

Sistemas de Banco de Dados

Fundamentos em Bancos de Dados Relacionais

Wladimir Cardoso Brandão

www.wladimirbrandao.com

Fevereiro, 2020



SEÇÃO 06

ÁLGEBRA RELACIONAL



- ▶ Conjunto básico de operações para manipular o banco de dados (modelo relacional).
- ▶ Essas operações permitem que um usuário especifique solicitações de recuperações básicas.
- ▶ O resultado da consulta (sequência de operações) é uma **nova relação**.



- ▶ A álgebra oferece um importante alicerce formal para as operações do modelo relacional.
- ▶ Historicamente, a álgebra foi desenvolvida *antes* da linguagem SQL e seus conceitos são incorporados.

- ▶ Linguagem formal para o modelo relacional:

Álgebra Relacional

- ▶ Linguagem prática para o modelo relacional:

SQL, DDL, DML



As operações da álgebra relacional podem ser divididas em *dois grupos*:

Operações da teoria do conjunto da matemática:

- ▶ União
- ▶ Intersecção
- ▶ Diferença
- ▶ Produto

Operações exclusivas para banco de dados:

- ▶ Seleção
- ▶ Projeção
- ▶ Junção



Outras classificações:

- ▶ **Operações unárias:** aplicadas em relações isoladas.
- ▶ **Operações binárias:** duas tabelas combinando tuplas baseadas em condições.
- ▶ **Funções de agregação:** operações que resumem dados das tabelas.



$$\sigma_{condicional}(R)$$

- ▶ O operador **SELEÇÃO** é unário: ele é aplicado a uma única relação.
- ▶ Seleciona todas as tuplas que satisfazem a condição de seleção de uma relação **R**.
- ▶ Funciona como um ***filtro*** que mantém apenas as tuplas que *satisfazem uma condição*.
- ▶ As tuplas que não satisfazem a condição são *descartadas*.



- ▶ O símbolo *sigma* (σ) é usado para indicar o operador seleção.
- ▶ A *relação resultante* da operação seleção tem os mesmos atributos de **R**.
- ▶ O número de tuplas na relação resultante é sempre menor ou igual ao número de tuplas em **R**.



Exemplos:

- ▶ Selecionar tuplas de funcionário cujo número do departamento seja igual a 4:

$$\sigma_{Dnr = 4}(FUNCIONARIO)$$

- ▶ Selecionar tuplas de funcionário cujo salário seja maior que 30.000,00:

$$\sigma_{Salario > 30.000,00}(FUNCIONARIO)$$



A condição de seleção é uma **expressão booleana**, conforme:

<nome atributo> <op comparação> <valor constante>

<nome atributo> <op comparação> <nome atributo>

onde:

- ▶ **<nome atributo>** é o nome de um atributo de R;
- ▶ **<op comparação>** é um dos seguintes operadores:

= < ≤ > ≥ ≠

- ▶ **<valor constante>** valor constante do domínio do atributo.

As cláusulas podem ser conectadas pelos operadores booleanos **and**, **or** e **not**.



Selecionar as tuplas para todos os funcionários que ou trabalham no departamento 4 e ganham mais de 25.000,00 por ano, ou trabalham no departamento 5 e ganham mais de 30.000,00.

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	<u>Cpf</u>	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	43.000	88866555576	4
Joice	A	Leite	45345345376	25.000	33344555587	5
Jorge	E	Brito	88866555576	55.000	null	1



Selecionar as tuplas para todos os funcionários que ou trabalham no departamento 4 e ganham mais de 25.000,00 por ano, ou trabalham no departamento 5 e ganham mais de 30.000,00.

► **Especificação da operação SELEÇÃO:**

$$\sigma_{(Dnr = 4 \wedge Salario > 25.000) \vee (Dnr = 5 \wedge Salario > 30.000)}(FUNCIONARIO)$$

► **Resultado da operação:**

Pnome	Minicial	Unome	<u>Cpf</u>	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
Fernando	T	Wong	33344555587	40.000	88866555576	5
Jennifer	S	Souza	98765432168	43.000	88866555576	4



- ▶ A seleção é aplicada a cada tupla individualmente, portanto, as condições de seleção não podem envolver mais de uma tupla.
- ▶ A operação SELECT é **comutativa**, logo pode ser aplicada em qualquer ordem:

$$\sigma_{cond1}(\sigma_{cond2}(R)) = \sigma_{cond2}(\sigma_{cond1}(R))$$

- ▶ Pode-se combinar uma sequência de operações SELEÇÃO a uma única operação SELEÇÃO com uma condição conjuntiva (**AND**):

$$\sigma_{cond1}(\sigma_{cond2}(\dots (\sigma_{cond1}(R))\dots)) = \sigma_{cond1} \wedge_{cond2} \wedge \dots \wedge_{condn}(R)$$



