



Programação Lógica

Parte 2 – Capítulo 15

Prof. César Alberto Bravo Pariente

cabpariente@uesc.br

CET636 – LDI

UESC

Roteiro

1. Introdução
2. Sintaxe da Programação Lógica
3. Resolução SLD
4. Procedimentos de Refutação-SLD

1. Introdução

1. PROLOG

2. Resolução SLD

3. Prova por Refutação-SLD

2.1 Cláusula de programa

Uma Cláusula de programa, na Lógica de Predicados é uma cláusula do tipo:

$$C = (\forall x_1) \dots (\forall x_n) G$$

Onde **G** é uma disjunção de literais que contém exatamente um literal positivo.

Exemplo: $(\neg A \vee \neg B \vee \neg C \vee \neg D \vee E) ==$

$(\neg(A \wedge B \wedge C \wedge D) \vee E) == ((A \wedge B \wedge C \wedge D) \rightarrow E)$

2.2 Notação: Cláusula de programa

A cláusula de programa $C = (\forall x_1) \dots (\forall x_n) G$
é denotada $C = (\forall^*) G$.

A cláusula de prog. $C = (\forall^*)(B \vee \neg A_1 \vee \dots \vee \neg A_n)$
é denotada $C = B \leftarrow A_1, \dots, A_n$. Além disso: $\text{cabeça}(C) = B$
e $\text{cauda}(C) = A_1, \dots, A_n$.

2.3 Cláusula unitária

Uma Cláusula de programa unitária é uma cláusula do tipo $B \leftarrow$. Neste caso, a cláusula não contém literais negativos.

2.4 Programa lógico

Um Programa lógico é um conjunto de Cláusulas de programa.

Exemplo

1. $p(x,y) \leftarrow p(x,z), r(z,y), q(y,w)$
2. $p(z,y) \leftarrow q(y,z), r(w,y)$
3. $r(x,y) \leftarrow$
4. $p(x,y) \leftarrow$

2.5 Cláusula objetivo

Uma cláusula objetivo é uma cláusula do tipo

$$\leftarrow A_1, \dots, A_n$$

OBS: Uma cláusula objetivo não é uma cláusula de programa pois não contém literal positivo.

3. Resolução SLD

1. Regra de computação
2. Resolvente-SLD
3. Variações
4. Derivação-SLD
5. Refutação-SLD
6. Substituição resposta a uma refutação-SLD
7. Prova por refutação-SLD
8. Consequência lógica por refutação-SLD
9. Teoremas de Completude e Correção

3.1 Regra de computação

Regra de computação é uma função que seleciona uma literal a partir de uma lista de literais de uma cláusula objetivo.

3.2 Resolvente-SLD

Dadas a cláusula objetivo $G_i = (\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_n)$ e cláusula de programa $C_h = (A \leftarrow B_1, \dots, B_q)$ e a regra de computação R_c .

A cláusula objetivo G_h é o Resolvente-SLD de G_i e C_h , utilizando um unificador mais geral θ_h , via R_c (sse)

1. $R_c(G_i) = A_m$
2. $A_m \theta_h = A \theta_h$, onde θ_h é o umg de A_m e A .
3. $G_h = (\leftarrow A_1, \dots, B_1, \dots, B_q, \dots, A_n) \theta_h$
 $= \text{Res}(G_i; C_h; \theta_h; R_c)$

3.3 Variações

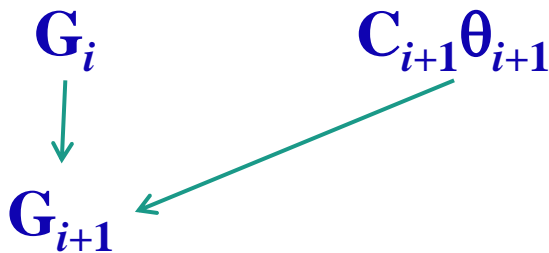
Duas cláusulas de programa C_1 e C_2 são variações se existem substituições θ e φ , tais que $C_1 = C_2\theta$ e $C_1 = C\varphi$. Além disso as substituições θ e φ só possuem ligações do tipo $x \leftarrow y$, que renomeiam uma variável por outra.

3.4 Derivação-SLD

Sejam Pr um programa lógico, G uma cláusula objetivo e Rc uma regra de computação. Uma derivação-SLD de $Pr \cup \{G\}$ via Rc é uma sequência $G_0=G, G_1, \dots$, tal que

$$C_h = \text{Res}(G_i; C_h; \theta_h; Rc), \quad h=i+1. \quad G_0=G, \quad G_1=C_1\theta_1, \\ G_2=C_2\theta_2, \dots, \quad G_{i+1}=C_{i+1}\theta_{i+1}, \dots$$

Cada G_i é uma variação de um cl. de Pr , e é denominada *entrada*.



3.5 Refutação-SLD

Sejam Pr um programa lógico, G uma cláusula objetivo e Rc uma regra de computação

1. Uma derivação-SLD de $Pr \cup \{G\}$ via Rc é fechada se é finita e a última cláusula é vazia, caso contrário ela é aberta.
2. Uma refutação-SLD de $Pr \cup \{G\}$, de comprimento n , é uma derivação-SLD de $Pr \cup \{G\}$ via Rc dada pela sequência $G_0 = G, G_1, \dots, G_n$, onde $G_n = \{\}$.

3.6 Substituição resposta a uma refutação-SLD

Sejam Pr um programa lógico, G uma cláusula objetivo e Rc uma regra de computação tais que existe uma Refutação-SLD de $Pr \cup \{G\}$ via Rc . Se a sequência de substituições utilizadas na refutação-SLD é $\theta_1, \dots, \theta_n$, então a composição $\theta_1 \dots \theta_n$ é a substituição resposta associada a refutação-SLD via Rc .

3.7 Prova por refutação-SLD

Sejam Pr um programa lógico e G uma cláusula objetivo.

Uma prova de G por Refutação-SLD a partir de Pr , é uma refutação-SLD de $Pr \cup \{G\}$.

3.8 Consequência lógica por refutação-SLD

Sejam Pr um programa lógico e G uma cláusula objetivo. G é uma consequência lógica por Refutação-SLD de Pr , se existe uma refutação-SLD de $Pr \cup \{G\}$.

3.9 Teoremas de Completude e Correção

1. Teoremas de Completude: Sejam Pr um programa lógico e $G=(\leftarrow A1,...,An)$ uma cláusula objetivo. Se $Pr \rightarrow (A1 \wedge ... \wedge An)$ é uma tautologia, então existe uma refutação-SLD de $Pr \cup \{G\}$.
2. Teoremas de Correção: Sejam Pr um programa lógico e $G=(\leftarrow A1,...,An)$ uma cláusula objetivo. Se existe uma refutação-SLD de $Pr \cup \{G\}$ então $Pr \rightarrow (A1 \wedge ... \wedge An)$ é uma tautologia

4. Procedimentos de Refutação-SLD

1. Árvore-SLD
2. Busca em largura.
3. Busca em profundidade.

4.1. Árvore-SLD: 1-3

1. Sejam Pr um programa lógico, G uma cláusula e Rc uma regra de computação. A árvore-SLD associada a $Pr \cup \{G\}$ via Rc é uma árvore dirigida com nós e arestas rotulados:
2. Cada nó é rotulado por uma cláusula objetivo (pode ser a cláusula vazia).
3. Cada aresta é rotulada pelo índice de uma cláusula objetivo e a substituição aplicada (no caso que tenha sido aplicada alguma).

4.1. Árvore-SLD: 4-6

4. A raiz da árvore é rotulada por $G_0 = G$.
5. Seja um nó rotulado por $G_i = (\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_n)$, e $A_m = \text{Rc}(A_1, \dots, A_m, \dots, A_n)$.
 1. Para cada cláusula $C_h = (A \leftarrow B_1, \dots, B_q)$, tal que A_m e A são unificáveis por θ_h , então
 2. Rotula-se um nó descendente de G_i com a nova cláusula $G_h = \text{Res}(G_i; C_h; \theta_h; \text{Rc})$.
 3. A aresta com origem G_i e destino G_h , é rotulada com o índice de C_h , ponto e a regra: $h \text{“.”} \theta_h$.
6. Nós rotulados com a cláusula vazia $\{\}$ não tem descendentes.

