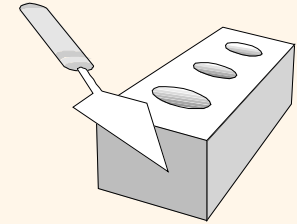


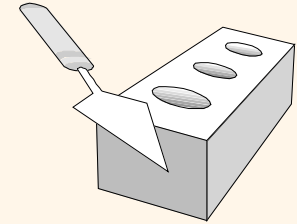
Cálculo Relacional

Capítulo 4, Parte B



Cálculo Relacional

- ❖ Existem dois tipos: Cálculo Relacional de Tupla (CRT) e Cálculo Relacional de Domínio (CRD).
- ❖ No cálculo existem *variáveis*, *constantes*, *operadores de comparação*, *conectores lógicos* e *quantificadores*.
 - CRT: Variáveis são definidas sobre (i.e., associam) *tuplas*.
 - CRD: Variáveis são definidas sobre o domínio dos elementos (= valores dos campos).
 - Ambos (CRT e CRD) são subconjuntos simples de lógica de primeira ordem .
- ❖ Expressões em cálculo são chamadas de *fórmulas*. Uma tupla de resposta é essencialmente uma atribuição de constantes às variáveis que levam a fórmula a um estado *verdadeiro*.

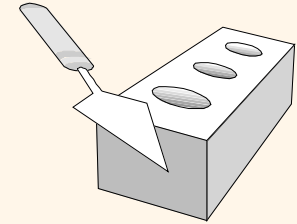


Cálculo Relacional de Domínio

- ❖ *Consulta* tem a seguinte forma:

$$\left\{ \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \mid p(\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle) \right\}$$

- ❖ *Resposta* inclui todas as tuplas $\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$ que fazem a fórmula $p(\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle)$ ser verdadeira.
- ❖ *Fórmula* é definida recursivamente, iniciando com *fórmulas atômicas* simples (obtendo tuplas de relações ou efetuando comparações de valores), e construindo maiores e melhores fórmulas usando os *conectores lógicos*.



Fórmulas do CRD

❖ *Fórmula Atômica:*

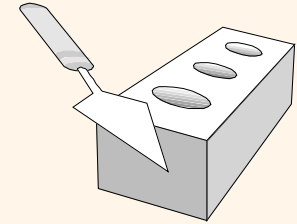
- $\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \in R_{name}$, ou $X \text{ op } Y$, ou $X \text{ op } \text{constante}$
- *op* pode ser $<, >, =, \leq, \geq, \neq$

❖ *Fórmula:*

- uma fórmula atômica, ou
- $\neg p, p \wedge q, p \vee q, p \Rightarrow q$, onde p e q são fórmulas, ou
- $\exists X (p(X))$, onde a variável X é *livre* em p(X), ou
- $\forall X (p(X))$, onde a variável X é *livre* em p(X)

❖ Diz-se que o uso dos **quantificadores** $\exists X$ e $\forall X$ *delimita* X.

- Uma variável que **não é limitada** é livre.



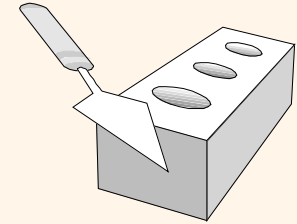
Variáveis Livres e Limitadas

- ❖ O uso dos **quantificadores** $\exists X$ e $\forall X$ em uma fórmula é dito **limitador** de X .
 - Uma variável **não limitada** é **livre**.
- ❖ Vamos revisar uma **consulta**:

$$\left\{ \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \mid p(\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle) \right\}$$

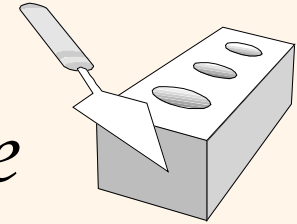
- ❖ Existe uma restrição importante: as variáveis **x_1, \dots, x_n** que aparecem à esquerda de `|` devem ser as **únicas** variáveis livres na fórmula $p(\dots)$.

Encontre todos marinheiros com nível acima de 7



$$\{ \langle I, N, T, A \rangle \mid \langle I, N, T, A \rangle \in Sailors \wedge T > 7 \}$$

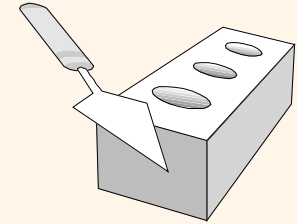
- ❖ A condição $\langle I, N, T, A \rangle \in Sailors$ garante que as variáveis de domínio I , N , T e A estão limitadas aos campos da mesma tupla de *Sailors*.
- ❖ O termo $\langle I, N, T, A \rangle$ à esquerda de \mid (que deve ser lido como *tal que*) diz que cada tupla $\langle I, N, T, A \rangle$ que satisfaz $T > 7$ está na resposta.
- ❖ Modifique esta consulta para responder:
 - Encontre os marinheiros cuja idade é maior que 18 ou tem um nível inferior a 9, e são chamados 'Joe'.