- ▶ Produz uma nova relação com apenas alguns atributos de R , e remove tuplas duplicadas.
- ▶ Seleciona certas colunas da tabela e descarta outras, projetando a relação apenas por alguns atributos.
- ▶ O operador PROJEÇÃO é **unário**: ele é aplicado a uma única relação.
- ▶ A forma geral da projeção é:

$$\pi_{\text{lista de atributos}}(R)$$



$$\pi_{\text{lista de atributos}}(R)$$

- ▶ π (π) é o símbolo que representa a **PROJEÇÃO**;
 <*lista de atributos*> se refere aos atributos desejados da relação;
- ▶ O resultado da operação PROJEÇÃO tem apenas os atributos especificados em <*lista atributos*> na mesma ordem.
- ▶ A operação PROJEÇÃO remove quaisquer tuplas duplicadas.



Listar último nome, primeiro nome e o salário de cada funcionário.

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	Cpf	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flors, 751, São Paulo	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 34, Curitiba, PR	F	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	20-06-1941	Av. Brigadeiro, 54, São Paulo, SP	F	43.000	88866555576	4
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av Lucas Obes, 74, São Paulo	F	25.000	33344555587	5
Jorge	E	Brito	88888555578	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	null	1



- *Especificação da operação PROJEÇÃO:*

$$\pi_{Unome, Pnome, Salario}(FUNCIONARIO)$$

- *Resultado da operação:*

Unome	Pnome	Salario
Silva	João	30.000
Wong	Fernando	40.000
Zelaya	Alice	25.000
Souza	Jennifer	43.000
Leite	Joice	25.000
Brito	Jorge	55.000



Listar o sexo e o salário de cada funcionário.

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	Cpf	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flors, 751, São Paulo	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 34, Curitiba, PR	F	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	20-06-1941	Av. Brigadeiro, 54, São Paulo, SP	F	43.000	88866555576	4
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av Lucas Obes, 74, São Paulo	F	25.000	33344555587	5
Jorge	E	Brito	88888555578	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	null	1



- *Especificação da operação PROJEÇÃO:*

$$\pi_{\text{Sexo, Salario}}(\text{FUNCIONARIO})$$

- *Resultado da operação:*

Sexo	Salario
M	30.000
M	40.000
F	25.000
F	43.000
M	55.000

A tupla <F, 25.000> aparece apenas uma vez na relação resultante, embora essa combinação de valores apareça duas vezes na relação FUNCIONARIO. Logo, ocorreu a **eliminação de duplicatas**.



- ▶ O número de tuplas em uma relação resultante de uma operação PROJEÇÃO é menor ou igual ao número de tuplas em R .
- ▶ Se a lista de projeção inclui alguma chave de R , a relação resultante tem o mesmo número de tuplas que R .

$$\pi_{lista1}(\pi_{lista2}(R)) = \pi_{lista1}(R)$$

A $\langle lista2 \rangle$ deve conter os mesmos atributos que a $\langle lista3 \rangle$.

- ▶ A comutatividade não é mantida na projeção.



Para a maioria das consultas, precisamos aplicar várias operações da álgebra relacional uma após a outra, a partir das seguintes possibilidades:

- ▶ Alinhando as operações e gerando uma única expressão da álgebra relacional (expressão em linha).
- ▶ Aplicando uma operação de cada vez e criando relações de resultados intermediários.



Recuperar o primeiro nome, sobrenome e salário de todos os funcionários que trabalham no departamento número 5.

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	Cpf	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flors, 751, São Paulo	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 34, Curitiba, PR	F	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	20-06-1941	Av. Brigadeiro, 54, São Paulo, SP	F	43.000	88866555576	4
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av Lucas Obes, 74, São Paulo	F	25.000	33344555587	5
Jorge	E	Brito	88888555578	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	null	1



Recuperar o primeiro nome, sobrenome e salário de todos os funcionários que trabalham no departamento número 5.

► **Operações alinhadas:**

$$\pi_{Pnome, Unome, Salario}(\sigma_{Dnr = 5}(FUNCIONARIO))$$

► **Sequência de operações:**

$$A \leftarrow \sigma_{Dnr = 5}(FUNCIONARIO)$$

$$B \leftarrow \pi_{Pnome, Unome, Salario}(A)$$



Recuperar o primeiro nome, sobrenome e salário de todos os funcionários que trabalham no departamento número 5.