Classificação de nós

- Ramos rotulados com a cláusula vazia são denominados *ramos fechados*.
- Ramos que não são fechados são denominados abertos.

Substituição resposta associada a um ramo

- A composição das respostas associadas a cada ramo de uma árvore forma a substituição resposta associada ao ramo.

Exemplo p296: Árvore-SLD

1. $p(y1,c) \leftarrow q(c,z), r(z,y1)$
2. $p(y,a) \leftarrow q1(a,y), r(z,a)$
3. $q(c,c) \leftarrow$
4. $r(c,b) \leftarrow$
5. $r(a,a) \leftarrow$
6. $q1(x,y) \leftarrow r1(x,g(y))$
7. $q1(x,y) \leftarrow r2(h(x),y)$
8. $r1(b,g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a),b) \leftarrow$
10. $p1(x,y) \leftarrow p(y,x)$
11. $q(c,c) \leftarrow q2(b,b)$

Exemplo: Árvore-SLD

$G_0: \leftarrow p(b, x)$

$\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{y_1 \leftarrow b, x \leftarrow c\}$

1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

$G_i = \leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k$ // Cláusula objetivo

$Ch = A \leftarrow B_1, \dots, B_q$ // Cláusula de programa

θ // Unificador mais geral para resolvente de G_i e G_h

$Rc(G_i) = A_m$

$A_m \theta = A \theta$

$G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(G_i; Ch; \theta; Rc)$

$Rc(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k) = A_m$

$A_m \theta = A \theta$

$G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k; A \leftarrow B_1, \dots, B_q; \theta; Rc)$

Exemplo: Árvore-SLD

$G_0: \leftarrow p(b,x)$

**G_0 pode unificar com C_1 ou C_2 .
Consideramos primeiro C_1 que
vai gerar a sub árvore esquerda.
 C_2 (depois...) ira gerar a sub
árvore direita.**

1. $p(y_1,c) \leftarrow q(c,z), r(z,y_1)$
2. $p(y,a) \leftarrow q_1(a,y), r(z,a)$
3. $q(c,c) \leftarrow$
4. $r(c,b) \leftarrow$
5. $r(a,a) \leftarrow$
6. $q_1(x,y) \leftarrow r_1(x,g(y))$
7. $q_1(x,y) \leftarrow r_2(h(x),y)$
8. $r_1(b,g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a),b) \leftarrow$
10. $p_1(x,y) \leftarrow p(y,x)$
11. $q(c,c) \leftarrow q_2(b,b)$

$G_i = \leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k$ // Cláusula objetivo
 $Ch = A \leftarrow B_1, \dots, B_q$ // Cláusula de programa
 θ // Unificador mais geral para resolvente de G_i e G_h
 $Rc(G_i) = A_m$
 $A_m \theta = A \theta$
 $G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = Res(G_i; Ch; \theta; Rc)$

 $Rc(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k) = A_m$
 $A_m \theta = A \theta$
 $G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = Res(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k; A \leftarrow B_1, \dots, B_q; \theta; Rc)$

Exemplo: Árvore-SLD

$G_0: \leftarrow p(b, x)$

$\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{y_1 \leftarrow b, x \leftarrow c\}$
 $G_0\theta_1: \leftarrow p(b, c)$

1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

$G_i = \leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k$ // Cláusula objetivo
 $Ch = A \leftarrow B_1, \dots, B_q$ // Cláusula de programa
 θ // Unificador mais geral para resolvente de G_i e G_h
 $Rc(G_i) = A_m$
 $A_m \theta = A \theta$
 $G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(G_i; Ch; \theta; Rc)$

 $Rc(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k) = A_m$
 $A_m \theta = A \theta$
 $G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k; A \leftarrow B_1, \dots, B_q; \theta; Rc)$

Exemplo: Árvore-SLD

$G_0: \leftarrow p(b, x)$

$\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{y_1 \leftarrow b, x \leftarrow c\}$

$G_0\theta_1: \leftarrow p(b, c)$

$C_1\theta_1: p(b, c) \leftarrow q(c, z), r(z, b)$

1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

$G_i = \leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k$ // Cláusula objetivo

$Ch = A \leftarrow B_1, \dots, B_q$ // Cláusula de programa

θ // Unificador mais geral para resolvente de G_i e G_h

$Rc(G_i) = A_m$

$A_m \theta = A \theta$

$G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(G_i; Ch; \theta; Rc)$

$Rc(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k) = A_m$

$A_m \theta = A \theta$

$G_h = (\leftarrow A_1 \dots B_1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(\leftarrow A_1, \dots, A_m, \dots, A_k; A \leftarrow B_1, \dots, B_q; \theta; Rc)$

Exemplo: Árvore-SLD

G0: $\leftarrow p(b,x)$

$\theta_1 = \text{umg}(C1, G0) = \{y1 \leftarrow b, x \leftarrow c\}$

G0 θ_1 : $\leftarrow p(b,c)$

C1 θ_1 : $p(b,c) \leftarrow q(c,z), r(z,b)$

G1: $\leftarrow q(c,z), r(z,b)$

1. $p(y1,c) \leftarrow q(c,z), r(z,y1)$
2. $p(y,a) \leftarrow q1(a,y), r(z,a)$
3. $q(c,c) \leftarrow$
4. $r(c,b) \leftarrow$
5. $r(a,a) \leftarrow$
6. $q1(x,y) \leftarrow r1(x,g(y))$
7. $q1(x,y) \leftarrow r2(h(x),y)$
8. $r1(b,g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a),b) \leftarrow$
10. $p1(x,y) \leftarrow p(y,x)$
11. $q(c,c) \leftarrow q2(b,b)$

Gi = $\leftarrow A1,...,Am,...,Ak$ // Cláusula objetivo

Ch = $A \leftarrow B1,...,Bq$ // Cláusula de programa

θ // Unificador mais geral para resolvente de Gi e Gh

Rc(Gi) = **Am**

Am θ = **A θ**

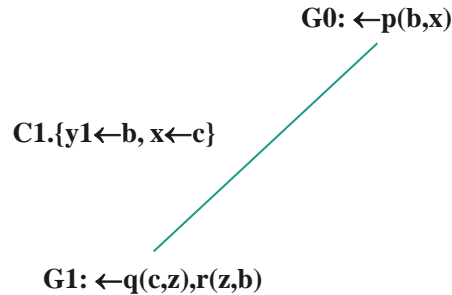
Gh = $(\leftarrow A1...B1,...,Bq,...,Ak)\theta = \text{Res}(Gi; Ch; \theta; Rc)$

Rc($\leftarrow A1,...,Am,...,Ak$) = **Am**

Am θ = **A θ**

Gh = $(\leftarrow A1...B1,...,Bq,...,Ak)\theta = \text{Res}(\leftarrow A1,...,Am,...,Ak; A \leftarrow B1,...,Bq; \theta; Rc)$

Exemplo: Árvore-SLD

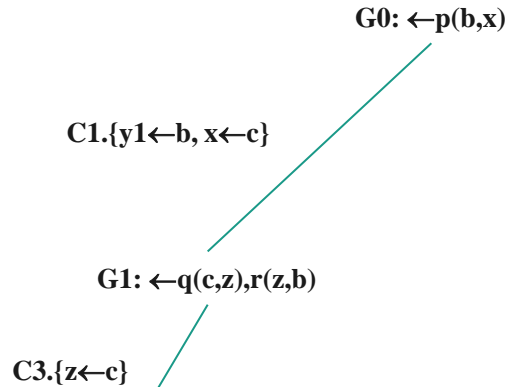


1. $p(y1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q1(x, y) \leftarrow r1(x, g(y))$
7. $q1(x, y) \leftarrow r2(h(x), y)$
8. $r1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q2(b, b)$

$G_i = \leftarrow A1, \dots, A_m, \dots, A_k$ // Cláusula objetivo : G_0
 $Ch = A \leftarrow B1, \dots, B_q$ // Cláusula de programa: $C1 = p(y1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y1)$
 θ // Unificador mais geral para resolvente de G_i e G_h
 $Rc(G_i) = A_m$
 $A_m \theta = A \theta$
 $G_h = (\leftarrow A1 \dots B1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = Res(G_i; Ch; \theta; Rc)$

