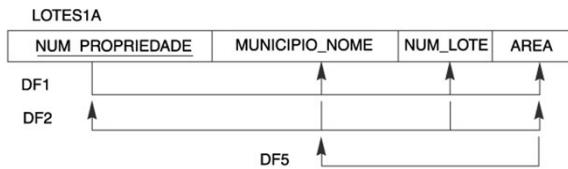


193

**BCNF**

	NOME_MUNICIPIO	AREA
Parnamirim	0,5	
Parnamirim	0,6	
Parnamirim	0,7	
...	...	
Natal	1,1	
...	...	

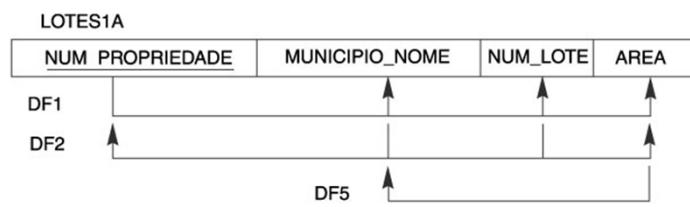
- Criação de uma relação separada R(NOME\_MUNICIPIO, AREA) com 16 tuplas
- Evita redundância desta informação em milhares de registros
- Desaprova LOTES1A



194

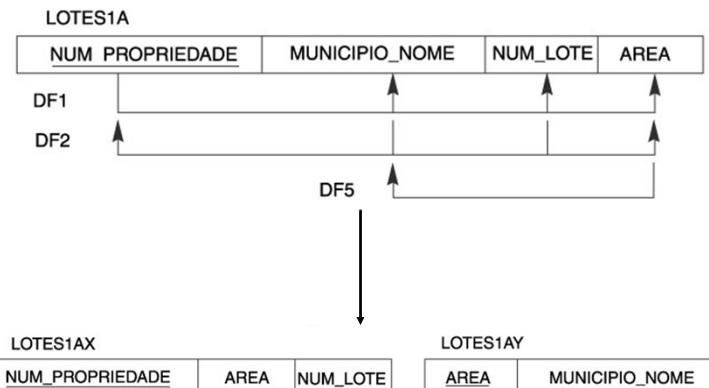
## BCNF

- Um esquema de relação R está em BCNF, se para toda dependência funcional  $X \rightarrow A$  que estiver em R, X for uma super-chave de R
- Em 3NF A poderia ser primário, aqui não



195

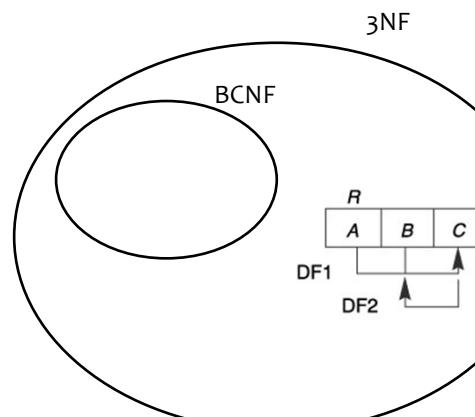
## BCNF



196

## BCNF

- Na prática
  - A maioria das relações em 3NF está em BCNF
- Apenas se
  - $C \rightarrow B$  for o caso
  - C não é superchave
  - B é atributo primário
- Temos 3NF e não BCNF



197

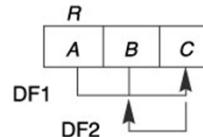
## BCNF

- Na maioria dos casos é válido buscar ou 3NF ou BCNF
- Historicamente 1NF e 2NF eram meios para se chegar a 3NF

198

## BCNF - Exemplo Final

ENSINA		
ALUNO	CURSO	INSTRUTOR
Narayan	Banco de dados	Mark
Smith	Banco de dados	Navathe
Smith	Sistemas operacionais	Ammar
Smith	Teoria	Schulman
Wallace	Banco de dados	Mark
Wallace	Sistemas operacionais	Ahamad
Wong	Banco de dados	Omiecinski
Zelaya	Banco de dados	Navathe
ALUNO	INSTRUTOR	
ALUNO	CURSO	
CURSO	INSTRUTOR	
CURSO	ALUNO	



$\{ALUNO, CURSO\} \rightarrow INSTRUTOR$   
 $INSTRUTOR \rightarrow CURSO$

### ALGORITMO (16.5 – Pg. 559 – 6º EDIÇÃO)

- $INSTRUTOR \rightarrow CURSO$  viola a BCNF
- CRIE DUAS RELAÇÕES
  - TIRE CURSO DE ENSINA  $\longrightarrow$ 