► **Resultado da operação:**

Pnome	Unome	Salario
João	Silva	30.000
Fernando	Wong	40.000
Joice	Leite	25.000



- ▶ Pode-se renomear os atributos nas relações intermediárias e de resultado.
- ▶ Para renomear os atributos em uma relação, é necessário listar os novos nomes de atributo entre parênteses.
- ▶ *Especificação da operação RENOMEAR:*

$TEMP \leftarrow \sigma_{Dnr = 5}(FUNCIONARIO)$

$R(Primeiro_nome, Ultimo_nome, Salario) \leftarrow$
 $\pi_{Pnome, Unome, Salario}(TEMP)$



► *Especificação da operação RENOMEAR:*

$TEMP \leftarrow \sigma_{Dnr = 5}(FUNCIONARIO)$

$R(Primeiro_nome, Ultimo_nome, Salario) \leftarrow$

$\pi_{Pnome, Unome, Salario}(TEMP)$

► *Resultado da primeira operação - relação TEMP:*

TEMP

Pnome	Minicial	Unome	<u>Cpf</u>	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flors, 751, São Paulo	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo	M	40.000	88866555576	5
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av Lucas Obes, 74, São Paulo	F	25.000	33344555587	5



► *Especificação da operação RENAMEAR:*

$TEMP \leftarrow \sigma_{Dnr = 5}(FUNCIONARIO)$

$R(Primeiro_nome, Ultimo_nome, Salario) \leftarrow$

$\pi_{Pnome, Unome, Salario}(TEMP)$

► *Resultado da segunda operação - relação R:*

R

Primeiro_nome	Ultimo_nome	Salario
João	Silva	30.000
Fernando	Wong	40.000
Joice	Leite	25.000



- ▶ O operador unário **RENAMEAR** formal pode renomear o nome da **relação** ou os nomes de **atributos**, ou ambos.

$$\rho_{S(B1, B2, \dots Bn)}(R) \text{ ou } \rho_S(R) \text{ ou } \rho_{B1, B2, \dots Bn}(R)$$

- ▶ O símbolo rho (ρ) é usado para indicar o operador RENAMEAR.
- ▶ S é o nome da nova relação.
- ▶ Entre parênteses são os novos nomes de atributo.



Operações de teoria de conjunto são usadas para **mesclar os elementos de dois conjuntos**, através das operações binárias.

- ▶ *União*
- ▶ *Intersecção*
- ▶ *Diferença*

Estas operações precisam ser aplicadas a relações com o **mesmo formato de tuplas (compatibilidade)**: mesmo número de atributos e mesmo domínio.



$R \cup S$

- ▶ O resultado dessa operação é uma relação que inclui todas as tuplas que estão em **R** ou em **S**, tanto em **R** ou em **S**.
- ▶ As tuplas duplicadas são eliminadas.
- ▶ É aplicável a qualquer quantidade de relações (**operação associativa**);
- ▶ Consiste em uma operação **comutativa**:

$$R \cup S = S \cup R$$



$FUNCS_DEP5 \leftarrow \sigma_{Dnr=5}(FUNCIONARIO)$
 $RESULTADO1 \leftarrow \pi_{Cpf}(FUNCS_DEP5)$
 $RESULTADO2(Cpf) \leftarrow \pi_{Cpf_supervisor}(FUNCS_DEP5)$
 $RESULTADO \leftarrow RESULTADO1 \cup RESULTADO2$

- ▶ **RESULTADO1** tem o CPF de todos os funcionários que trabalham no departamento 5.
- ▶ **RESULTADO2** tem o CPF de todos os funcionários que supervisionam diretamente um funcionário que trabalha no departamento 5.

RESULTADO1

Cpf
12345678966
33344555587
45345345376

RESULTADO2

Cpf
33344555587
88866555576

RESULTADO

Cpf
12345678966
33344555587
45345345376
88866555576



As relações ALUNO e PROFESSOR são *compatíveis*.

