

[MAC0313]

Introdução aos Sistemas de Bancos de Dados

Aula 11

A Álgebra Relacional (Parte 2)

Kelly Rosa Braghetto

DCC-IME-USP

19 de setembro de 2019

Conjunto completo de operações da álgebra relacional

$$\{\sigma, \pi, \rho, \cup, -, \times\}$$

seleção, projeção, “renomeamento”, união, subtração, produto cartesiano

- ▶ Qualquer uma das outras operações relacionais podem ser expressas como uma sequência de operações do conjunto acima
- ▶ Exemplos:
 - ▶ Intersecção: $R \cap S \equiv (R \cup S) - ((R - S) \cup (S - R))$
 - ▶ Junção: $R \bowtie_{\langle \text{condição} \rangle} \equiv \sigma_{\langle \text{condição} \rangle}(R \times S)$

A operação de Divisão (\div)

- ▶ Foi inserida na álgebra relacional básica por conveniência (não por necessidade!)
- ▶ A operação $R \div S$ só se aplica a duas relações $R(Z)$ e $S(X)$ em que os atributos de S são um subconjunto dos atributos de R , ou seja, $X \subseteq Z$
- ▶ O resultado de $R \div S$ é uma relação $T(Y)$, onde $Y = Z - X$, que inclui uma tupla t se as tuplas t_R aparecerem em R com $t_R[Y] = t$, e com $t_R[X] = t_S$ para cada tupla t_S em S
 - ▶ Em outras palavras: para uma tupla t aparecer no resultado T da divisão, os valores em t deverão aparecer em R em combinação **com cada tupla** em S .

A operação de Divisão (\div)

Exemplo:

$$T \leftarrow R \div S$$

R

A	B
a1	b1
a2	b1
a3	b1
a4	b1
a1	b2
a3	b2
a2	b3
a3	b3
a4	b3
a1	b4
a2	b4
a3	b4

S

A
a1
a2
a3

T

B
b1
b4

A operação de Divisão (\div)

Exemplo: $R \div (\sigma_{B='MAC313'}(S))$

A	B	C	D
123	'MAC313'	2015	'A'
124	'MAC122'	2015	'A'
123	'MAC122'	2015	'A'
124	'MAC313'	2016	'A'
123	'MAC313'	2016	'B'
124	'MAC122'	2016	'B'
125	'MAC313'	2016	'A'
124	'MAC313'	2015	'A'

Relação R

B	C
'MAC313'	2015
'MAC313'	2016
'MAC122'	2015

Relação S

A	D
124	'A'

Resultado de $R \div (\sigma_{B='MAC313'}(S))$

A operação de Divisão (\div)

- ▶ Útil em consultas como a mostrada a seguir:

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

$SILVA \leftarrow \sigma_{Pnome = 'João' \text{ AND } Unome = 'Silva'}(FUNCIONARIO)$

$SILVA_PNRS \leftarrow \pi_{Pnr}(TRABALHA_EM \bowtie_{Fcpf = Cpf} SILVA)$

$CPF_PNRS \leftarrow \pi_{Fcpf, Pnr}(TRABALHA_EM)$

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

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

A operação de Divisão (\div)

- ▶ A divisão pode ser expressa como uma sequência de operações $\pi, \times, -$

$$T \leftarrow R \div S$$

equivale a

$$T1 \leftarrow \pi_Y(R)$$

$$T2 \leftarrow \pi_Y((S \times T1) - R)$$

$$T \leftarrow T1 - T2$$

lembrando que Y é conjunto de atributos que aparece R mas não em S .

Exemplos de consultas em Álgebra Relacional

Consulta 5: Descobrir o nome dos funcionários que trabalham em *todos* os projetos controlados pelo departamento número 5.

Exemplos de consultas em Álgebra Relacional

Consulta 5: Descobrir o nome dos funcionários que trabalham em *todos* os projetos controlados pelo departamento número 5.

$$\text{PROJ_DEP5} \leftarrow \rho_{\text{Pnr}}(\pi_{\text{Projnumero}}(\sigma_{\text{Dnum} = 5}(\text{PROJETO})))$$
$$\text{FUNC_PROJ} \leftarrow \rho_{\text{Cpf, Pnr}}(\pi_{\text{Fcpf, Pnr}}(\text{TRABALHA_EM}))$$
$$\text{RESULTADO_CPF_FUNC} \leftarrow \text{FUNC_PROJ} \div \text{PROJ_DEP5}$$
$$\text{RESULTADO} \leftarrow$$
$$\pi_{\text{Unome, Pnome}}(\text{RESULTADO_CPF_FUNC} * \text{FUNCIONARIO})$$