ALUNO	INSTRUTOR
-------	-----------
  - CRIE  $[INSTRUTOR, CURSO]$   $\longrightarrow$ 

INSTRUTOR	CURSO
-----------	-------



199

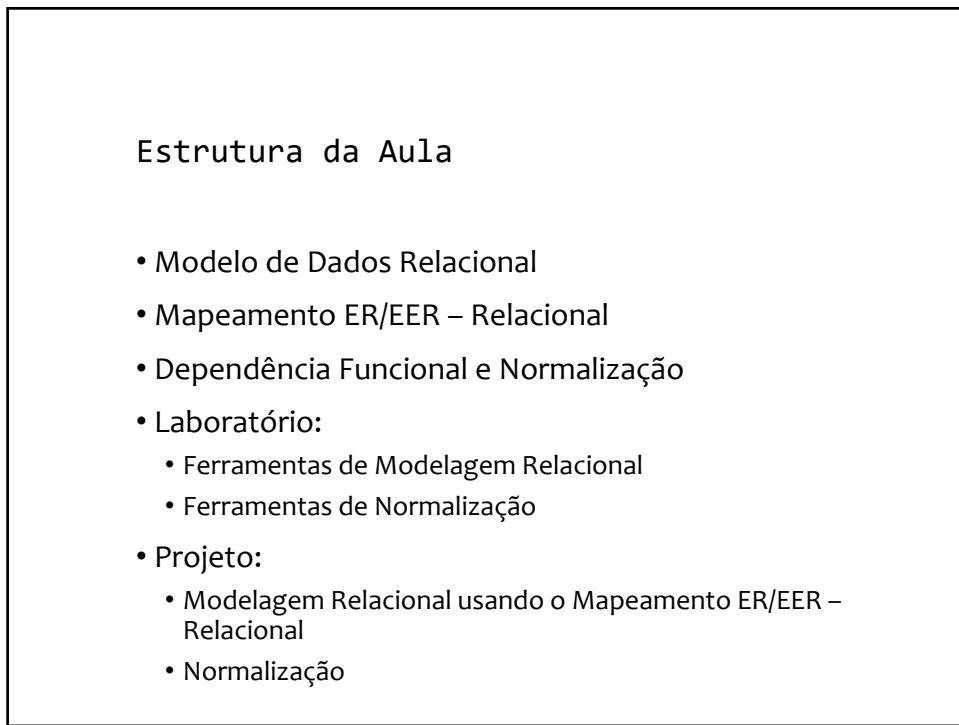
## Normalização Avançada

- Leitura avançada (Capítulo 16)
  - Como determinar se uma decomposição é não aditiva
  - Como decompor de maneira segura
  - 4NF e 5NF

200



201



202

# MÃO NA MASSA

- Conhecendo MySQL Workbench
  - Apresentação do Professor
  - **Laboratório MySQL Workbench.pdf** (disponível no SIGAA)
    - Exercício
  - Construindo o Modelo Relacional do seu projeto com MySQL Workbench
- Normalizando o Modelo Relacional
  - Apresentação do Professor
  - **Laboratório - Griffith Normalization Tool.pdf** (disponível no SIGAA)
    - Conhecendo a ferramenta
    - Exercícios
  - Normalizando o Modelo Relacional do seu projeto

203

## Instalando o MySQL Workbench

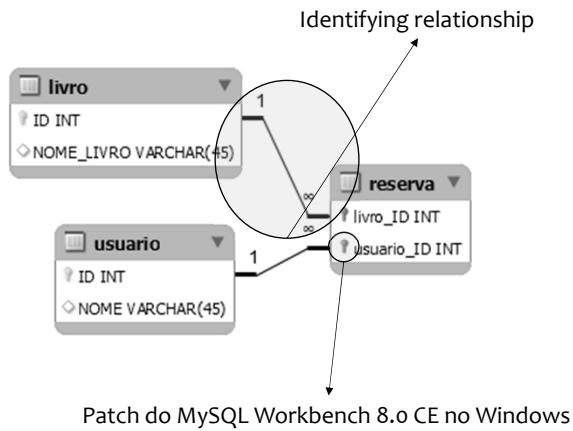
- MySQL Community Downloads
  - <https://dev.mysql.com/downloads/>
- Usando instalador geral
  - <https://dev.mysql.com/downloads/installer/>
- Instalando individualmente
  - Instalar o MySQL Community Server
    - <https://dev.mysql.com/downloads/mysql/>
  - Instalar o MySQL Workbench
    - <https://dev.mysql.com/downloads/workbench/>

