

PMR 5237

Modelagem e Design de Sistemas

Discretos em Redes de Petri

Aula 6: Redes de Alto Nível

Prof. José Reinaldo Silva

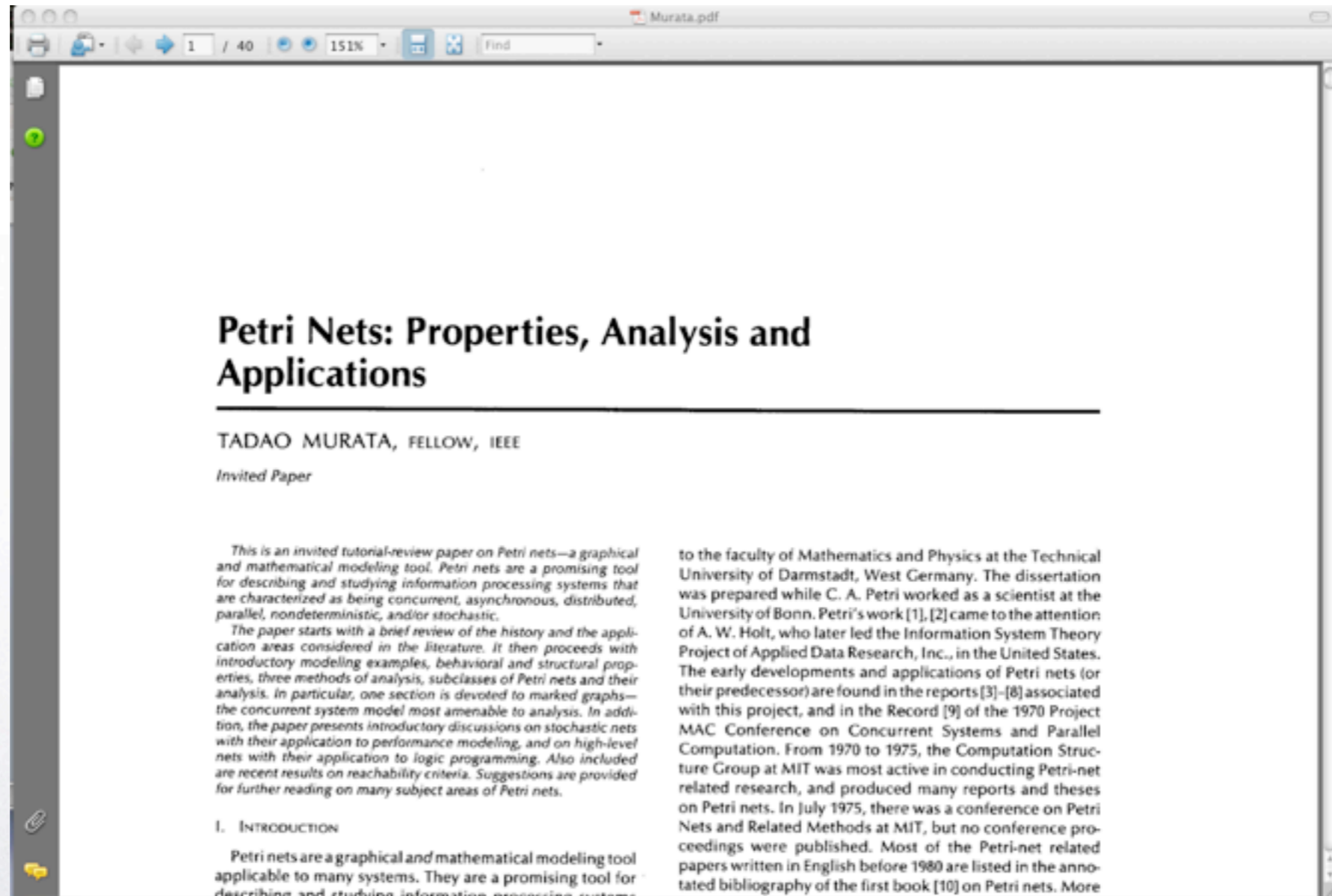
reinaldo@poli.usp.br



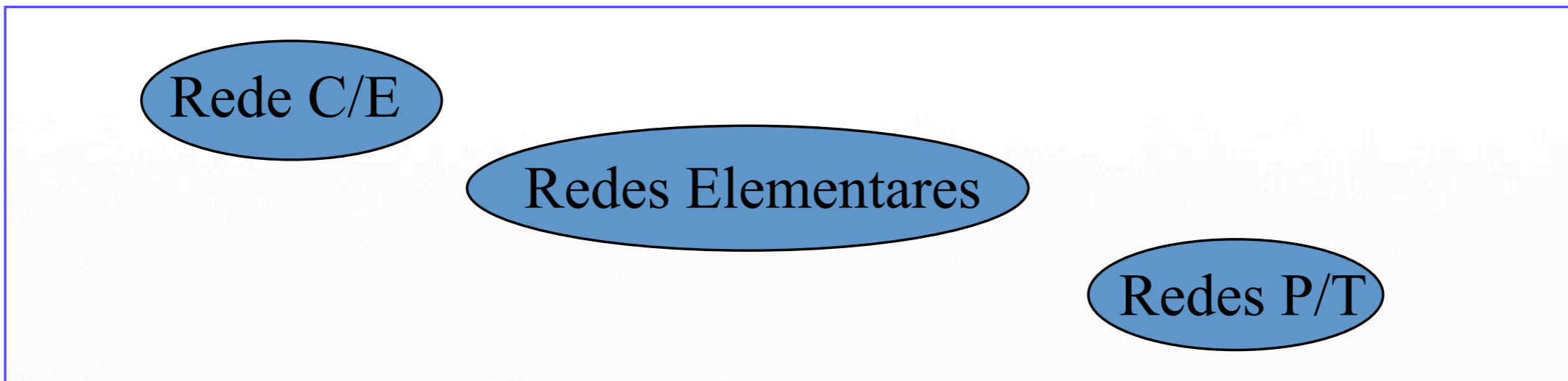
Leitura da Semana



Tadao Murata



Redes



?

IEC/ISO 15909

Parte 1 (2004): modelo semântico, definição teórica das redes clássicas e das redes de alto nível.

Parte 2 (2005-2008): definição do protocolo de importação/exportação, PNML.

Parte 3 (?) : Extensões, Redes Temporizadas, modularidade, hierarquia.

IEC/ISO 15909

Parte 1 (2004): modelo semântico, definição teórica das redes clássicas e das **redes de alto nível.**

Parte 2 (2005-2008): definição do protocolo de importação/exportação, PNML.