 $Rc(\leftarrow p(b, x)) = p(b, x)$
 $A_m \theta = p(b, x) \{y1 \leftarrow b, x \leftarrow c\} = p(y1, c) \{y1 \leftarrow b, x \leftarrow c\}$
 $q(c, z), r(z, b) = (\leftarrow q(c, z), r(z, y1)) \theta = Res(\leftarrow p(b, x); p(y1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y1); \theta; Rc)$

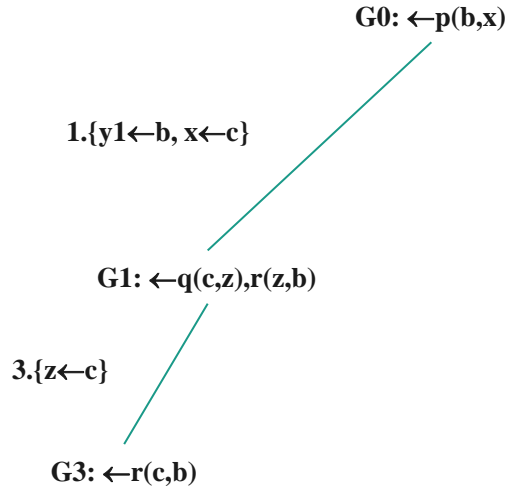
Exemplo: Árvore-SLD



$G_i = \leftarrow A1, \dots, A_m, \dots, A_k$ // Cláusula objetivo : G_1
 $Ch = A \leftarrow B1, \dots, B_q$ // Cláusula de programa: $C3 = q(c, c) \leftarrow \{\}$
 θ // Unificador mais geral para resolvente de G_i e G_h
 $Rc(G_i) = A_m$
 $A_m \theta = A \theta$
 $G_h = (\leftarrow A1 \dots B1, \dots, B_q, \dots, A_k) \theta = \text{Res}(G_i; Ch; \theta; Rc)$
 $Rc(\leftarrow q(c, z), r(z, b)) = q(c, z)$
 $A_m \theta = q(c, z) \{z \leftarrow c\} = q(c, c) \{z \leftarrow c\}$
 $r(c, b) = (\leftarrow r(z, b)) \theta = \text{Res}(\leftarrow q(c, z), r(z, b); q(c, c) \leftarrow \{\}; \theta; Rc)$

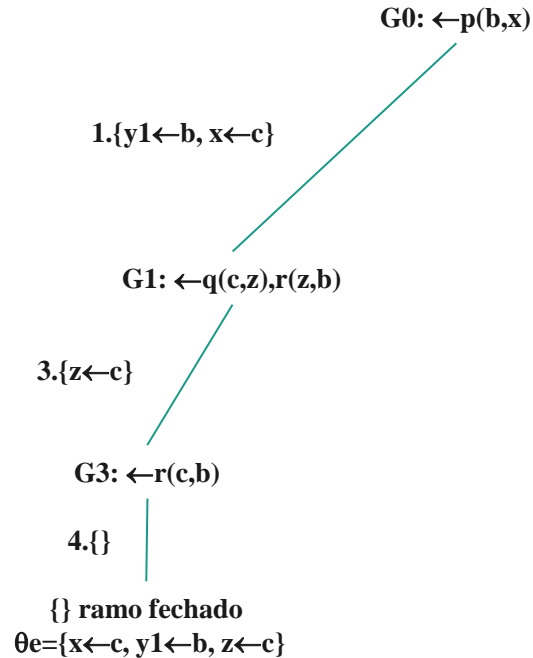
1. $p(y1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q1(x, y) \leftarrow r1(x, g(y))$
7. $q1(x, y) \leftarrow r2(h(x), y)$
8. $r1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q2(b, b)$

Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q1(x, y) \leftarrow r1(x, g(y))$
7. $q1(x, y) \leftarrow r2(h(x), y)$
8. $r1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q2(b, b)$

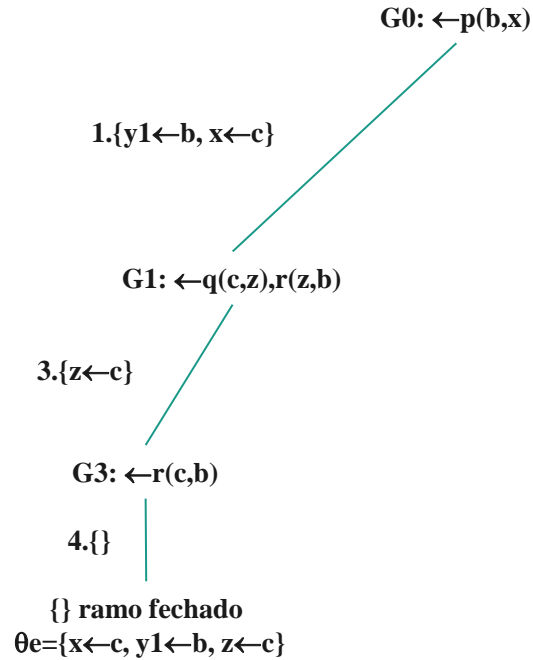
Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

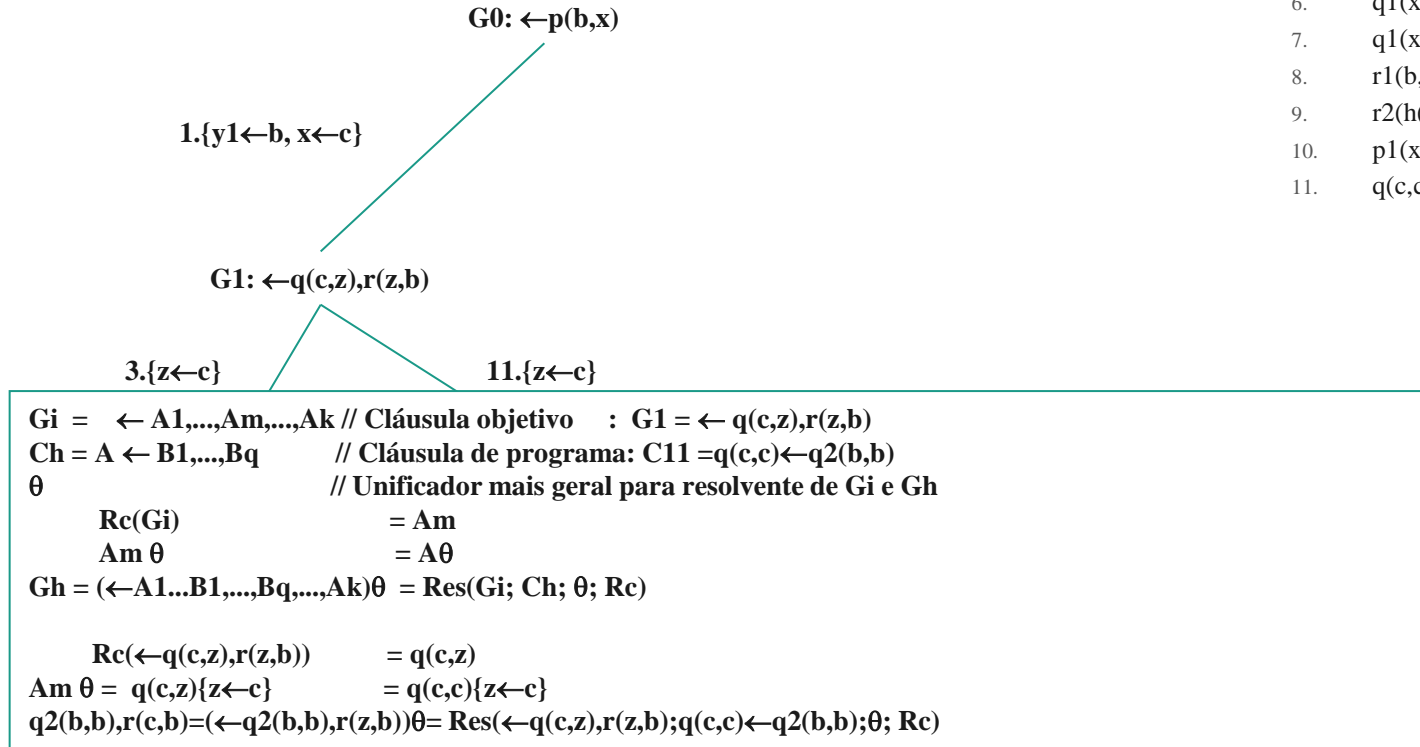
| | |
|--------------------------|--|
| $Rc(\leftarrow r(c, b))$ | $= r(c, b)$ |
| $r(c, b)\{\}$ | $= r(c, b)\{\}$ |
| $\{\}$ | $= \text{Res}(\leftarrow r(c, b); r(c, b) \leftarrow; \theta; Rc)$ |