204



## Conhecendo o MySQL Workbench

- Criando um modelo relacional

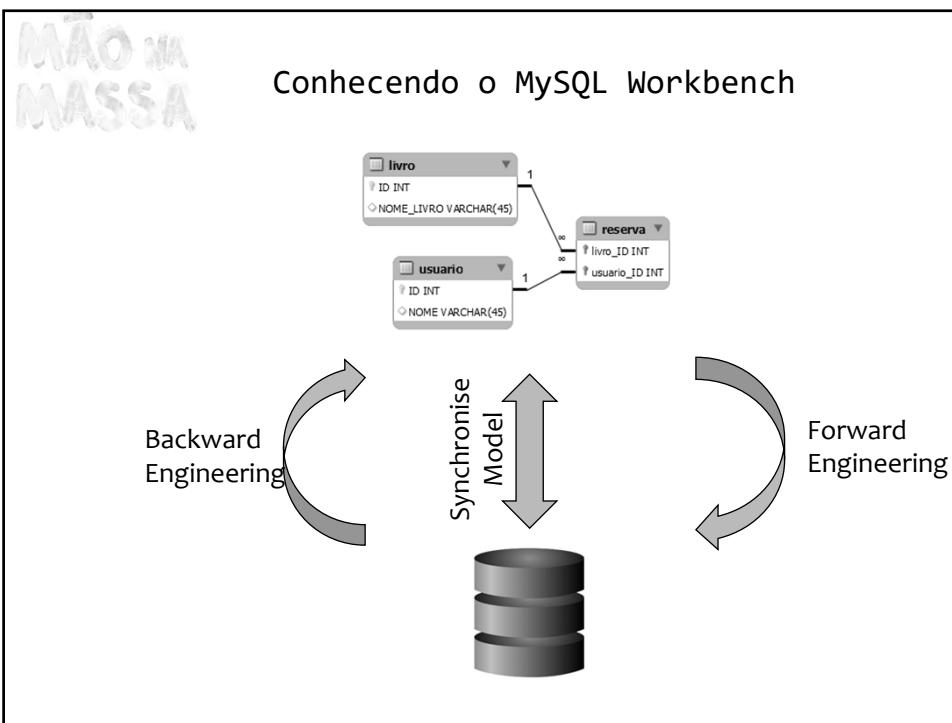


205

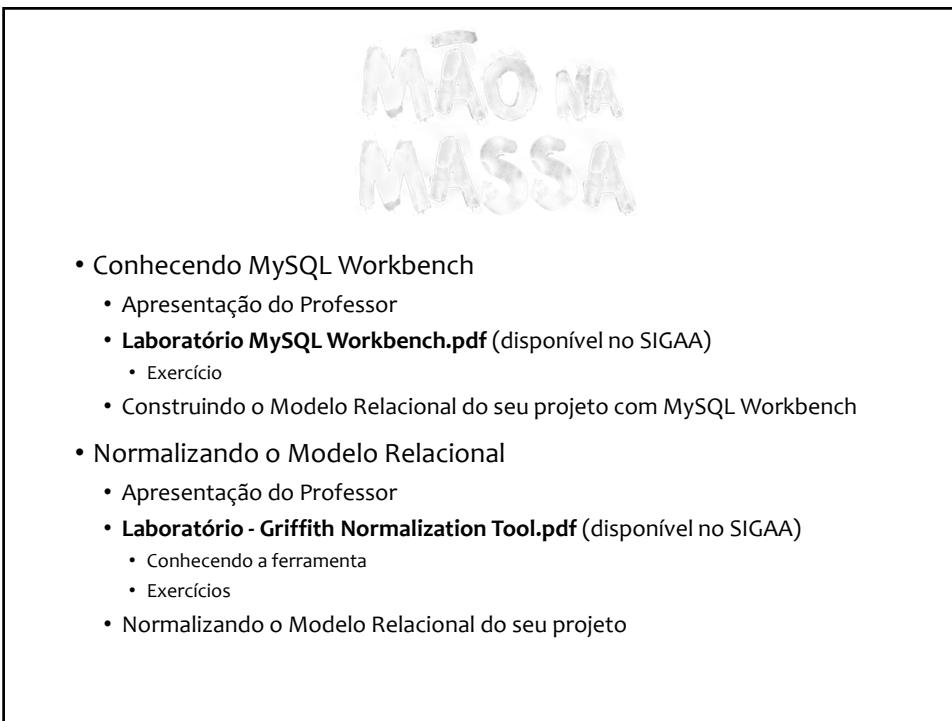


Terminei meu modelo.  
Onde está a minha base?

