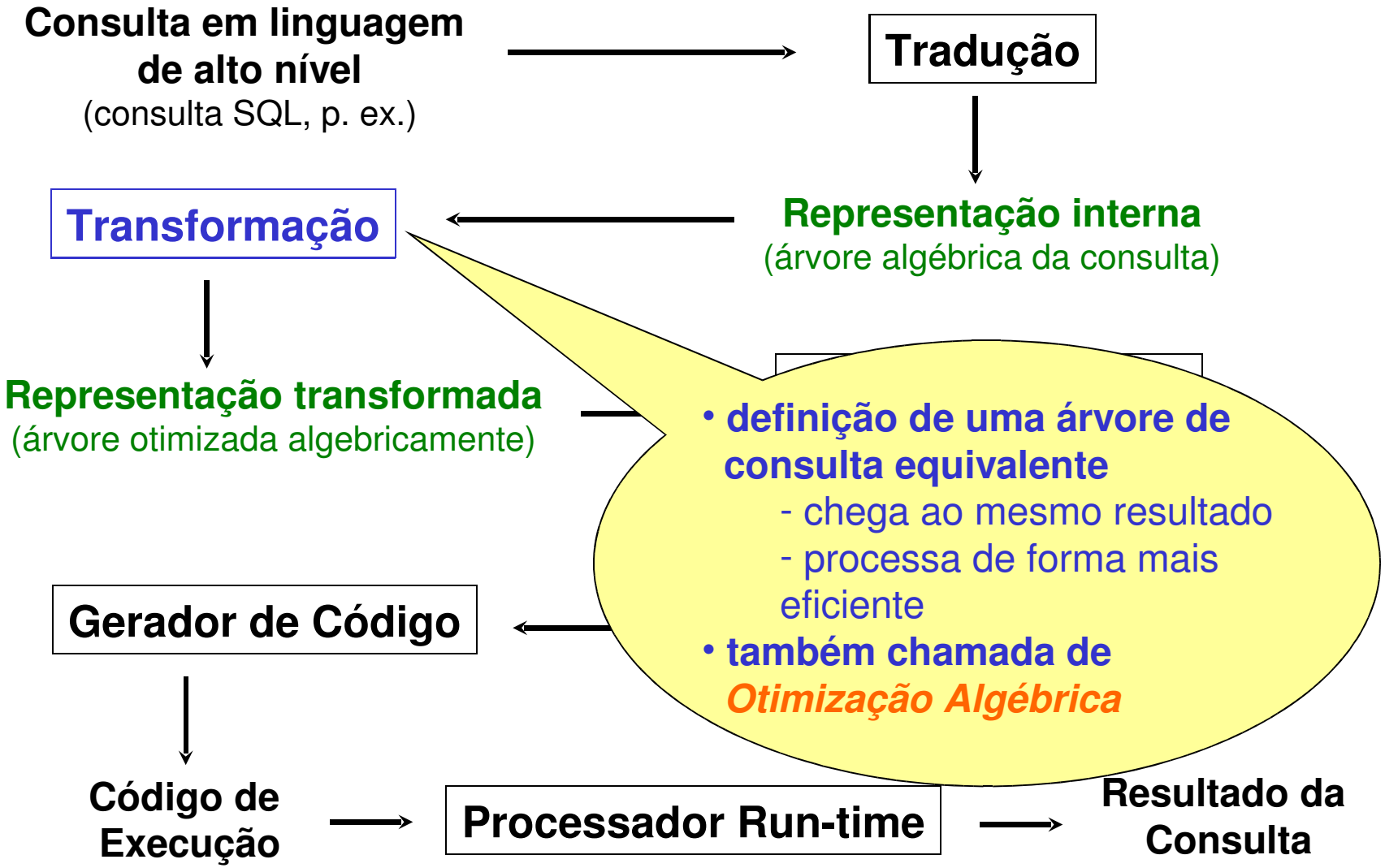
Sumário

Etapas do Processamento de Consultas



Otimização Algébrica

- Objetivo do passo de Transformação
  - entrada: árvore da consulta inicial
  - saída: árvore da consulta otimizada (pode manter a mesma árvore)
- Base
  - regras de equivalência algébrica
    - devem ser conhecidas pelo otimizador para que possam ser geradas transformações válidas
  - algoritmo de otimização algébrica
    - indica a ordem de aplicação das regras e de outros processamentos de otimização

Regras de Equivalência Algébrica

1. Cascata de Seleções

$$\sigma_{c1 \wedge c2 \wedge \ldots cn}(R) \equiv \sigma_{c1}(\sigma_{c2}(\ldots(\sigma_{cn}(R))))$$

2. Comutatividade de Seleções

$$\sigma_{c1}(\sigma_{c2}(R)) \equiv \sigma_{c2}(\sigma_{c1}(R))$$

3. Cascata de Projeções

$$\pi_{listaAtributos1}(R) \equiv \pi_{listaAtributos1}(\pi_{listaAtributos2}(\ldots(\pi_{listaAtributosN}(R))))$$

- válido em que situação?