Outras operações da Álgebra Relacional

- ▶ Alguns tipos comuns de operações de recuperação de dados em BDs não podem ser realizados na Álgebra Relacional básica
- ▶ Operações adicionais foram definidas para melhorar o poder expressivo da linguagem
 - ▶ projeção generalizada
 - ▶ funções de agregação e agrupamento
 - ▶ operações de junção externa

Projeção Generalizada

- ▶ Um tipo de projeção que permite que funções sobre os atributos sejam incluídas na lista de projeção
- ▶ Formato:

$$\pi_{F_1, F_2, \dots, F_n}(R)$$

onde

- ▶ F_1, F_2, \dots, F_n são funções sobre os atributos de R
- ▶ As funções podem envolver operações aritméticas e valores constantes

Projeção Generalizada

- ▶ Exemplo:

FUNCIONARIO(Cpf, Salario, Deducao, Anos_em_servico)

- ▶ Queremos mostrar:

Salário líquido \rightarrow Salário - Dedução

Bônus $\rightarrow 2.000,00 * \text{Anos em serviço}$

Imposto $\rightarrow 0,25 * \text{Salário}$

RELATORIO $\leftarrow \rho(\text{Cpf, Salario_liquido, Bonus, Imposto})$

$(\pi_{\text{Cpf, Salario - Deducao, } 2000 * \text{Anos_em_servico, } 0.25 * \text{Salario}}$
 $(\text{FUNCIONARIO}))$

Funções de Agregação

- ▶ São funções matemáticas que se aplicam sobre coleções de valores do banco de dados
- ▶ São usadas em consultas estatísticas simples
- ▶ Exemplos
 - ▶ média ou salário total de todos os funcionários
 - ▶ número total de tuplas de projetos
- ▶ Funções comumente aplicadas: SOMA, MÉDIA, MÁXIMO, MÍNIMO, CONTA

Agrupamento

- ▶ Funções de agregação também podem ser aplicadas de forma independente sobre **grupos de tuplas**
- ▶ As tuplas de uma relação podem ser agrupadas segundo o valor de seus atributos
- ▶ Exemplo: as tuplas de FUNCIONARIO podem ser agrupadas por Dnr
 - ▶ cada grupo contém as tuplas dos funcionários que trabalham no mesmo departamento

Operação Função Agregada

- ▶ Combina as operações de agrupamento e agregação
- ▶ Não há uma notação padrão para a operação
- ▶ Notação sugerida:

$$\langle \text{atributos de agrupamento} \rangle \mathfrak{S} \langle \text{lista de funções} \rangle (R)$$

onde

- ▶ $\langle \text{atributos de agrupamento} \rangle$ é uma lista de atributos de R
- ▶ $\langle \text{lista de funções} \rangle$ é uma lista de pares ($\langle \text{função de agregação} \rangle \langle \text{atributo} \rangle$)

Obs.: Em geral, as duplicatas não são eliminadas quando uma função de agregação é aplicada.

Operação Função Agregada

Exemplo 1 (com o resultado renomeado)

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	Cpf	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	123456789000	09-01-1965	Rua das Flores, 751, São Paulo, SP	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo, SP	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 35, Curitiba, PR	F	25.000	98765432188	4
Jennifer	S	Souza	98765432188	20-06-1941	Av. Arthur de Lima, 54, Santo André, SP	F	43.000	88866555576	4
Ronaldo	K	Lima	66688444476	15-09-1982	Rua Rebouças, 65, Piracicaba, SP	M	38.000	33344555587	5
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av. Lucas Obes, 74, São Paulo, SP	F	25.000	33344555587	5
André	V	Pereira	98798798733	29-03-1989	Rua Timbira, 35, São Paulo, SP	M	25.000	98765432188	4
Jorge	E	Brito	88866555576	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	NULL	1

ρ R(Dnr, Nr_de_funcionarios, Media_sal) (Dnr \bowtie CONTA Cpf, MÉDIA Salario (FUNCIONARIO))

R

Dnr	Nr_de_funcionarios	Media_sal
5	4	33.250
4	3	31.000
1	1	55.000

Resultado

Operação Função Agregada

Exemplo 2 (sem o resultado renomeado)