ALUNO

Pn	Un
Susana	Yao
José	Goncalves
Barbara	Pires
Ana	Tavares
Jonas	Wang
Ernesto	Gilberto

PROFESSOR

Pnome	Unome
João	Silva
Ricardo	Braga
Susana	Yao
Francisco	Leme



- *Especificação da operação UNIÃO:*

$ALUNO \cup PROFESSOR$

- *Resultado da operação:*

Pn	Un
Susana	Yao
José	Goncalves
Barbara	Pires
Ana	Tavares
Jonas	Wang
Ernesto	Gilberto
João	Silva
Ricardo	Braga
Francisco	Leme



$$R \cap S$$

- ▶ O resultado é uma relação que inclui todas as tuplas que estão tanto em R quanto em S.
- ▶ É aplicável a qualquer quantidade de relações (**operação associativa**).
- ▶ Consiste em uma **operação comutativa**:

$$R \cap S = S \cap R$$



As relações ALUNO e PROFESSOR são compatíveis.

ALUNO

Pn	Un
Susana	Yao
José	Goncalves
Barbara	Pires
Ana	Tavares
Jonas	Wang
Ernesto	Gilberto

PROFESSOR

Pnome	Unome
João	Silva
Ricardo	Braga
Susana	Yao
Francisco	Leme



- *Especificação da operação INTERSECÇÃO:*

$$ALUNO \cap PROFESSOR$$

- *Resultado da operação:*

Pn	Un
Susana	Yao

Observe que a relação mostra apenas aqueles que são tanto alunos quanto professores.



$$R - S$$

- ▶ O resultado é uma relação que inclui todas as tuplas que estão em R , mas não em S .
- ▶ Não é uma operação comutativa:

$$R - S \neq S - R$$



As relações ALUNO e PROFESSOR são compatíveis.

ALUNO

Pn	Un
Susana	Yao
José	Goncalves
Barbara	Pires
Ana	Tavares
Jonas	Wang
Ernesto	Gilberto

PROFESSOR

Pnome	Unome
João	Silva
Ricardo	Braga
Susana	Yao
Francisco	Leme



- *Especificação da operação DIFERENÇA DE CONJUNTO:*

ALUNO – PROFESSOR

- *Resultado da operação:*

Pn	Un
José	Goncalves
Barbara	Pires
Ana	Tavares
Jonas	Wang
Ernesto	Gilberto

Observe que são exibidos os nomes dos alunos que não são professores.



- *Especificação da operação DIFERENÇA DE CONJUNTO:*

PROFESSOR – ALUNO

- *Resultado da operação:*

Pnome	Unome
João	Silva
Ricardo	Braga
Francisco	Leme

Observe que são exibidos os nomes dos professores que não são alunos.



- ▶ Produz uma relação que têm os atributos de **R1** e **R2** e inclui como tuplas todas as possíveis combinações de tuplas de **R1** e **R2**.

$$R_1 \times S_2$$

- ▶ A operação é indicada por \times .
- ▶ Consiste em uma operação de conjunto binária, no entanto, as relações sobre as quais ela é aplicada não precisam ser compatíveis na união.



Suponha que deseja-se recuperar uma lista de dos nomes dos dependentes de cada funcionário.

► **Especificação de operações:**

$$A \leftarrow \sigma_{\text{Sexo} = 'F'}(\text{Funcionario})$$

$$B \leftarrow \pi_{Pnome, Unome, Cpf}(A)$$

$$C \leftarrow B \times \text{Dependente}$$

$$D \leftarrow \sigma_{Cpf = Fcpf}(C)$$

$$E \leftarrow \pi_{Pnome, Unome, Nome_dependente}(D)$$



► *Resultado final das operações:*

Pnome	Unome	Cpf	Fcpf	Nome dependente	Sexo	Datanasc
Alice	Zelaya	99988777767	33344555587	Alicia	F	05-04-1986
Alice	Zelaya	99988777767	33344555587	Tiago	M	25-10-1983
Alice	Zelaya	99988777767	33344555587	Janaina	F	03-05-1958
Alice	Zelaya	99988777767	98765432168	Antonio	M	20-02-1942
Alice	Zelaya	99988777767	12345678966	Michael	M	04-01-1988
Alice	Zelaya	99988777767	12345678966	Alicia	F	30-12-1988
Alice	Zelaya	99988777767	12345678966	Elisabeth	F	05-05-1967
Jennifer	Souza	98765432168	33344555587	Alicia	F	05-04-1986
Jennifer	Souza	98765432168	33344555587	Tiago	M	20-10-1983
Jennifer	Souza	98765432168	33344555587	Janaina	F	03-05-1958
Jennifer	Souza	98765432168	98765432168	Antonio	M	28-02-1942

Observe que cada dependente é combinado com cada funcionário.