Exemplo: Árvore-SLD



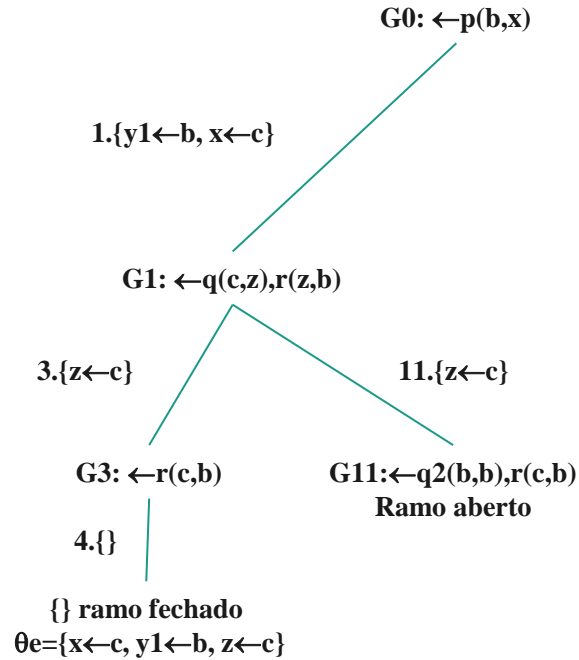
1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

Exemplo: Árvore-SLD



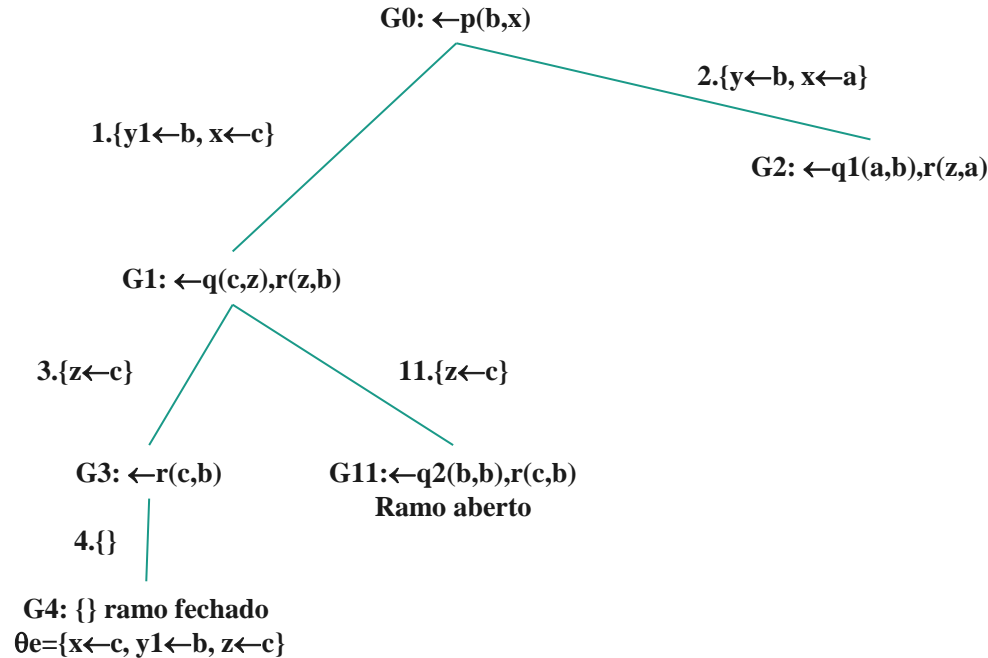
1. $p(y1,c) \leftarrow q(c,z), r(z,y1)$
2. $p(y,a) \leftarrow q1(a,y), r(z,a)$
3. $q(c,c) \leftarrow$
4. $r(c,b) \leftarrow$
5. $r(a,a) \leftarrow$
6. $q1(x,y) \leftarrow r1(x,g(y))$
7. $q1(x,y) \leftarrow r2(h(x),y)$
8. $r1(b,g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a),b) \leftarrow$
10. $p1(x,y) \leftarrow p(y,x)$
11. $q(c,c) \leftarrow q2(b,b)$

Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

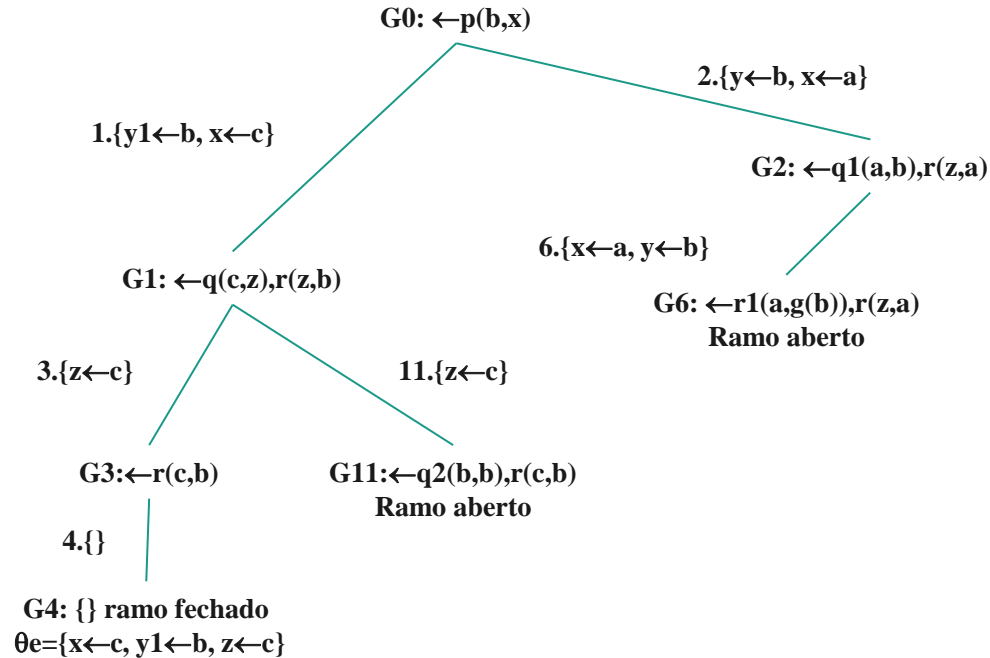
Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

| | |
|---|--|
| $Rc(\leftarrow p(b, x))$ | $= p(b, x)$ |
| $p(b, x)\{y \leftarrow b, x \leftarrow a\}$ | $= p(y, a)\{y \leftarrow b, x \leftarrow a\}$ |
| $q_1(a, b), r(z, a)$ | $= \text{Res}(\leftarrow q_1(a, b), r(z, a); p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a); \theta; Rc)$ |