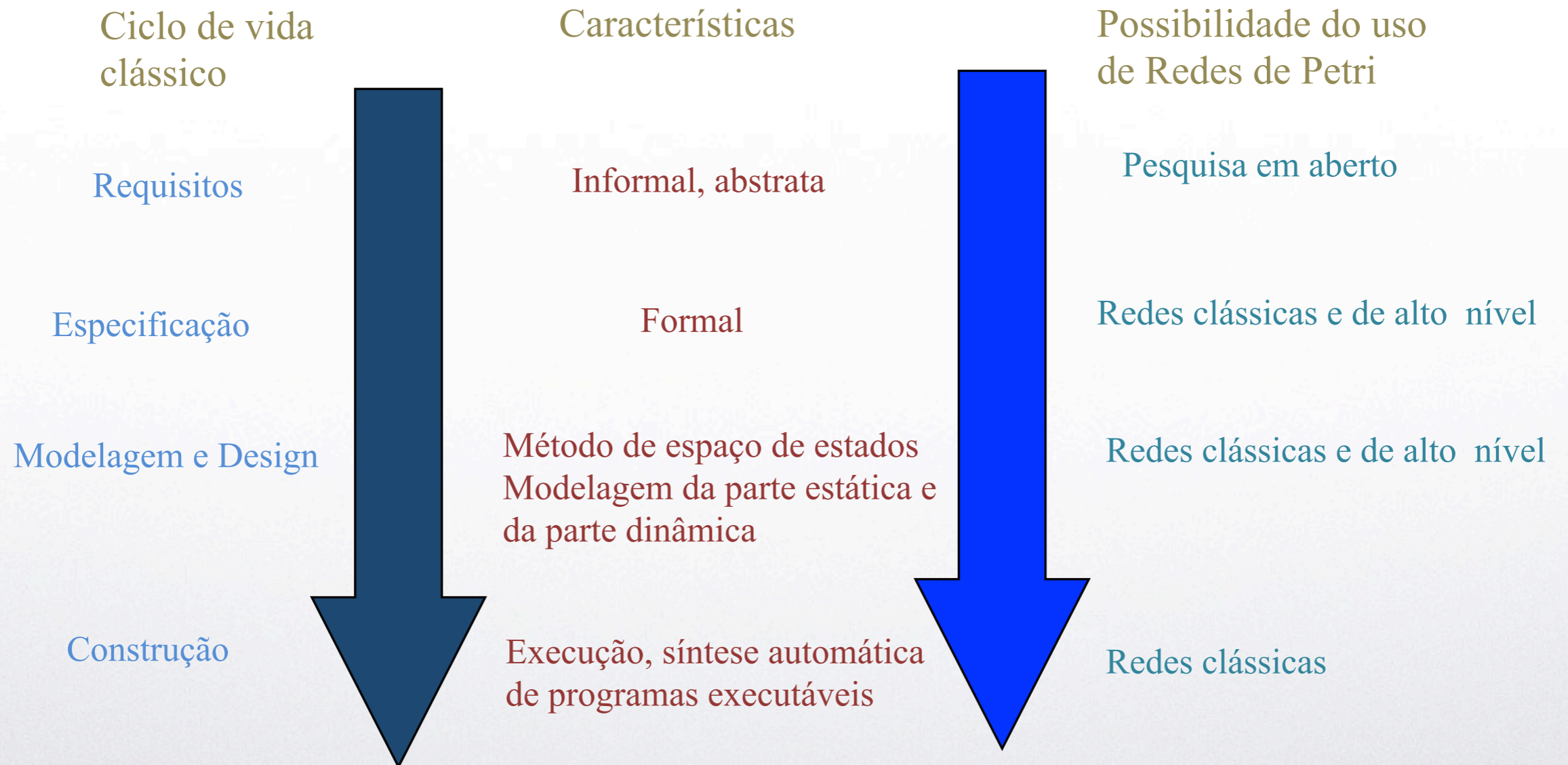
Parte 3 (?) : Extensões, Redes Temporizadas, modularidade, hierarquia.