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	Cpf	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flores, 751, São Paulo, SP	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo, SP	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 35, Curitiba, PR	F	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	20-06-1941	Av. Arthur de Lima, 54, Santo André, SP	F	43.000	88866555576	4
Ronaldo	K	Lima	66688444476	15-09-1962	Rua Rebouças, 65, Piracicaba, SP	M	38.000	33344555587	5
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av. Lucas Obes, 74, São Paulo, SP	F	25.000	33344555587	5
André	V	Pereira	98798798733	29-03-1969	Rua Timbira, 35, São Paulo, SP	M	25.000	98765432168	4
Jorge	E	Brito	88866555576	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	NULL	1

$Dnr \overset{S}{\curvearrowright} \text{CONTA Cpf, MÉDIA Salario}(\text{FUNCIONARIO})$

Dnr	Contador_cpf	Media_salario
5	4	33.250
4	3	31.000
1	1	55.000

Resultado

Operação Função Agregada

Exemplo 3 (sem agrupamento dos dados)

FUNCIONARIO

Pnome	Minicial	Unome	Cpf	Datanasc	Endereco	Sexo	Salario	Cpf_supervisor	Dnr
João	B	Silva	12345678966	09-01-1965	Rua das Flores, 751, São Paulo, SP	M	30.000	33344555587	5
Fernando	T	Wong	33344555587	08-12-1955	Rua da Lapa, 34, São Paulo, SP	M	40.000	88866555576	5
Alice	J	Zelaya	99988777767	19-01-1968	Rua Souza Lima, 35, Curitiba, PR	F	25.000	98765432168	4
Jennifer	S	Souza	98765432168	20-06-1941	Av. Arthur de Lima, 54, Santo André, SP	F	43.000	88866555576	4
Ronaldo	K	Lima	66688444476	15-09-1962	Rua Rebouças, 65, Piracicaba, SP	M	38.000	33344555587	5
Joice	A	Leite	45345345376	31-07-1972	Av. Lucas Obes, 74, São Paulo, SP	F	25.000	33344555587	5
André	V	Pereira	98798798733	29-03-1969	Rua Timbira, 35, São Paulo, SP	M	25.000	98765432168	4
Jorge	E	Brito	88866555576	10-11-1937	Rua do Horto, 35, São Paulo, SP	M	55.000	NULL	1

$\sigma_{\text{CONTA Cpf, MÉDIA Salario}}(\text{FUNCIONARIO})$

Contador_cpf	Media_salario
8	35.125

Resultado

Exemplos de consultas em Álgebra Relacional

Consulta 6: Listar o nome dos funcionários com dois ou mais dependentes.

Exemplos de consultas em Álgebra Relacional

Consulta 6: Listar o nome dos funcionários com dois ou mais dependentes.

$$T1(\text{Cpf}, \text{Nr_dependentes}) \leftarrow_{F_{\text{cpf}}} \mathfrak{S}_{\text{CONTA Nome_dependente}}(\text{DEPENDENTE})$$

$$T2 \leftarrow \sigma_{\text{Nr_dependentes} > 2}(T1)$$

$$\text{RESULTADO} \leftarrow \pi_{\text{Unome}, \text{Pnome}}(T2 * \text{FUNCIONARIO})$$

ou (sem usar função agregada):

$$T1(\text{Fcpf1}, \text{Dependente1}) \leftarrow \pi_{F_{\text{cpf}}, \text{Nome_dependente}}(\text{DEPENDENTE})$$

$$T2(\text{Fcpf2}, \text{Dependente2}) \leftarrow \pi_{F_{\text{cpf}}, \text{Nome_dependente}}(\text{DEPENDENTE})$$

$$T3(\text{Cpf}) \leftarrow \pi_{F_{\text{cpf1}}} (T1 \bowtie_{F_{\text{cpf1}} = F_{\text{cpf2}} \text{ and } \text{Dependente1} \neq \text{Dependente2}} T2)$$

$$\text{RESULTADO} \leftarrow \pi_{\text{Unome}, \text{Pnome}} T3 * \text{FUNCIONARIO}$$

Junção (ou Junção Theta)

Relembrar é viver...

A	B
1	2
3	4
5	NULL

Relação R

B	C	D
2	5	6
4	7	8
NULL	9	10
11	12	13

Relação S

A	R.B	S.B	C	D
1	2	2	5	6
3	4	4	7	8

Resultado $R \bowtie_{R.B=S.B} S$

A	R.B	S.B	C	D
1	2	4	7	8
1	2	11	12	13
3	4	11	12	13

Resultado $R \bowtie_{R.B < S.B} S$

Operações de Junção Externa

- ▶ Nas operações de junção vistas anteriormente, tuplas sem uma tupla relacionada ou com valores NULL nos atributos de junção são eliminadas do resultado
 - ▶ Essas junções são chamadas de **junções internas** (*inner joins*)
- ▶ As **junções externas** permitem manter todas as tuplas “espúrias” que se desejam no conjunto resposta. Por exemplo, em um junção externa entre as relações R e S é possível manter no resultado:
 - ▶ todas as tuplas de R (junção externa à esquerda), ou
 - ▶ todas as tuplas de S (junção externa à direita), ou
 - ▶ todas as tuplas de R e de S (junção externa completa)independentemente de elas possuírem ou não tuplas associadas na outra relação.