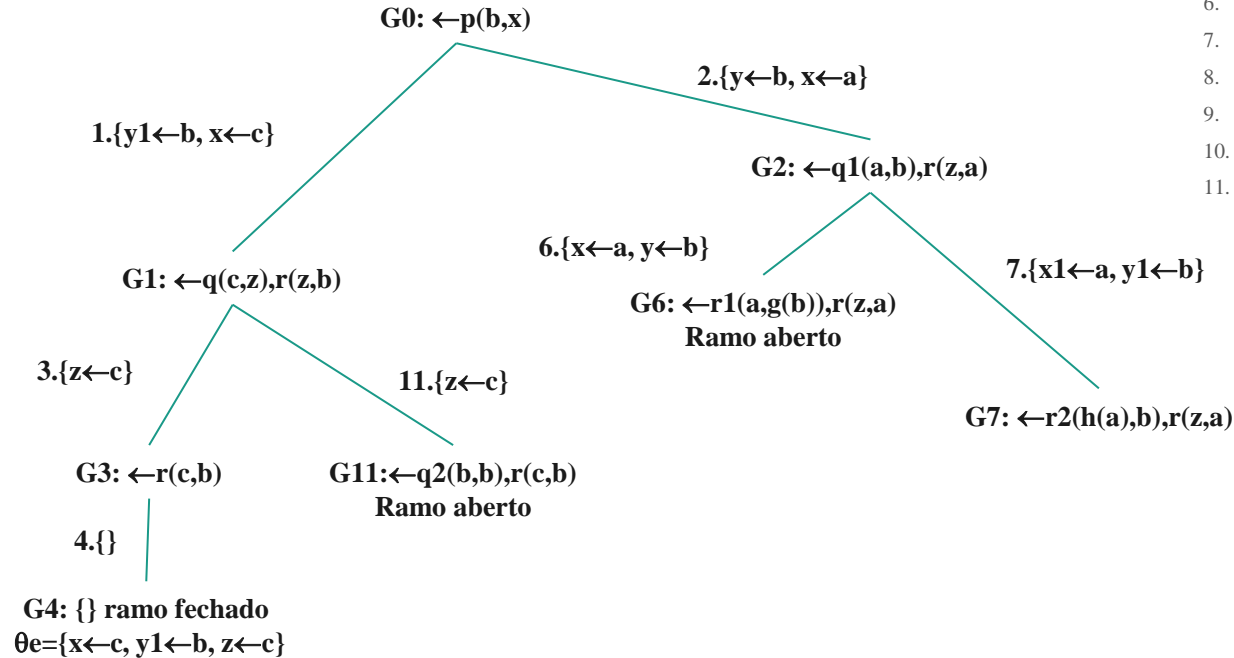
Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q1(x, y) \leftarrow r1(x, g(y))$
7. $q1(x, y) \leftarrow r2(h(x), y)$
8. $r1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q2(b, b)$

| | |
|--|--|
| $Rc(\leftarrow q1(a, b), r(z, a))$ | $= q1(a, b)$ |
| $q1(a, b)\{x \leftarrow a, y \leftarrow b\}$ | $= q1(x, y)\{x \leftarrow a, y \leftarrow b\}$ |
| $r1(a, g(b)), r(z, a)$ | $= Res(\leftarrow q1(a, b), r(z, a); q1(x, y) \leftarrow r1(x, g(y)); \theta; Rc)$ |

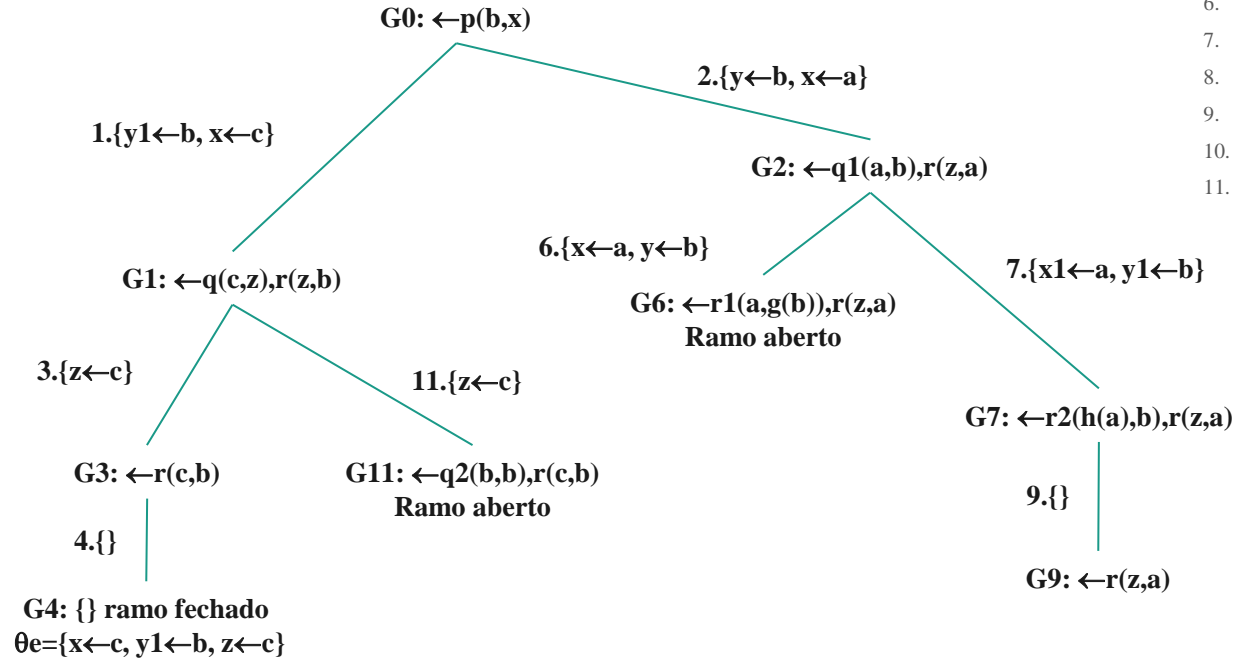
Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y_1, c) \leftarrow q(c, z), r(z, y_1)$
2. $p(y, a) \leftarrow q_1(a, y), r(z, a)$
3. $q(c, c) \leftarrow$
4. $r(c, b) \leftarrow$
5. $r(a, a) \leftarrow$
6. $q_1(x, y) \leftarrow r_1(x, g(y))$
7. $q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y)$
8. $r_1(b, g(a)) \leftarrow$
9. $r_2(h(a), b) \leftarrow$
10. $p_1(x, y) \leftarrow p(y, x)$
11. $q(c, c) \leftarrow q_2(b, b)$

$Rc(\leftarrow q_1(a, b), r(z, a)) = q_1(a, b)$
 $q_1(a, b)\{x_1 \leftarrow a, y_1 \leftarrow b\} = q_1(x, y)\{x_1 \leftarrow a, y_1 \leftarrow b\}$
 $r_2(h(a), b), r(z, a) = \text{Res}(\leftarrow q_1(a, b), r(z, a); q_1(x, y) \leftarrow r_2(h(x), y); \theta; Rc)$

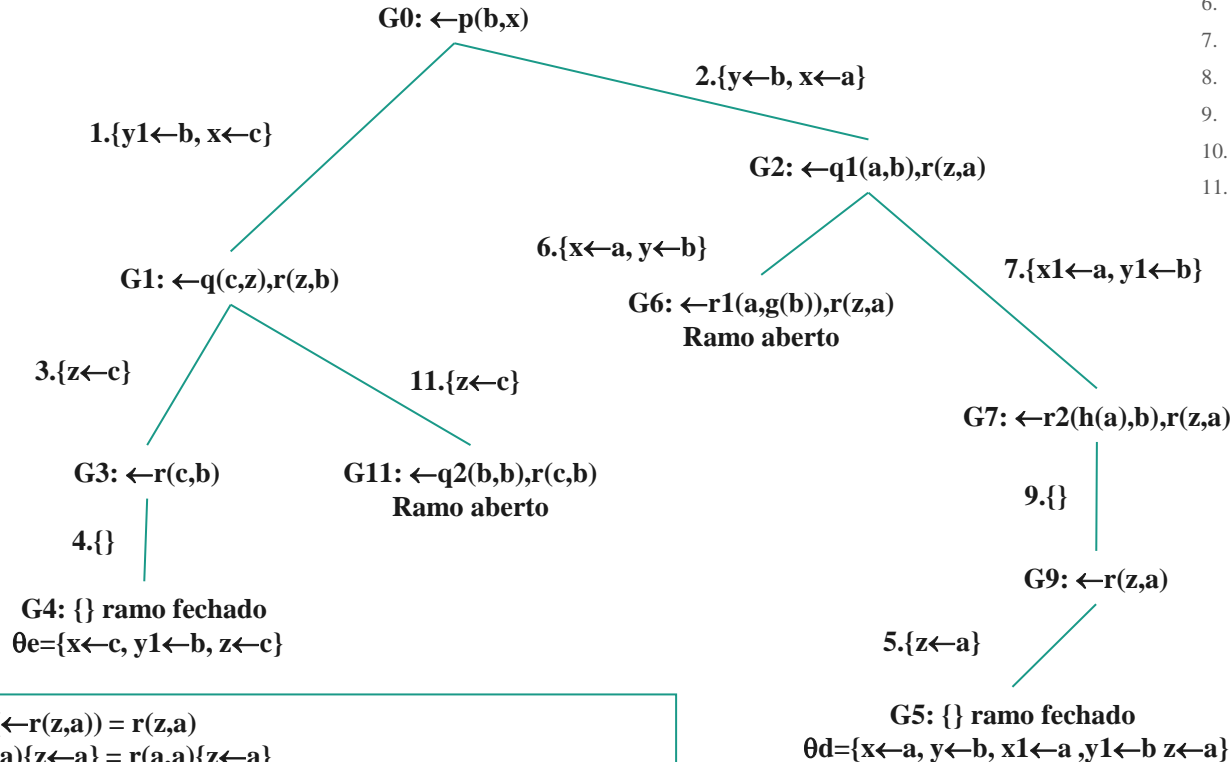
Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y1,c) \leftarrow q(c,z), r(z,y1)$
2. $p(y,a) \leftarrow q1(a,y), r(z,a)$
3. $q(c,c) \leftarrow$
4. $r(c,b) \leftarrow$
5. $r(a,a) \leftarrow$
6. $q1(x,y) \leftarrow r1(x,g(y))$
7. $q1(x,y) \leftarrow r2(h(x),y)$
8. $r1(b,g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a),b) \leftarrow$
10. $p1(x,y) \leftarrow p(y,x)$
11. $q(c,c) \leftarrow q2(b,b)$