A dialética do processo de design

- Relações de vizinhança
- Negação das relações e restrições

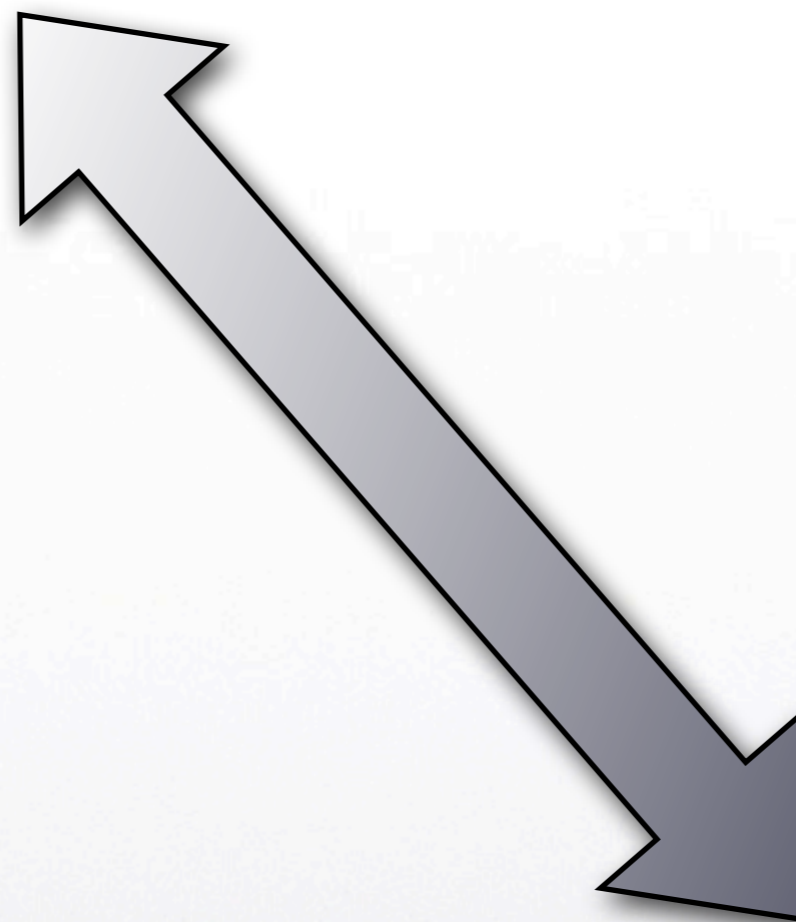


O processo de projeto





abstrações
modelos



implementação
processos

Herbert Alexander Simon
1916-2001

Turing Award, 1975

Nobel Prize in Economy, 1978