Regras de Equivalência Algébrica

4. Comutatividade de Seleções e Projeções

(a) $\pi_{a1, a2, ..., an}(\sigma_c(R)) \equiv \sigma_c(\pi_{a1, a2, ..., an}(R))$ ou

(b) $\pi_{a1, a2, ..., an}(\sigma_c(R)) \equiv \pi_{a1, a2, ..., an}(\sigma_c(\pi_{a1, a2, ..., an, ap, ..., at}(R)))$

- válidas em quais situações?

5. Comutatividade de Operações Produtórias ("X")

R "X" S ≡ S "X" R

- por "X" entenda-se: **X** ou **X** θ ou $\bowtie$
- a ordem dos atributos e tuplas do resultado não é relevante

Regras de Equivalência Algébrica

6. Comutatividade de Seleções e Operações Produtórias

(a) $\sigma_c (R \text{ “X” } S) \equiv (\sigma_c (R)) \text{ “X” } S$ ou

(b) $\sigma_c (R \text{ “X” } S) \equiv (\sigma_{c1} (R)) \text{ “X” } (\sigma_{c2} (S))$

(c) $\sigma_c (R \text{ “X” } S) \equiv \sigma_{c3} ((\sigma_{c1} (R)) \text{ “X” } (\sigma_{c2} (S)))$

- válidas em quais situações?

7. Comutatividade de Projeções e Operações Produtórias

(a) $\pi_{listaAtributos1} (R \text{ “X” } S) \equiv (\pi_{listaAtributos2} (R)) \text{ “X” } S$ ou

(b) $\pi_{listaAtributos1} (R \text{ “X” } S) \equiv \pi_{listaAtributos1} ((\pi_{listaAtributos2} (R)) \text{ “X” } S)$ ou

(c) $\pi_{listaAtributos1} (R \text{ “X” } S) \equiv (\pi_{listaAtributos2} (R)) \text{ “X” } (\pi_{listaAtributos3} (S))$ ou

(d) $\pi_{listaAtributos1} (R \text{ “X” } S) \equiv \pi_{listaAtributos1} ((\pi_{listaAtributos2} (R)) \text{ “X” } (\pi_{listaAtributos3} (S)))$

- válidas em quais situações?

Regras de Equivalência Algébrica

8. Comutatividade de Operações de Conjunto

$$R \cup S \equiv S \cup R \quad \text{e}$$

$$R \cap S \equiv S \cap R$$

- por quê "—" não é comutativa?

9. Associatividade de Operações Produtórias e de Conjunto ("oX")

$$(R \text{ "oX" } S) \text{ "oX" } T \equiv R \text{ "oX" } (S \text{ "oX" } T)$$

- por "oX" entenda-se: **X** ou **X θ** ou $\bowtie$ ou $\cup$ ou $\cap$
- observação: a operação de conjunto deve ser sempre a mesma em cada ocorrência de "oX"; Já a operação produtória pode ser diferente
- por quê "—" não é associativa?

Regras de Equivalência Algébrica

9. Associatividade de Operações Produtórias e de Conjunto ("oX")

$$(R \text{ “oX” } S) \text{ “oX” } T \equiv R \text{ “oX” } (S \text{ “oX” } T)$$

Observação: predicados de junção devem ser devidamente ajustados na associatividade de operações produtórias

Exemplo: seja θ_1 um predicado sobre atributos de R e S, θ_2 um predicado sobre atributos de S e T, e θ_3 um predicado sobre atributos de R e T. Então:

$$(R \text{ “X” }_{\theta 1} S) \text{ “X” }_{\theta 2 \wedge \theta 3} T \equiv R \text{ “X” }_{\theta 1 \wedge \theta 3} (S \text{ “X” }_{\theta 2} T)$$

Regras de Equivalência Algébrica

10. Comutatividade de Seleção e Operações de Conjunto (“o”)

$$\sigma_c (R \text{ “o” } S) \equiv (\sigma_c (R)) \text{ “o” } (\sigma_c (S))$$

- atributos a filtrar devem existir em ambas as relações (renomeações de atributos podem ser realizadas)
- por “o” entenda-se: $\cup$ ou $\cap$ ou $-$

11. Comutatividade de Projeção e União

$$\pi_{listaAtributos} (R \cup S) \equiv (\pi_{listaAtributos} (R)) \cup (\pi_{listaAtributos} (S))$$

- atributos a projetar devem existir em ambas as relações (renomeações de atributos podem ser realizadas)
- por quê “$-$” e “$\cap$” não são comutativas?