$Rc \leftarrow r2(h(a),b), r(z,a) = r2(h(a),b)$
 $r2(h(a),b)\{\} = r2(h(a),b)\{\}$
 $r(z,a) = Res \leftarrow r2(h(a),b), r(z,a); r2(h(a),b) \leftarrow \{\}; Rc$

Exemplo: Árvore-SLD



1. $p(y1,c) \leftarrow q(c,z), r(z,y1)$
2. $p(y,a) \leftarrow q1(a,y), r(z,a)$
3. $q(c,c) \leftarrow$
4. $r(c,b) \leftarrow$
5. $r(a,a) \leftarrow$
6. $q1(x,y) \leftarrow r1(x,g(y))$
7. $q1(x,y) \leftarrow r2(h(x),y)$
8. $r1(b,g(a)) \leftarrow$
9. $r2(h(a),b) \leftarrow$
10. $p1(x,y) \leftarrow p(y,x)$
11. $q(c,c) \leftarrow q2(b,b)$

$Rc(\leftarrow r(z,a)) = r(z,a)$
 $r(z,a)\{z \leftarrow a\} = r(a,a)\{z \leftarrow a\}$
 $\{\} = \text{Res}(\leftarrow r(z,a), r(a,a) \leftarrow \{\}, \{z \leftarrow a\}, Rc)$

Exemplo p298: Árvore-SLD

ramo aberto infinito

1. $p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)$

Exemplo: Árvore-SLD

$$1. \quad p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)$$

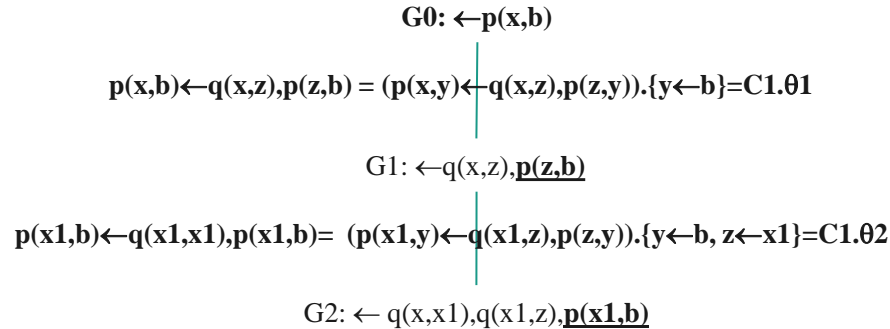
$$G0: \leftarrow p(x,b)$$

$$p(x,b) \leftarrow q(x,z), p(z,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)).\{y \leftarrow b\} = C1.\theta1$$

$$G1: \leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)}$$

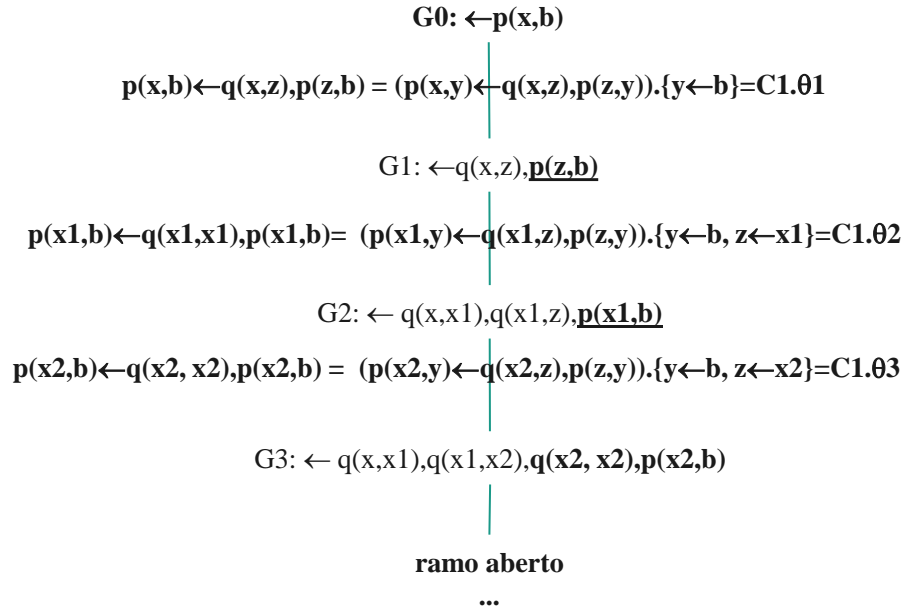
$$\begin{aligned} \leftarrow \underline{p(x,b)} &= (\leftarrow \underline{p(x,b)}).\{y \leftarrow b\} = G1.\theta1 \\ p(x,b) \leftarrow q(x,z), p(z,b) &= (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)).\{y \leftarrow b\} = C1.\theta1 \\ &\leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)} \end{aligned}$$

Exemplo: Árvore-SLD



$\leftarrow q(x,x1), \underline{p(x1,b)} = (\leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)}). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x1\} = G1.\theta2$
 $p(x1,b) \leftarrow q(x1, x1), p(x1,b) = (p(x1,y) \leftarrow q(x1,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x1\} = C1.\theta2$
 $\leftarrow q(x,x1), q(x1,z), \underline{p(x1,b)}$

Exemplo: Árvore-SLD



$\leftarrow q(x,x1), q(x1,x2), \underline{p(x2,b)} = (\leftarrow q(x,x1), q(x1,z), \underline{p(z,b)}). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x2\} = G1.\theta3$
 $p(x2,b) \leftarrow q(x2, x2), p(x2,b) = (p(x2,y) \leftarrow q(x2,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x2\} = C1.\theta3$
 $\leftarrow q(x,x1), q(x1,x2), q(x2, x2), p(x2,b)$

Exemplo: Árvore-SLD+

G0: $\leftarrow p(x,b)$

$p(x,b) \leftarrow q(x,z), p(z,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b\} = C1.\theta1$

G1: $\leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)}$

$\leftarrow \underline{p(x,b)} = (\leftarrow \underline{p(x,b)}). \{y \leftarrow b\} = G1.\theta1$
 $p(x,b) \leftarrow q(x,z), p(z,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b\} = C1.\theta1$
 $\leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)}$

Exemplo: Árvore-SLD+

G0: $\leftarrow p(x,b)$

$p(x,b) \leftarrow q(x,z), p(z,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b\} = C1.\theta1$

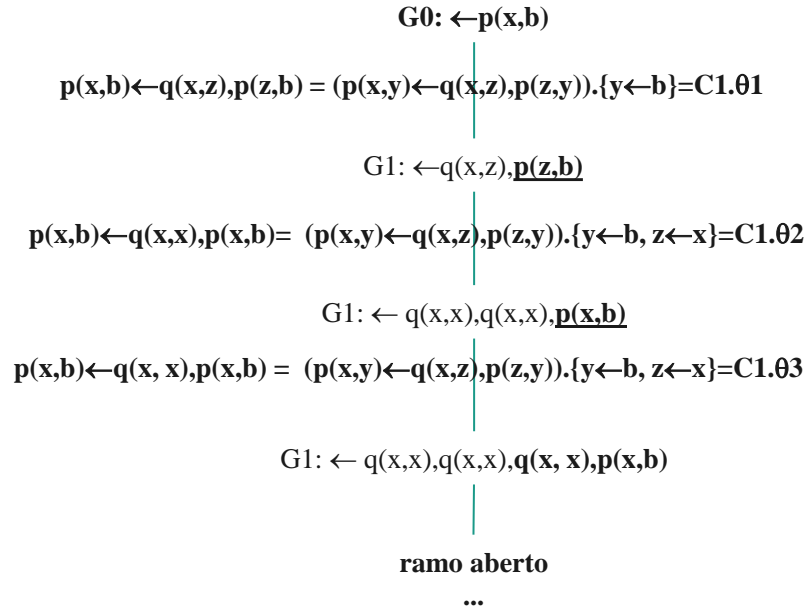
G1: $\leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)}$