► *Resultado final das operações - continuação da tabela:*

Pnome	Unome	Cpf	Fcpf	Nome dependente	Sexo	Datanasc
Jennifer	Souza	98765432168	12345678966	Michael	M	04-01-1988
Jennifer	Souza	98765432168	12345678966	Alicia	F	30-12-1988
Jennifer	Souza	98765432168	12345678966	Elizabeth	F	05-05-1967
Joice	Leite	45345345376	33344555587	Alicia	F	05-04-1986
Joice	Leite	45345345376	33344555587	Tiago	M	25-10-1983
Joice	Leite	45345345376	33344555587	Janaina	F	03-05-1958
Joice	Leite	45345345376	98765432168	Antonio	M	28-02-1942
Joice	Leite	45345345376	12345678966	Michael	M	04-01-1988
Joice	Leite	45345345376	12345678966	Alicia	F	30-12-1988
Joice	Leite	45345345376	12345678966	Elizabeth	F	05-05-1967

Observe que cada dependente é combinado com cada funcionário.



- ▶ Operação utilizada para combinar tuplas relacionadas de duas relações em uma única tupla *maior*.
- ▶ Produz todas as combinações de tuplas R1 e R2 que satisfazem a condição de junção, em **tuplas únicas combinadas**.

$$R_1 \bowtie_{\text{condicional}} R_2$$

- ▶ As tuplas cujos atributos de junção são *NULL* ou dos quais a condição de junção é *FALSE* não aparecem no resultado.



- ▶ A operação JUNÇÃO pode ser especificada como uma operação PRODUTO seguida por uma operação SELEÇÃO.
- ▶ A diferença é que a JUNÇÃO apresenta no resultado apenas combinações de tuplas que satisfazem a condição de junção, enquanto no PRODUTO todas as combinações de tuplas são incluídas no resultado.



Recuperar o nome do gerente de cada departamento.

► **Especificação das operações:**

$A \leftarrow \text{Departamento} \bowtie_{\text{Cpf_gerente} = \text{Cpf}} (\text{FUNCIONARIO})$

$B \leftarrow \pi_{Dnome, Unome, Pnome}(A)$

► **Resultado das operações:**

B

Dnome	Dnumero	Cpf gerente	Pnome	Minicial	Unome	Cpf
Pesquisa	5	33344555587	Fernando	T	Wong	33344555587
Administracao	4	98765432168	Jennifer	S	Souza	98765432168
Matriz	1	88866555576	Jorge	E	Brito	88866555576



Variações de junção - Equijunção:

- ▶ Utilização apenas de comparações de igualdade.
- ▶ No resultado de um EQUIJUNÇÃO, sempre há um ou mais pares de atributos que possuem valores idênticos em cada tupla.
- ▶ No exemplo anterior, *Cpf_gerente* e *Cpf* são idênticos em cada tupla de *DEP_GER*.



Variações de junção - Junção natural:

- ▶ Elimina o segundo atributo (desnecessário) na condição de EQUIJUNÇÃO.
- ▶ Essa operação requer que os dois atributos de junção tenham o mesmo nome nas duas relações.
- ▶ Caso necessário uma operação de renomeação é aplicada primeiro.



Variações de junção - Junção natural:

*Combinar cada tupla PROJETO com a tupla DEPARTAMENTO
que controla o projeto.*

$A \leftarrow \sigma_{Dnome, Dnum, Cpf_gerente, Data_inicio_gerente}(Departameto)$
 $B \leftarrow Projeto * A$

- **Dnum** é o atributo de junção, pois é o único atributo com o mesmo nome nas duas relações.



- Utilizada quando se deseja extrair de uma relação **R1** uma determinada parte que possui de atributos da relação **R2**.

$$R_1 \div R_2$$



Recuperar os nomes dos funcionários que trabalham em todos os projetos em que 'João Silva' trabalha.

► **Primeiro passo:**

$SILVA \leftarrow \sigma_{Pnome = 'Joao' \wedge Unome = 'Silva'}(Funcionario)$
 $SILVA_PNRS \leftarrow \pi_{Pnr}(TRABALHA_EM \bowtie_{Fcpf = Cpf} SILVA)$

SILVA_PNRS

Pnr
1
2



Recuperar os nomes dos funcionários que trabalham em todos os projetos em que 'João Silva' trabalha.