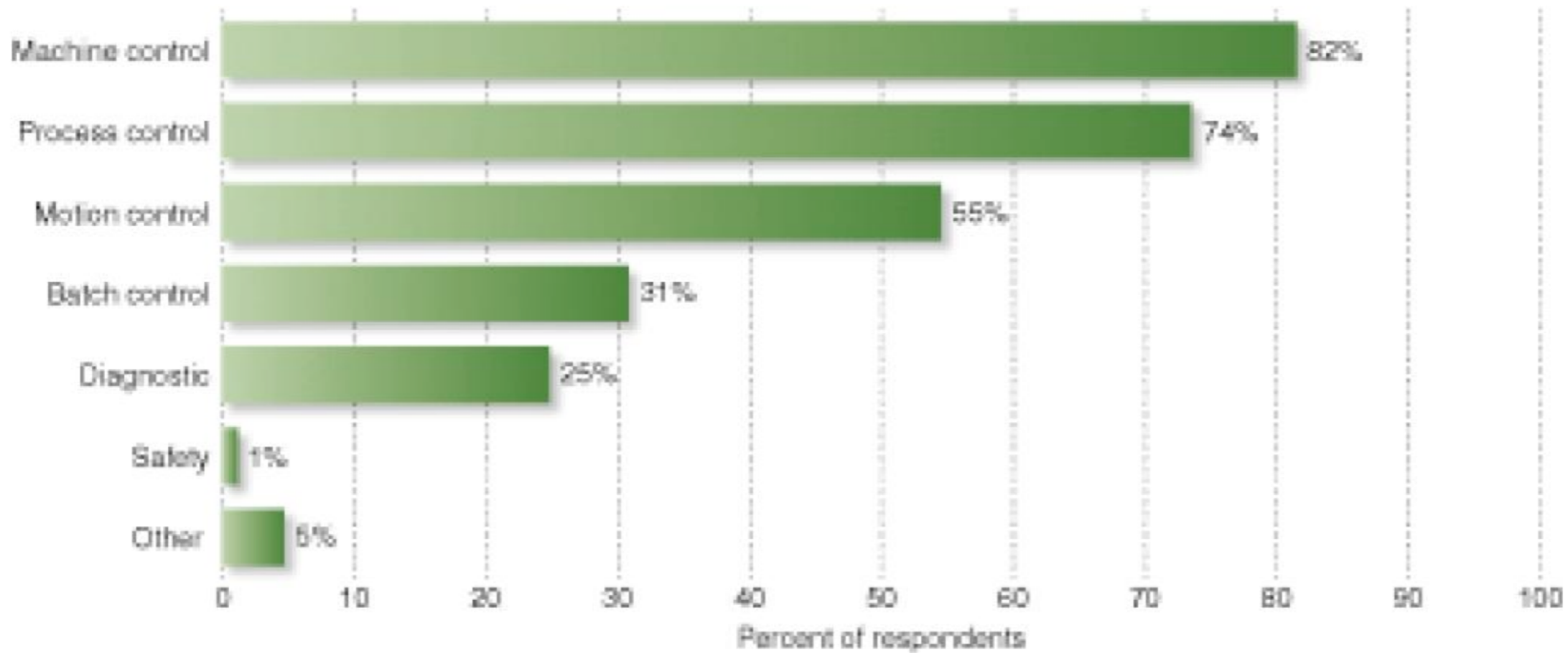
US National Medal of Science, 1986

Psychology Award, 1993

Aplicações das Rdp em processos industriais

Dick Johnson, Control Engineering -- Control Engineering, 12/1/2007

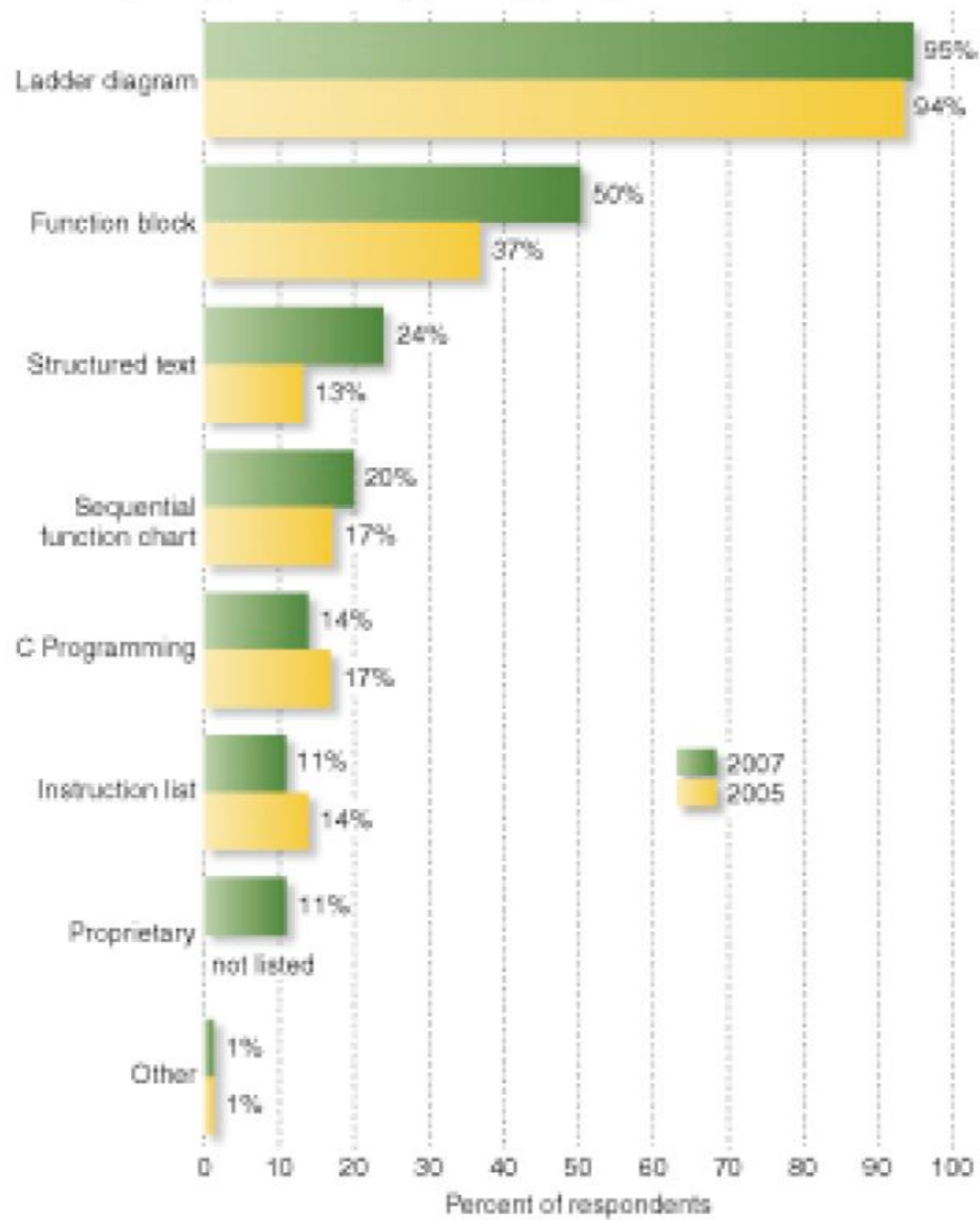
Programmable logic controller applications