$p(x,b) \leftarrow q(x,x), p(x,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x\} = C1.\theta2$

G2: $\leftarrow q(x,x), q(x,x), \underline{p(x,b)}$

$\leftarrow q(x,x), \underline{p(x,b)} = (\leftarrow q(x,z), \underline{p(z,b)}). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x\} = G1.\theta2$
 $p(x,b) \leftarrow q(x,x), p(x,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x\} = C1.\theta2$
 $\leftarrow q(x,x), q(x,x), \underline{p(x,b)}$

Exemplo: Árvore-SLD+



$\leftarrow q(x,x), q(x,x), \underline{p(x,b)} = (\leftarrow q(x,x), q(x,x), \underline{p(x,b)}). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x\} = G1.03$
 $p(x,b) \leftarrow q(x,x), p(x,b) = (p(x,y) \leftarrow q(x,z), p(z,y)). \{y \leftarrow b, z \leftarrow x\} = C1.03$
 $\leftarrow q(x,x), q(x,x), q(x,x), p(x,b)$

Exemplo p299: Árvore-SLD Fatorial de um número

1. $p(a,b) \leftarrow$
2. $p(b,b) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p(f(x),z), q(g(z,x),y)$

Interpretação:

- $I[a] = 0, I[b] = 1$
- $I[f(x)] = xI - 1$
- $I[g(x,y)] = xI * yI$
- $I[p(x,y)] = T \text{ (sse) } yI = xI!$
- $I[q(x,y)] = T \text{ (sse) } yI = xI$

Exemplo p299: Árvore-SLD Fatorial de um número

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

OBS: 4 significa: $I[2 = (1*2)] = T$

OBS: 5 significa: $I[6 = (2*3)] = T$

Exemplo p299: Consulta

G0: $p(3,w)$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

Cláusulas unificáveis: C1, C2, C3 (começam com p);
C1, C2 descartadas pois 3 é diferente de 0 e 1.

Exemplo p299: Consulta

$G0: \leftarrow p(3,w)$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

C3 unifica com G0: $\theta_1 = \text{umg}(C3, G0) = \{x \leftarrow 3, y \leftarrow w\}$

Exemplo p299: Consulta

$G0: \leftarrow p(3, w)$

1. $p(0, 1) \leftarrow$
2. $p(1, 1) \leftarrow$
3. $p(x, y) \leftarrow p((x-1), z), q((z*x), y)$
4. $q((1*2), 2) \leftarrow$
5. $q((2*3), 6) \leftarrow$

$G0\theta1: \leftarrow p(3, w)$

$C3\theta1: p(3, w) \leftarrow p((3-1), z), q((z*3), w)$

C3 unifica com G0: $\theta1 = \text{umg}(C3, G0) = \{x \leftarrow 3, y \leftarrow w\}$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

G0: $\leftarrow p(3,w)$

G0 θ 1: $\leftarrow p(3,w)$

C3 θ 1: $p(3,w) \leftarrow p((3-1),z), q((z*3),w)$

G1: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$

Exemplo p299: Consulta

$G0: \leftarrow p(3,w)$



$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

Cláusulas unificáveis: C1, C2, C3 (começam com p) e C4, C5 (começam com q);

C1, C2 descartadas pois $(3-1)=2$ é diferente de 0 e 1.

Exemplo p299: Consulta

$G0: \leftarrow p(3,w)$



$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

Variação de C3: $p(x1,y1) \leftarrow p((x1-1),z1), q((z1*x1),y1)$

$\theta2 = \text{umg}(C3, p(2,z)) = \{x1 \leftarrow 2, y1 \leftarrow z\}.$

Exemplo p299: Consulta

$$G0: \leftarrow p(3,w)$$



$$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

$$G1\theta2: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$$

$$C3\theta2: :p(2,z) \leftarrow p((2-1),z1), q((z1*2),z)$$

Variação de C3: $p(x1,y1) \leftarrow p((x1-1),z1), q((z1*x1),y1)$

$$\theta2 = \text{umg}(C3, p(2,z)) = \{x1 \leftarrow 2, y1 \leftarrow z\}.$$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

G0: $\leftarrow p(3,w)$



G1: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



G102: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$

C302: $:p(2,z) \leftarrow p((2-1),z1), q((z1*2),z)$

G2: $\leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$

Exemplo p299: Consulta

$G0: \leftarrow p(3,w)$



$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



$G2: \leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

C2 unifica com $p(1,z1)$, $\theta3 = \text{umg}(C2, p(1,z1)) = \{z1 \leftarrow 1\}$.

Exemplo p299: Consulta

$G0: \leftarrow p(3,w)$



$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



$G2: \leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

$G2\theta3: \leftarrow p(1,1), q((1*2),z), q((z*3),w)$

$C2\theta3: p(1,1) \leftarrow$

C2 unifica com $p(1,z1)$, $\theta3 = \text{umg}(C2, p(1,z1)) = \{z1 \leftarrow 1\}$.

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

G0: $\leftarrow p(3,w)$



G1: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



G2: $\leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$



G203: $\leftarrow p(1,1), q((1*2),z), q((z*3),w)$

C203: $p(1,1) \leftarrow$

G3: $\leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

$$G0: \leftarrow p(3,w)$$



$$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$$



$$G2: \leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$$



$$G3: \leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$$

C4 unifica com $q((1*2),z)$,

$$\theta_4 = \text{umg}(C2, q((1*2),z)) = \{z \leftarrow 2\}.$$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

$$G0: \leftarrow p(3,w)$$



$$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$$



$$G2: \leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$$



$$G3: \leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$$

$$G3\theta4 : \leftarrow q((1*2),2), q((2*3),w)$$

$$C4\theta4 : q((1*2),2) \leftarrow$$

C4 unifica com $q((1*2),z)$,

$$\theta4 = \text{umg}(C2, q((1*2),z)) = \{z \leftarrow 2\}.$$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

G0: $\leftarrow p(3,w)$



G1: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



G2: $\leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$



G3: $\leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$



G304: $\leftarrow q((1*2),2), q((2*3),w)$

C404: $q((1*2),2) \leftarrow$



G4: $\leftarrow q((2*3),w)$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

$$G0: \leftarrow p(3,w)$$



$$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$$



$$G2: \leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$$



$$G3: \leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$$



$$G4: \leftarrow q((2*3),w)$$

C5 unifica com **G4**, $\theta_4 = \text{umg}(C2, G4) = \{w \leftarrow 6\}$.

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

$$G0: \leftarrow p(3,w)$$



$$G1: \leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$$



$$G2: \leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$$



$$G3: \leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$$



$$G4: \leftarrow q((2*3),w)$$

$$G4\theta4: \leftarrow q((2*3),6)$$

$$C5\theta4: q((2*3),6) \leftarrow$$

C5 unifica com **G4**, $\theta4 = \text{umg}(C2, G4) = \{w \leftarrow 6\}$.

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

G0: $\leftarrow p(3,w)$



G1: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



G2: $\leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$



G3: $\leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$



G4: $\leftarrow q((2*3),w)$



G404: $\leftarrow q((2*3),6)$

C504: $q((2*3),6) \leftarrow$



G5: $\leftarrow \{\}$

Exemplo p299: Consulta

1. $p(0,1) \leftarrow$
2. $p(1,1) \leftarrow$
3. $p(x,y) \leftarrow p((x-1),z), q((z*x),y)$
4. $q((1*2),2) \leftarrow$
5. $q((2*3),6) \leftarrow$

G0: $\leftarrow p(3,w)$



G1: $\leftarrow p(2,z), q((z*3),w)$



G2: $\leftarrow p(1,z1), q((z1*2),z), q((z*3),w)$



G3: $\leftarrow q((1*2),z), q((z*3),w)$



G4: $\leftarrow q((2*3),w)$



G5: $\leftarrow \{\}$

Exercícios

- Páginas 300 – 303.