Regras de Equivalência Algébrica

12. Fusão de Seleções e Operações Produtórias

(a) $\sigma_c (R \times S) \equiv R \times \theta = \sigma_c S$ ou

(b) $\sigma_c (R \times S) \equiv R \bowtie_c S$ ou

(c) $R \times \theta = \sigma_c S \equiv R \bowtie_c S$

- válidas em quais situações?

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Algoritmo de alto (altíssimo!) nível
  - Tenta gerar a árvore mais otimizada possível
- Exemplo de Consulta (BD Clínica)

```
SELECT p.codp, p.nome, c.data
FROM Pacientes p, Consultas c, Medicos m
WHERE m.especialidade = 'ortopedia'
AND m.codm = c.codm
AND p.codp = c.codp
AND c.hora >= '18:00'
AND c.hora <= '22:00'
AND p.idade > 60
```

Médicos(codm, nome, idade, especialidade)
Pacientes(codp, nome, doença, idade)
Consultas(codm, codp, data, hora)

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Composto de 6 grandes passos
  - cada passo pode aplicar uma mesma regra várias vezes
- Passo 1
  - aplicar a regra 1
    - desmembrar operações de seleção
      - maior flexibilidade para mover seleções
- Passo 2
  - aplicar as regras 2, 4, 6 e 10 (e regra 1 ao final)
    - objetivo
      - mover seleções para níveis inferiores da árvore o máximo possível (e fundi-las novamente, se possível)

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Passo 3
  - aplicar regra 9
    - mudar de posição sub-árvores envolvidas em operações produtórias
    - objetivos
      - combinar prioritariamente sub-árvores com menor número de dados
        - » investigar sub-árvores com seleções mais restritivas
      - evitar produtos cartesianos
        - » combinações sem atributos de junção
    - como saber quais as seleções mais restritivas?
      - análise do **grau de seletividade** de um predicado
        - » estatística geralmente mantida no DD
  - regra 5
    - útil apenas para processadores que executam junções cujo laço externo se aplica à relação da esquerda (deve ser a de menor tamanho)

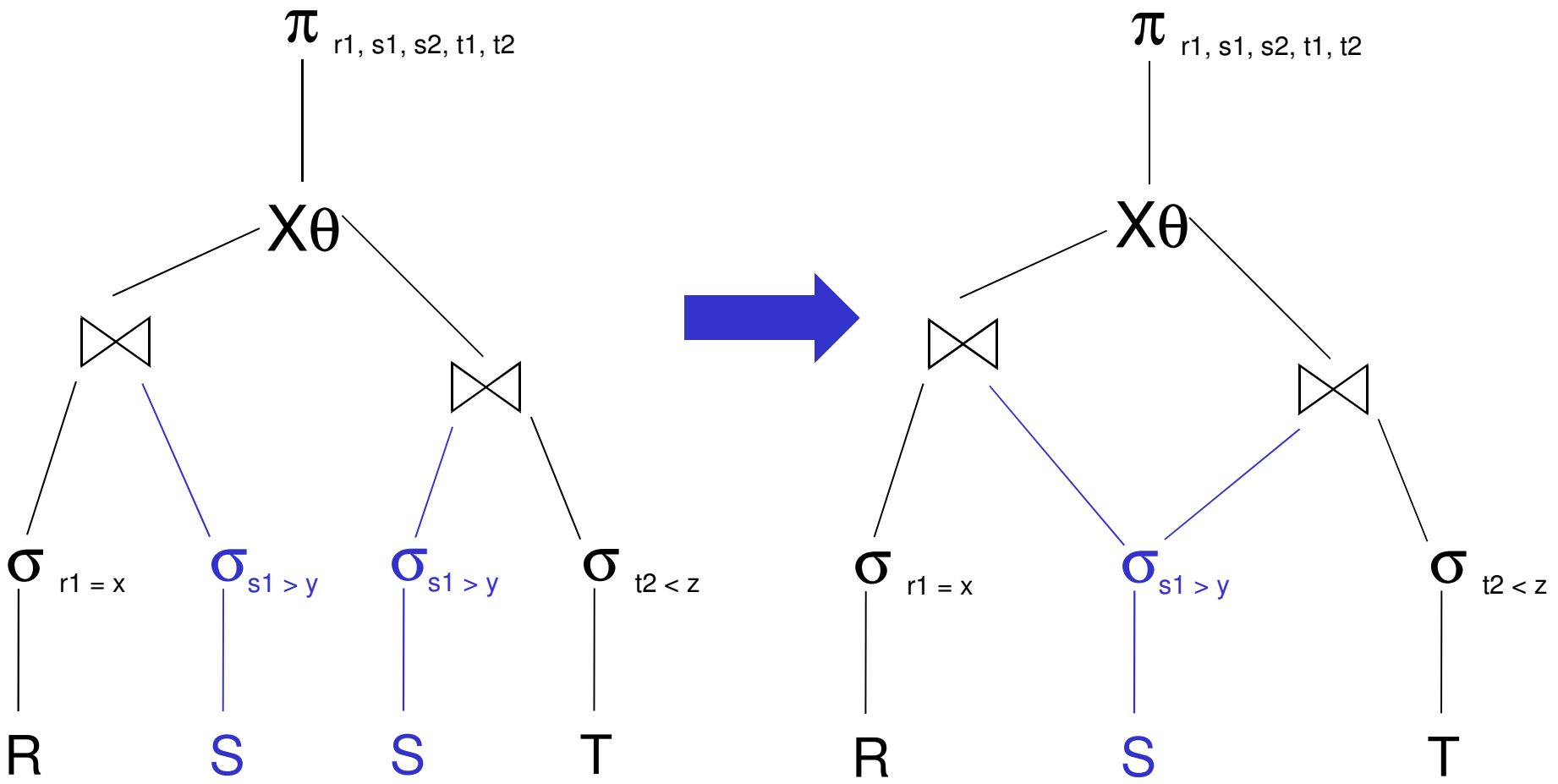
Grau de Seletividade ($GS_{ai}(R)$)