Source: Control Engineering and Reed Research



PLC programming languages in use



Source: Control Engineering and Reed Research



Existem propriedades que são mais visíveis e mensuráveis (e úteis) somente quando se tem uma visão mais abstrata dos artefatos. Por exemplo a *simetria*.

Existem propriedades que são mais visíveis e mensuráveis (e úteis) somente quando se tem uma visão mais abstrata dos artefatos. Por exemplo a *simetria*.

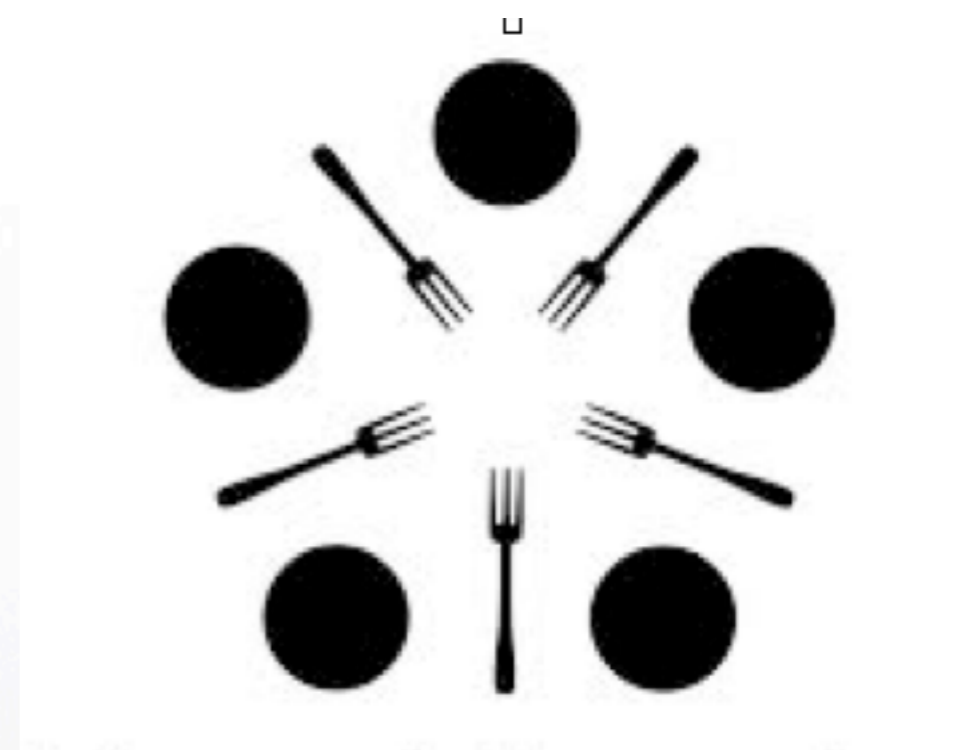
The term “symmetry” derives from the Greek words *sun* (meaning ‘with’ or ‘together’) and *metron* (‘measure’), yielding *summetria*, and originally indicated a relation of commensurability (such is the meaning codified in Euclid's *Elements* for example). It quickly acquired a further, more general, meaning: that of a proportion relation, grounded on (integer) numbers, and with the function of harmonizing the *different* elements into a *unitary whole*. From the outset, then, symmetry was closely related to harmony, beauty, and unity, and this was to prove decisive for its role in theories of nature.