Exercício: programa lógico

C1. likes(john,pizza) ←

C2. likes(john,sushi) ←

C3. likes(mary,sushi) ←

C4. likes(paul,X) ← likes(john,X)

C5. likes(X,icecream) ←

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

C_1, C_2, C_5 unificam com G_0 .

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

C_1 unifica com G_0 : $\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{ Y \leftarrow \text{pizza} \}$

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

$G_0\theta_1: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, \text{pizza})$

$C_1\theta_1: \text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C_1 unifica com G_0 : $\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{Y \leftarrow \text{pizza}\}$

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

$G_0\theta_1:$

$\leftarrow \text{likes}(\text{john}, \text{pizza})$

$C_1\theta_1: \text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

$G_1: \{\}$

C_1 unifica com G_0 : $\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{Y \leftarrow \text{pizza}\}$

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

$G_1: \{\}$



C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

C_1 unifica com G_0 : $\theta_1 = \text{umg}(C_1, G_0) = \{Y \leftarrow \text{pizza}\}$

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

$G_1: \{\}$



C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

C_2 unifica com G_0 : $\theta_2 = \text{umg}(C_2, G_0) = \{Y \leftarrow \text{sushi}\}$

Exercício: consulta

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$

$G_1: \{\}$

C1. $\text{likes}(\text{john}, \text{pizza}) \leftarrow$

C2. $\text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C3. $\text{likes}(\text{mary}, \text{sushi}) \leftarrow$

C4. $\text{likes}(\text{paul}, X) \leftarrow \text{likes}(\text{john}, X)$

C5. $\text{likes}(X, \text{icecream}) \leftarrow$

$G_0\theta_2:$

$\leftarrow \text{likes}(\text{john}, \text{sushi})$

$C_2\theta_2: \text{likes}(\text{john}, \text{sushi}) \leftarrow$

C_2 unifica com $G_0: \theta_2 = \text{umg}(C_2, G_0) = \{Y \leftarrow \text{sushi}\}$

Exercício: consulta

C1. likes(john,pizza) \leftarrow

C2. likes(john,sushi) \leftarrow

C3. likes(mary,sushi) \leftarrow

C4. likes(paul,X) \leftarrow likes(john,X)

C5. likes(X,icecream) \leftarrow

G1: {}

$G_0\theta_2$:

$C_2\theta_2$: likes(john,sushi) \leftarrow

G_0 : \leftarrow likes(john,Y)

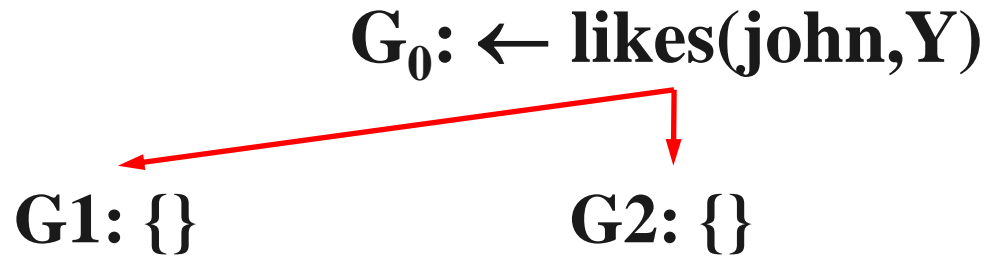
\leftarrow likes(john,sushi)

G2: {}

C_2 unifica com G_0 : $\theta_2 = \text{umg}(C_2, G_0) = \{Y \leftarrow \text{sushi}\}$

Exercício: consulta

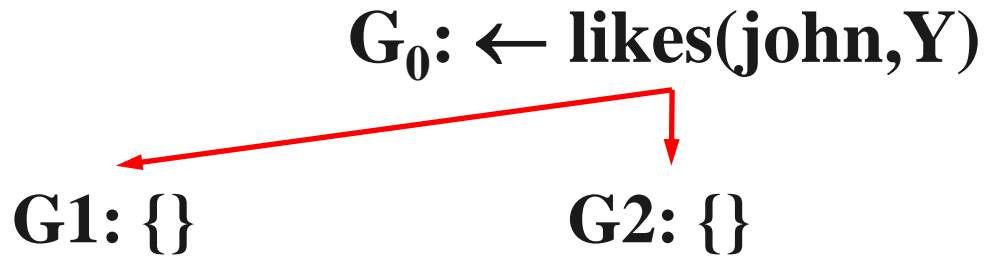
C1. likes(john,pizza) \leftarrow
C2. likes(john,sushi) \leftarrow
C3. likes(mary,sushi) \leftarrow
C4. likes(paul,X) \leftarrow likes(john,X)
C5. likes(X,icecream) \leftarrow



C_2 unifica com G_0 : $\theta_2 = \text{umg}(C_2, G_0) = \{Y \leftarrow \text{sushi}\}$

Exercício: consulta

C1. likes(john,pizza) \leftarrow
C2. likes(john,sushi) \leftarrow
C3. likes(mary,sushi) \leftarrow
C4. likes(paul,X) \leftarrow likes(john,X)
C5. likes(X,icecream) \leftarrow



C_5 unifica com G_0 : $\theta_2 = \text{umg}(C_5, G_0) = \{Y \leftarrow \text{sushi}\}$

Exercício: consulta

C1. likes(john,pizza) \leftarrow

C2. likes(john,sushi) \leftarrow

C3. likes(mary,sushi) \leftarrow

C4. likes(paul,X) \leftarrow likes(john,X)

C5. likes(X,icecream) \leftarrow

$G_0: \leftarrow \text{likes}(\text{john}, Y)$



$G_1: \{\}$

$G_2: \{\}$

$G_0\theta_5:$

$\leftarrow \text{likes}(\text{john}, \text{icecream})$

$C_5\theta_5: \text{likes}(\text{john}, \text{icecream}) \leftarrow$

C_5 unifica com G_0 : $\theta_5 = \text{umg}(C_5, G_0) = \{X \leftarrow \text{john}, Y \leftarrow \text{icecream}\}$

Exercício: consulta

C1. likes(john,pizza) \leftarrow

C2. likes(john,sushi) \leftarrow

C3. likes(mary,sushi) \leftarrow

C4. likes(paul,X) \leftarrow likes(john,X)

C5. likes(X,icecream) \leftarrow

G1: {}

G₀ θ_5 :

C₅ θ_5 : likes(john,icecream) \leftarrow

G₀: \leftarrow likes(john,Y)

G2: {}

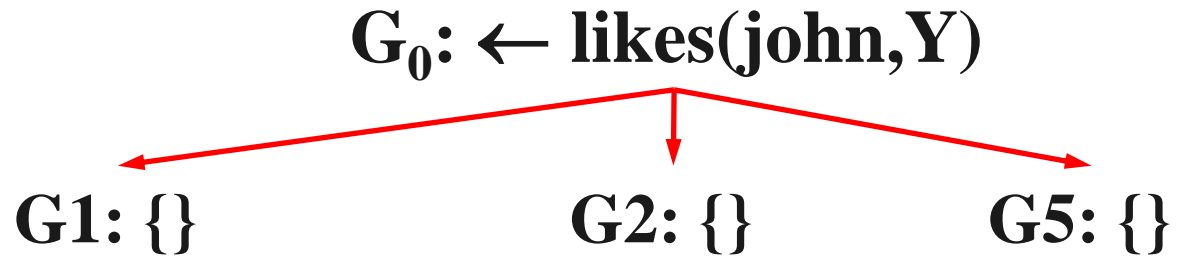
\leftarrow likes(john,icecream)

G5: {}

C₅ unifica com G₀: $\theta_5 = \text{umg}(C_5, G_0) = \{X \leftarrow \text{john}, Y \leftarrow \text{icecream}\}$

Exercício: consulta

C1. likes(john,pizza) \leftarrow
C2. likes(john,sushi) \leftarrow
C3. likes(mary,sushi) \leftarrow
C4. likes(paul,X) \leftarrow likes(john,X)
C5. likes(X,icecream) \leftarrow



C_5 unifica com G_0 : $\theta_5 = \text{umg}(C_5, G_0) = \{X \leftarrow \text{john}, Y \leftarrow \text{icecream}\}$