206



207



208



## Ferramentas de Normalização

- Griffith University Normalisation Tool

- Mais amigável
- Online



- SWI-Prolog

- Mais completa
- Desktop e Online



209



## Griffith University Normalisation Tool



- Exemplos|municipios\_griffith.nrm

LOTES1A

	NUM_PROPRIEDADE	MUNICIPIO_NOME	NUM_LOTE	AREA
DF1				
DF2				
DF5				

### Functions

- ◊ FIND A MINIMAL COVER
- ◊ FIND ALL CANDIDATE KEYS
- ◊ CHECK NORMAL FORM
- ◊ NORMALIZE TO 2NF
- ◊ NORMALIZE TO 3NF METHOD 1
- ◊ NORMALIZE TO 3NF METHOD 2
- ◊ NORMALIZE TO BCNF

LOTES1AX

NUM_PROPRIEDADE	AREA	NUM_LOTE

LOTES1AY

AREA	MUNICIPIO_NOME

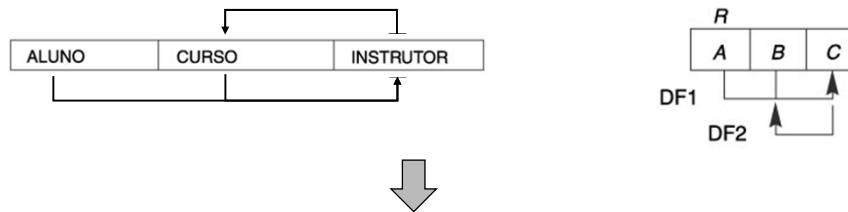
210



## Conhecendo o SWI-Prolog Como usar?



- Codificando relações e dependências funcionais
  - Use apenas letras minúsculas nos nomes dos atributos



```
schema([aluno, curso, instrutor]).  
fds([[aluno, curso],[instrutor]], [[instrutor],[curso]]).
```

211



## Conhecendo o SWI-Prolog Principais Funcionalidades



- Relação R e Dependências Funcionais F, F1 e F2
  - **is3nf(R,F)**
    - R está na terceira forma normal
  - **threanf(R,F,D)**
    - D recebe uma decomposição de R que está na terceira forma normal
  - **isbcnf(R,F)**
    - R está na forma normal de Boyce-Codd
  - **bcnf(R,F,D)**
    - D recebe uma decomposição de R que está na forma normal de Boyce-Codd
  - **candkey(R,F,K)**
    - K é chave candidata de R
  - **mincover(R,F,FC)**
    - FC recebe a cobertura mínima de F em R

212



## Conhecendo o SWI-Prolog Principais Funcionalidades



- Relação R e Dependências Funcionais F, F1 e F2
  - **ljd(R, F, D)** – Lessloss Join Decomposition
    - A decomposição de R em D não gera tuplas ilegítimas
  - **fpd(R, F, D)** – Functional Dependencies Preserving Decomposition
    - A decomposição de R em D preserva as dependências funcionais de R

213



## Conhecendo o SWI-Prolog Principais Funcionalidades



- Definindo decomposições

ALUNO	INSTRUTOR
ALUNO	CURSO

decomp1([[aluno, instrutor], [aluno, curso]]).

CURSO	INSTRUTOR
CURSO	ALUNO

decomp2([[curso, instrutor], [curso, aluno]]).

ALUNO	INSTRUTOR
INSTRUTOR	CURSO

decomp3([[aluno, instrutor], [instrutor, curso]]).