Stanford Encyclopedia of Philosophy



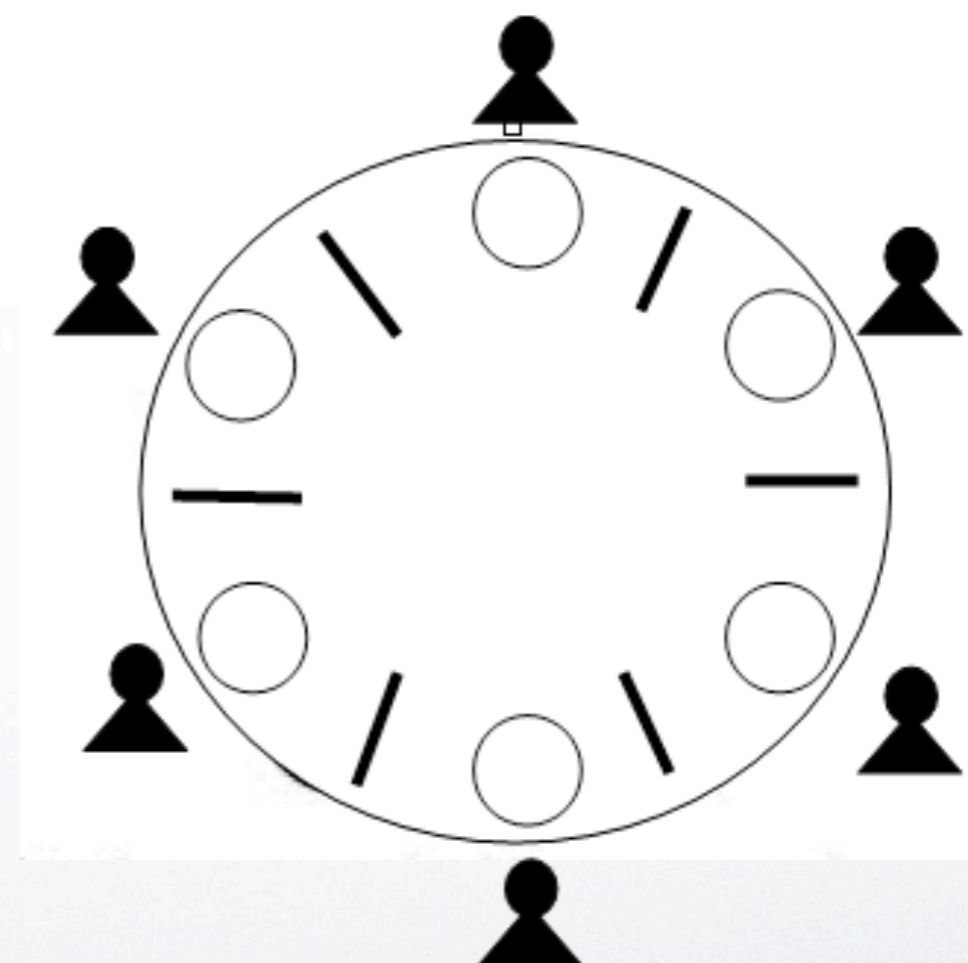
The dinning philosophers problem

Cinco filósofos sentam em uma mesa e podem alternadamente pensar ou comer. No entanto, para esta última tarefa devem usar os utensílios ao lado do prato (hashis) o que impede os seus vizinhos de fazer a mesma coisa. O problema original prevê cinco filósofos sendo que somente dois deles conseguem passar do estado pensao para comendo simultâneamente.