► **Segundo passo:**

$CPF_PNRS \leftarrow \pi_{F_{CPF}, P_{nr}}(TRABALHA_EM)$

CPF_PNRS

Fcpf	Pnr
12345678966	1
12345678966	2
66688444476	3
45345345376	1
45345345376	2
99988777767	30
99988777767	10
98798798733	10
98798798733	30
98765432168	30
98765432168	20
88866555576	20



Recuperar os nomes dos funcionários que trabalham em todos os projetos em que 'João Silva' trabalha.

► **Terceiro passo:**

$CPFS(Cpf) \leftarrow CPF_PNRS \div SILVA_PNRS$

$RESULTADO \leftarrow \pi_{Pnome, Unome}(CPFS * FUNCIONARIO)$

CPFS	
Cpf	
12345678966	
45345345376	



- ▶ Estende a operação de projeção, permitindo que as funções dos atributos sejam incluídas na lista de projeção.

$$\pi_{F1, F2, \dots, FN}(R)$$

$F1, F2, \dots, FN$, são funções sobre os atributos na relação R e podem envolver operações aritméticas e valores constantes.



Exemplo 01 - Considere a relação:

FUNCIONARIO(Cpf, Salario, Deducao, Anos_em_servico)

A partir da relação acima, deseja-se extrair as seguintes informações:

- ▶ Salário líquido = Salario - Deducao
- ▶ Bonus = 2.000 * Anos_em_servico
- ▶ Imposto = 0.25 * Salario

Neste caso, a *projeção generalizada* pode ser utilizada da seguinte maneira:

$A \leftarrow \pi_{Cpf, Salario - Deducao, 2.000 * Anos_em_servico, 0.25 * Salario}(FUNCIONARIO)$

$B \leftarrow \rho_{Cpf, Salario_liquido, Bonus, Imposto}(A)$



- ▶ **Funções de agregação** matemáticas sobre coleções de valores do banco de dados.
- ▶ SOMA (*sum*), MÉDIA (*avg*), MÁXIMO (*max*), MÍNIMO (*min*), CONTA (*Contagem de tuplas - count*).
- ▶ É representada a partir de:

$$\langle \text{atributos agrupamento} \rangle \text{Im}_{\langle \text{lista de funcoes} \rangle}(R)$$



Exemplo 02 - Recuperar o número do departamento, o número de funcionários no departamento e seu salário médio:

$A \leftarrow Dnr \ \text{Im}_{COUNT(Cpf), AVERAGE(Salario)}(FUNCIONARIO)$

$B \leftarrow \rho_{Dnr, Numero_Funcionarios, Media_Salarial}(A)$

► **Resultado da operação:**

Dnr	Nr_de_funcionarios	Media_sal
5	3	31.600
4	2	34.000
1	1	55.000



Exemplo 02 - Recuperar o número do departamento, o número de funcionários no departamento e seu salário médio:

Se não houver renomeação, os atributos da relação resultante serão concatenados no nome da função com o nome do atributo.

- **Operação sem a renomeação seria:**

Dnr Im $COUNT(Cpf), MEDIA(Salario)(FUNCIONARIO)$

- **Resultado da operação:**

Dnr	Contador_cpf	Media_salario
5	3	31.600
4	2	34.000
1	1	55.000



Exemplo 02 - Recuperar o número do departamento, o número de funcionários no departamento e seu salário médio:

*Se nenhum atributo de agrupamento for especificado, as funções são aplicadas a **todas** as tuplas, resultando em uma única tupla.*

- **Operação sem o atributo de agrupamento:**

$\gamma_{\text{CONTA Cpf, MEDIA Salario}}(\text{FUNCIONARIO})$

- **Resultado da operação:**

Contador_cpf	Media_salario
6	36.300



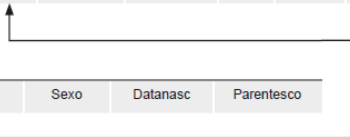
- ▶ Aplicada a um **relacionamento recursivo** entre tuplas do mesmo tipo.
- ▶ Exemplo: *Relacionamento entre funcionário e supervisor:*

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	<u>Cpf</u>	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
-------	----------	-------	------------	----------	----------	------	---------	----------------	-----

DEPENDENTE

<u>Fcpf</u>	<u>Nome_dependente</u>	Sexo	Datanasc	Parentesco
-------------	------------------------	------	----------	------------



Observe a chave estrangeira **Cpf_supervisor**: relaciona cada tupla de funcionário (**papel de supervisionado**) a outra tupla de funcionário (**papel de supervisor**).