Encontre os marinheiros com nível > 7 que reservaram o barco #103

$$\left\{ \langle I, N, T, A \rangle \mid \langle I, N, T, A \rangle \in \text{Sailors} \wedge T > 7 \wedge \right. \\ \left. \exists Ir, Br, D \left(\langle Ir, Br, D \rangle \in \text{Reserves} \wedge Ir = I \wedge Br = 103 \right) \right\}$$

- ❖ Nós usamos $\exists Ir, Br, D (\dots)$ com uma simplificação para $\exists Ir \left(\exists Br \left(\exists D (\dots) \right) \right)$
- ❖ Note o uso de \exists para encontrar uma tupla em Reserves que executa um junção com a tupla Sailors.

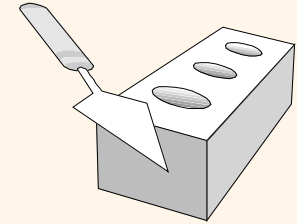


Encontre os marinheiros de nível > 7 que reservaram um barco vermelho

$$\left\{ \left\langle I, N, T, A \right\rangle \mid \left\langle I, N, T, A \right\rangle \in \text{Sailors} \wedge T > 7 \wedge \right. \\ \left. \exists Ir, Br, D \left(\left\langle Ir, Br, D \right\rangle \in \text{Reserves} \wedge Ir = I \wedge \right. \right. \\ \left. \left. \exists B, BN, C \left(\left\langle B, BN, C \right\rangle \in \text{Boats} \wedge B = Br \wedge C = 'red' \right) \right) \right\}$$

- ❖ Observe que o parênteses define o escopo de cada quantificador.
- ❖ Pode parecer chato, mas com uma boa interface é bem intuitivo. (MS Access, QBE)

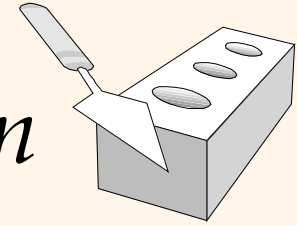
Encontre os marinheiros que reservaram todos os barcos



$$\left\{ \langle I, N, T, A \rangle \mid \langle I, N, T, A \rangle \in \text{Sailors} \wedge \right. \\ \left. \forall B, BN, C \left(\neg \left(\langle B, BN, C \rangle \in \text{Boats} \right) \vee \right. \right. \\ \left. \left. \left(\exists Ir, Br, D \left(\langle Ir, Br, D \rangle \in \text{Reserves} \wedge I = Ir \wedge Br = B \right) \right) \right) \right\}$$

- ❖ Encontre todos navegadores I tal que para cada 3-tupla $\langle B, BN, C \rangle$ ou ela não é uma tupla em Boats ou existe uma tupla em Reserves mostrando que o navegador I a reservou.

Encontre os marinheiros que reservaram todos os barcos (novamente!)

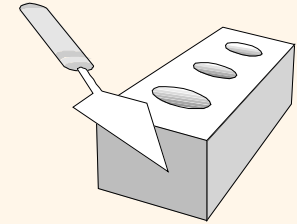


$$\left\{ \langle I, N, T, A \rangle \mid \langle I, N, T, A \rangle \in \text{Sailors} \wedge \right. \\ \left. \forall \langle B, BN, C \rangle \in \text{Boats} \right. \\ \left. \left(\exists \langle Ir, Br, D \rangle \in \text{Reserves} (I = Ir \wedge Br = B) \right) \right\}$$

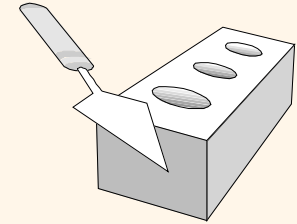
- ❖ Notação simplificada, mesma consulta. (Mais clara!)
- ❖ Para encontrar os marinheiros que reservaram todos os barcos vermelhos:

$$\dots \left\{ C \neq 'red' \vee \exists \langle Ir, Br, D \rangle \in \text{Reserves} (I = Ir \wedge Br = B) \right\}$$

Consultas Inseguras, Poder de Expressão



- ❖ É possível escrever consultas sintaticamente corretas que possuem um número infinito de respostas! Estas consultas são chamadas de inseguras.
 - p. ex., $\{S \mid \neg (S \in Sailors)\}$
- ❖ É sabido que toda consulta que pode ser escrita em álgebra relacional pode ser escrita como uma consulta segura CRD / CRT; o inverso também é verdade.
- ❖ Completude Relacional: Linguagens de consulta (p. ex., SQL) podem expressar todas as consultas possíveis em álgebra/cálculo relacional.



Resumo

- ❖ Cálculo relacional não é procedural, os usuários definem consultas em termos do que eles querem e não a maneira como calcular. (Declarativa.)
- ❖ Álgebra e cálculo seguro tem o mesmo poder de expressão, que nos leva a noção de completude relacional.