Operação de Junção Externa à Esquerda

- ▶ Notação:

$$R \bowtie_{\langle \text{condição de junção} \rangle} S$$

- ▶ A operação mantém cada tupla da relação à esquerda (R)
- ▶ Se nenhuma tupla correspondente for encontrada em S , então os atributos de S no resultado da junção são preenchidos com valores NULL

De forma análoga funcionam as operações de:

- ▶ Junção Externa à Direita: $R \bowtie_{\langle \text{condição de junção} \rangle} S$
(que mantém todas as tuplas de S)
- ▶ Junção Externa Completa: $R \bowtie_{\langle \text{condição de junção} \rangle} S$
(que mantém todas as tuplas de R e de S)

Operação de Junção Externa à Esquerda

Exemplo: $R \bowtie_{B=D \text{ AND } C=E} S$

A	B	C
1	2	3
4	5	6
7	8	9

Relação R

D	E	F
2	3	10
2	3	11
6	7	12

Relação S

A	B	C	D	E	F
1	2	3	2	3	10
1	2	3	2	3	11
4	5	6	NULL	NULL	NULL
7	8	9	NULL	NULL	NULL

Resultado de $R \bowtie_{B=D \text{ AND } C=E} S$

Operação de Junção Externa à Direita

Exemplo: $R \bowtie_{B=D \text{ AND } C=E} S$

A	B	C
1	2	3
4	5	6
7	8	9

Relação R

D	E	F
2	3	10
2	3	11
6	7	12

Relação S

A	B	C	D	E	F
1	2	3	2	3	10
1	2	3	2	3	11
NULL	NULL	NULL	6	7	12

Resultado de $R \bowtie_{B=D \text{ AND } C=E} S$

Operação de Junção Externa Completa

Exemplo: $R \bowtie_{B=D \text{ AND } C=E} S$

A	B	C
1	2	3
4	5	6
7	8	9

Relação R

D	E	F
2	3	10
2	3	11
6	7	12

Relação S

A	B	C	D	E	F
1	2	3	2	3	10
1	2	3	2	3	11
4	5	6	NULL	NULL	NULL
7	8	9	NULL	NULL	NULL
NULL	NULL	NULL	6	7	12

Resultado de $R \bowtie_{B=D \text{ AND } C=E} S$

Operação de Junção Externa à Esquerda

Exemplo

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

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

RESULTADO

Pnome	Minicial	Unome	Dnome
João	B	Silva	NULL
Fernando	T	Wong	Pesquisa
Alice	J	Zelaya	NULL
Jennifer	S	Souza	Administração
Ronaldo	K	Lima	NULL
Joice	A	Leite	NULL
André	V	Pereira	NULL
Jorge	E	Brito	Matriz

Essa consulta devolve o nome completo de todos os funcionários e, para os funcionários que gerenciam um departamento, devolve também o nome do departamento que gerenciam.

Ferramentas para executar consultas em álgebra relacional

- ▶ **RelaX** – *relational algebra calculator* (ferramenta online, criada na Universidade de Innsbruck)
<http://dbis-uibk.github.io/relax/>
- ▶ **WinRDBI Educational Tool** (ferramenta em Java, criada na Arizona State University)
<https://winrdbi.asu.edu/>
- ▶ **Relational** – *Educational tool for relational algebra*
<http://ltworf.github.io/relational/>

Atenção: essas ferramentas **não** são SGBDRs. Elas são somente ferramentas para o ensino/aprendizagem de Álgebra Relacional, possibilitando que consultas sejam executadas sobre pequenos conjuntos de dados relacionais.

Referências Bibliográficas

- ▶ *Sistemas de Bancos de Dados* (6ª edição), Elmasri e Navathe. Pearson, 2010. – Capítulo 6
- ▶ *Database Systems – The Complete Book*, Garcia-Molina, Ulmann e Widom. Prentice Hall, 2002. – Capítulo 5

Cenas dos próximos capítulos...

Mais sobre linguagens de consulta

- ▶ Cálculo de tuplas