Exemplo 03 - Especificar os Cpf's de todos os funcionários f' supervisionados diretamente pelo funcionário f cujo nome é 'Jorge Brito'. Passos para resolução:

- 1 Extrair o Cpf do funcionário com o nome 'Jorge Brito':

Especificação da operação:

$A \leftarrow \sigma_{Pnome='Jorge' \text{ AND } Unome='Brito'}(FUNCIONARIO)$

$B \leftarrow \pi_{Cpf}(A)$

Resultado da operação:

Cpf
88866555576



Exemplo 03 - Especificar os Cpf's de todos os funcionários f' supervisionados diretamente pelo funcionário f cujo nome é 'Jorge Brito'. Passos para resolução:

2 Projetar o Cpf e o Cpf_supervisor de todas as tuplas:

Especificação da operação:

$SUPERVISAO \leftarrow \pi_{Cpf, Cpf_supervisor} (FUNCIONARIO)$

Resultado da operação:

Cpf	Cpf_supervisor
12345678966	33344555587
33344555587	88866555576
99988777767	98765432168
98765432168	88866555576
45345345376	33344555587
88866555576	null



Exemplo 03 - Especificar os Cpf's de todos os funcionários f' supervisionados diretamente pelo funcionário f cujo nome é 'Jorge Brito'. Passos para resolução:

- 3 Efetuar a junção dos resultados obtidos nos itens 1 e 2, a partir da chave Cpf e Cpf_supervisor:

Especificação da operação:

$A \leftarrow \text{SUPERVISAO} \bowtie_{\text{Cpf_supervisor}=\text{Cpf}} (\text{CPF_BRITO})$

$B \leftarrow \pi_{\text{Cpf}}(A)$

Resultado da operação:

Cpf
33344555587
98765432168



Junção interna (*inner join*):

- ▶ As operações JUNÇÃO descritas anteriormente combinam com tuplas que satisfazem a condição de junção.
- ▶ As tuplas sem uma tupla correspondente são eliminadas do resultado.
- ▶ Tuplas com valores NULL nos atributos de junção também são eliminadas.



Exemplo 04 - Lista de todos os nomes de funcionários, bem como o nome dos departamentos que eles gerenciam, **se eles gerenciarem um departamento**:

- ▶ Para este caso, aplicamos a operação JUNÇÃO EXTERNA A ESQUERDA, para recuperar o resultado.
- ▶ Mantém a tupla da *primeira* relação (ou da *esquerda*).

$$R \bowtie S$$

- ▶ Se nenhuma tupla correspondente for encontrada em S, então os atributos de S no resultado da junção serão preenchidos com valores NULL.



Exemplo 04 - Lista de todos os nomes de funcionários, bem como o nome dos departamentos que eles gerenciam, **se eles gerenciarem um departamento**:

Especificação da operação:

$A \leftarrow \text{FUNCIONARIO} \bowtie_{Cpf = Cpf_gerente} (\text{DEPARTAMENTO})$

$\text{RESULTADO} \leftarrow \pi_{Pnome, Minicial, Unome, Dnome}(A)$

Resultado:

Pnome	Minicial	Unome	Dnome
João	B	Silva	null
Fernando	T	Wong	Pesquisa
Alice	J	Zelaya	null
Jennifer	S	Souza	Administração
Joice	A	Leite	null
Jorge	E	Brito	Matriz



JUNÇÃO EXTERNA A DIREITA:

- ▶ Indicada por:

$$R \bowtie S$$

- ▶ Mantém a tupla da *segunda* relação (ou da *direita*);

JUNÇÃO EXTERNA COMPLETA:

- ▶ Indicada por:

$$R \bowtie S$$

- ▶ Mantém todas as tuplas nas relações da esquerda e da direita quando nenhuma tupla correspondente for encontrada, preenchendo-as com valores NULL conforme a necessidade.



- ▶ A seguir, exibiremos exemplos adicionais para ilustrar o uso das operações de álgebra relacional.
- ▶ Os exemplos se referem ao banco de dados da figura anexada ao próximo slide.
- ▶ Em geral, a mesma consulta pode ser indicada de várias maneiras usando as diversas operações.



Um estado de banco de dados possível para o esquema de banco de dados relacional EMPRESA - Parte 1.

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	<u>Cpf</u>	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flors, 751, São Paulo	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 34, Curitiba, PR	F	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	20-06-1941	Av. Brigadeiro, 54, São Paulo, SP	F	43.000	88866555576	4
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av Lucas Obes, 74, São Paulo	F	25.000	33344555587	5
Jorge	E	Brito	88888555578	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	null	1



Um estado de banco de dados possível para o esquema de banco de dados relacional EMPRESA - Parte 2.