214

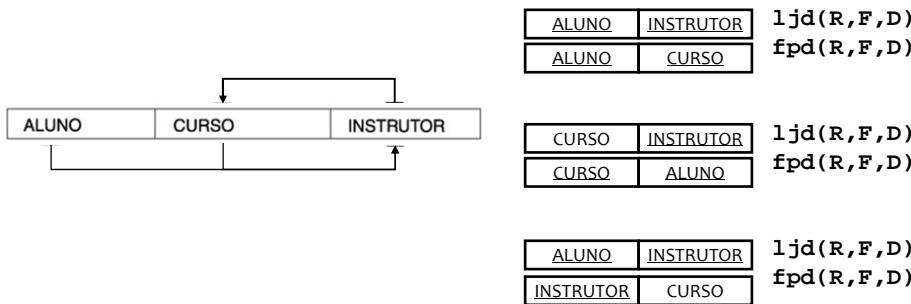


## Conhecendo o SWI-Prolog Como usar?



- Versão desktop

- Carregue a teoria: duplo clique em **Exemplos|dbd.pl**
- Carregue o arquivo: [**'exemploaula.pl'**].
- Verificando...



215



## Conhecendo o SWI-Prolog Como usar?



- Versão Online

- ***exemploaula\_online.pl***

- `schema(R), fds(F), decomp1(D), ljd(R,F,D).`
- `schema(R), fds(F), decomp1(D), fpd(R,F,D).`
- `schema(R), fds(F), decomp2(D), ljd(R,F,D).`
- `schema(R), fds(F), decomp2(D), fpd(R,F,D).`
- `schema(R), fds(F), decomp3(D), ljd(R,F,D).`
- `schema(R), fds(F), decomp3(D), fpd(R,F,D).`

216



## Conhecendo o SWI-Prolog Como usar?



- Outro exemplo (`['example.pl']`).

```
R(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J)
F = {AB → C, A → DE, B → F, F → GH, D → IJ}
```



```
schema([a,b,c,d,e,f,g,h,i,j]). 
fds([[a,b],[c]],
     [[a],[d, e]],
     [[b],[f]],
     [[f],[g, h]],
     [[d],[i, j]]]. 
decomp([[a, b, c],
        [a, d, e],
        [b, f],
        [f, g, h],
        [d, i, j]]).
```

217



## Conhecendo o SWI-Prolog Principais Funcionalidades



```
?- schema(R), fds(F), decomps(D), ljd(R,F,D).
[[a,1],[a,2],[a,3],[a,4],[a,5],[a,6],[a,7],[a,8],[a,9],[a,10]]
[[a,1],[b,2,2],[b,2,3],[a,4],[a,5],[b,2,6],[b,2,7],[b,2,8],[a,9],[a,10]]
[[b,3,1],[a,2],[b,3,3],[b,3,4],[b,3,5],[a,6],[a,7],[a,8],[b,3,9],[b,3,10]]
[[b,4,1],[b,4,2],[b,4,3],[b,4,4],[b,4,5],[a,6],[a,7],[a,8],[b,4,9],[b,4,10]]
[[b,5,1],[b,5,2],[b,5,3],[a,4],[b,5,5],[b,5,6],[b,5,7],[b,5,8],[a,9],[a,10]]

R = [a, b, c, d, e, f, g, h, i|...]
F = [[[a, b], [c]], [[a], [d, e]], [[b], [f]], [[f], [g, h]], [[d], [i, j]]].
D = [[a, b, c], [a, d, e], [b, f], [f, g, h], [d, i, j]] ■

?- schema(R), fds(F), decomps(D), fpd(R,F,D).
Considering [a,b]-->[c]
Xplus=[c,a,e,b,f,g,h,d,i,j]
Considering [a]-->[d,e]
Xplus=[a,e,d,i,j]
Considering [b]-->[f]
Xplus=[b,f,g,h]
Considering [f]-->[g,h]
Xplus=[f,g,h]
Considering [d]-->[i,j]
Xplus=[d,i,j]
R = [a, b, c, d, e, f, g, h, i|...].
F = [[[a, b], [c]], [[a], [d, e]], [[b], [f]], [[f], [g, h]], [[d], [i, j]]].
D = [[a, b, c], [a, d, e], [b, f], [f, g, h], [d, i, j]] ■
```

218

# MÃO NA MASSA

- Conhecendo MySQL Workbench
  - Apresentação do Professor
  - **Laboratório MySQL Workbench.pdf** (disponível no SIGAA)
    - Exercício
  - Construindo o Modelo Relacional do seu projeto com MySQL Workbench
- Normalizando o Modelo Relacional
  - Apresentação do Professor
  - **Laboratório - Griffith Normalization Tool.pdf** (disponível no SIGAA)
    - Conhecendo a ferramenta
    - Exercícios
  - Normalizando o Modelo Relacional do seu projeto