- Definido pela seguinte razão
  - $GS_{ai}(R) = t_p(R) / |R|$, onde $t_p(R)$ é o número de tuplas que satisfazem o predicado aplicado sobre um atributo *ai* em uma relação R e $|R|$ é o número de tuplas em R ($G_S \in [0,1]$)
- $GS_{ai}(R)$ pequeno (≈ 0) $\Rightarrow$ seleção mais restritiva
- Um atributo chave a_c possui baixo G_S em predicados de igualdade
  - $GS_{ac}(R) = 1 / |R|$
- <u>Simplificação</u>: mantém-se uma estimativa de distribuição uniforme de valores de atributos
  - $GS_{ai}(R) = (|R| / V(a_i)) / |R| = \mathbf{1 / V(a_i)}$, onde $V(a_i)$ é o número de valores distintos de a_i

Algoritmo de Otimização Algébrica

- Passo 4
  - aplicar a regra 12
    - otimizar operações produtórias
- Passo 5
  - aplicar as regras 3, 4, 7 e 11
    - desmembrar e mover projeções para níveis inferiores da árvore, tanto quanto possível, definindo novas projeções conforme se faça necessário
- Passo 6
  - identificar sub-árvores que representem grupos de operações que possam ser executados por um único algoritmo
    - defina-os uma única vez (uma única sub-árvore) na “árvore”

Passo 6 - Exemplo



Exercício1 – Operadores Lógicos

- Considerando que p1, p2 e p3 são predicados de seleção, as leis abaixo são úteis no algoritmo de otimização algébrica (Passo 1)? Justifique suas respostas.

- Leis de De Morgan

  (a) $\neg (p1 \wedge p2) \equiv (\neg p1) \vee (\neg p2)$

  (b) $\neg (p1 \vee p2) \equiv (\neg p1) \wedge (\neg p2)$

- Leis da Distributividade

  (a) $p1 \wedge (p2 \vee p3) \equiv (p1 \wedge p2) \vee (p1 \wedge p3)$

  (b) $p1 \vee (p2 \wedge p3) \equiv (p1 \vee p2) \wedge (p1 \vee p3)$

Exercício 2

Mostre o resultado da execução passo a passo do algoritmo de otimização algébrica para as seguintes consultas:

a)
```
SELECT p.codp, p.nome, c.data
FROM Pacientes p, Consultas c
WHERE NOT (p.doença = 'cancer' OR c.hora < '14:00')
AND p.codp = c.codp
```

b)
```
SELECT X.nome
FROM (SELECT p.nome,p.idade FROM Pacientes p
      WHERE p.doença = 'cancer'
      UNION
      SELECT m.nome,m.idade FROM Medicos m,
      Consultas c WHERE m.codm = c.codm
      AND m.especialidade = 'ortopedia') as X
WHERE X.idade > 60
```