DEPARTAMENTO

Dnome	Dnumero	Cpf_gerente	Data_inicio_gerente
Pesquisa	5	33344555587	22-06-1988
Administracao	4	98765432168	01-01-1995
Matriz	1	88866555578	19-06-1981

LOCALIZACAO_DEP

Dnumero	Dlocal
1	São Paulo
4	Mauá
5	Santo André
5	Itu
5	São Paulo



Um estado de banco de dados possível para o esquema de banco de dados relacional EMPRESA - Parte 3.

TRABALHA_EM

Fcpf	Pnr	Horas
12345678966	1	32,5
12345678966	2	7,5
66688444476	3	40,0
45345345376	1	20,0
45345345376	2	20,0
33344555587	2	10,0
33344555587	3	10,0
33344555587	10	10,0
33344555587	20	10,0
99988777767	30	30,0
99988777767	10	10,0
98798798733	10	35,0
98798798733	30	5,0
98798798733	30	20,0
98798798733	20	15,0
88866555576	20	null

PROJETO

ProjNome	ProjNumero	ProjLocal	Dnum
ProdutoX	1	Santo Andre	5
ProdutoY	2	Itu	5
ProdutoZ	3	São Paulo	5
Informatização	10	Mauá	4
Reorganização	20	São Paulo	1
Novos Benefícios	30	Mauá	4

DEPENDENTE

Fcpf	Nome dependente	Sexo	Datanasc	Parentesco
33344555587	Alicia	F	05-04-1986	Filha
33344555587	Tiago	M	25-10-1983	Filho
33344555587	Janaina	F	03-05-1958	Esposa
98765432168	Antonio	M	28-02-1942	Marido
12345678966	Michael	M	04-01-1988	Filho
12345678966	Alicia	F	30-12-1988	Filha
12345678966	Elizabeth	F	05-05-1987	Esposa



CONSULTA 01:

- Recuperar o nome e o endereço de todos os funcionários que trabalham para o departamento 'Pesquisa'.

$$A \leftarrow \sigma_{Dnome='Pesquisa'}(DEPARTAMENTO)$$

$$B \leftarrow A \bowtie_{Dnumero=Dnr} (FUNCIONARIO)$$

$$C \leftarrow \pi_{Pnome, Unome, Endereco}(B)$$



CONSULTA 02:

- ▶ Para cada projeto localizado em 'Mauá', liste o número do projeto, o número do departamento que o controla e o último nome, endereço e data de nascimento do gerente de departamento.

$$A \leftarrow \sigma_{Projlocal='Maua'}(PROJETO)$$

$$B \leftarrow A \bowtie_{Dnum=Dnumero} (DEPARTAMENTO)$$

$$C \leftarrow B \bowtie_{Cpf_gerente=Cpf} (FUNCIONARIO)$$

$$D \leftarrow \pi_{Projnumero, Dnum, Unome, Endereco, Datanasc}(C)$$



CONSULTA 02:

- ▶ Para cada projeto localizado em 'Mauá', liste o número do projeto, o número do departamento que o controla e o último nome, endereço e data de nascimento do gerente de departamento.

Neste exemplo, primeiro selecionamos os projetos que se localizam em Mauá, depois os juntamos a seus departamentos de controle, em seguida juntamos o resultado com os gerentes de departamento. Finalmente, aplicamos uma operação de projeção aos atributos desejados.



CONSULTA 03:

- Recuperar os nomes dos funcionários que não possuem dependentes.

$$A \leftarrow \pi_{Cpf}(FUNCIONARIO)$$

$$B(Cpf) \leftarrow \pi_{Fcpf}(DEPENDENTE)$$

$$C(Cpf) \leftarrow A - B$$

$$D \leftarrow \pi_{Unome, Pnome}(C * FUNCIONARIO)$$



CONSULTA 03:

- ▶ Recuperar os nomes dos funcionários que não possuem dependentes.

Primeiro, recuperamos uma relação com todos os Cpf's de funcionários em A. Depois, criamos uma tabela com os Cpf's dos funcionários que possuem pelo menos um dependente em B. Então, aplicamos a operação DIFERENÇA DE CONJUNTO para recuperar os Cpf's de funcionários sem dependentes em C, e finalmente juntamos isso com FUNCIONARIO para recuperar os atributos desejados.

OBRIGADO

Wladimir Cardoso Brandão

www.wladimirbrandao.com



"Science is more than a body of knowledge. It is a way of thinking."

Carl Sagan