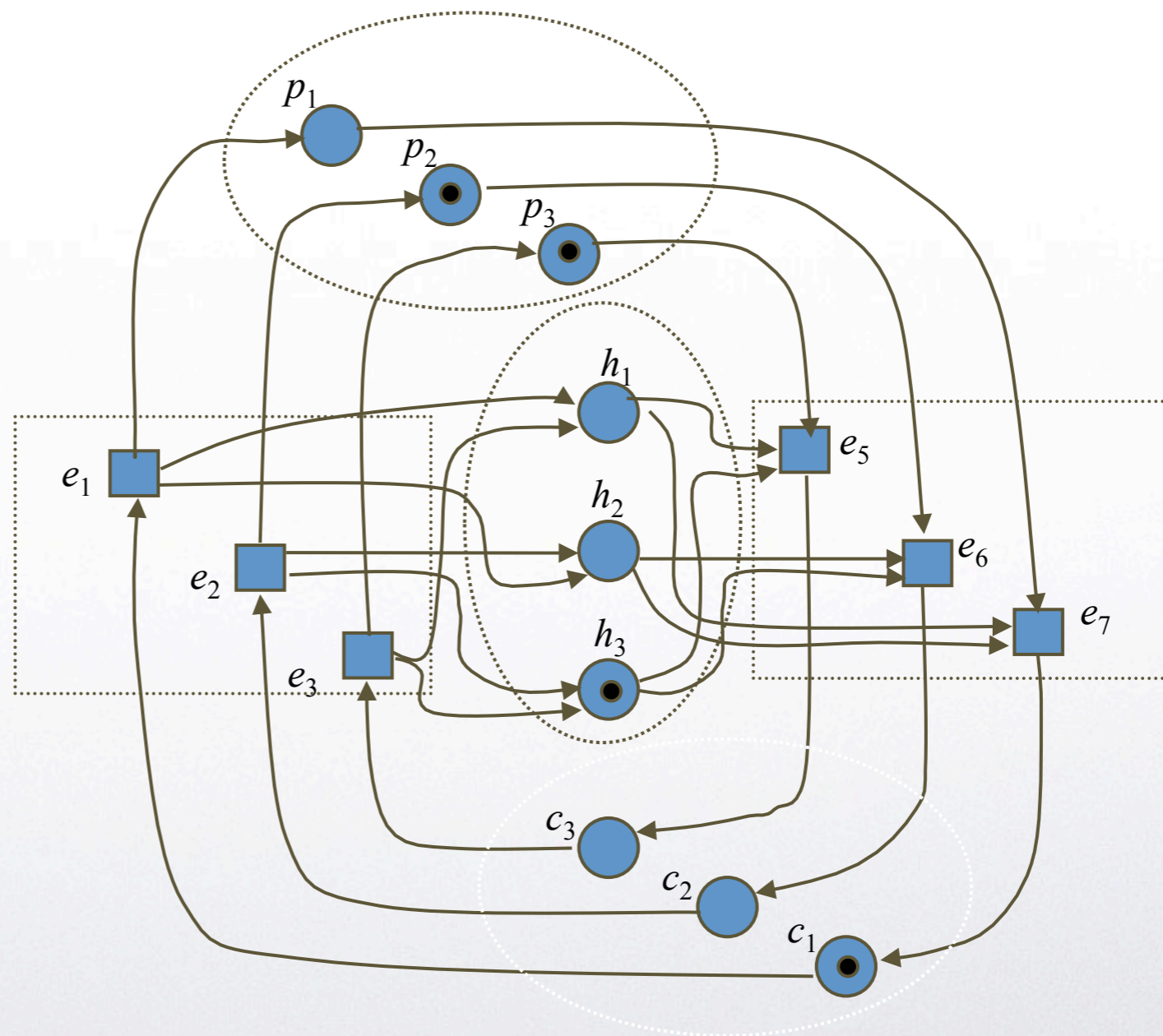
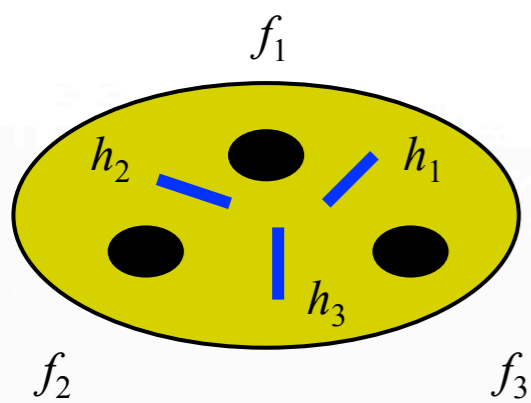
The dinning philosophers problem

Cinco filósofos sentam em uma mesa e podem alternadamente pensar ou comer. No entanto, para esta última tarefa devem usar os utensílios ao lado do prato (hashis) o que impede os seus vizinhos de fazer a mesma coisa. O problema original prevê cinco filósofos sendo que somente dois deles conseguem passar do estado pensao para comendo simultâneamente.



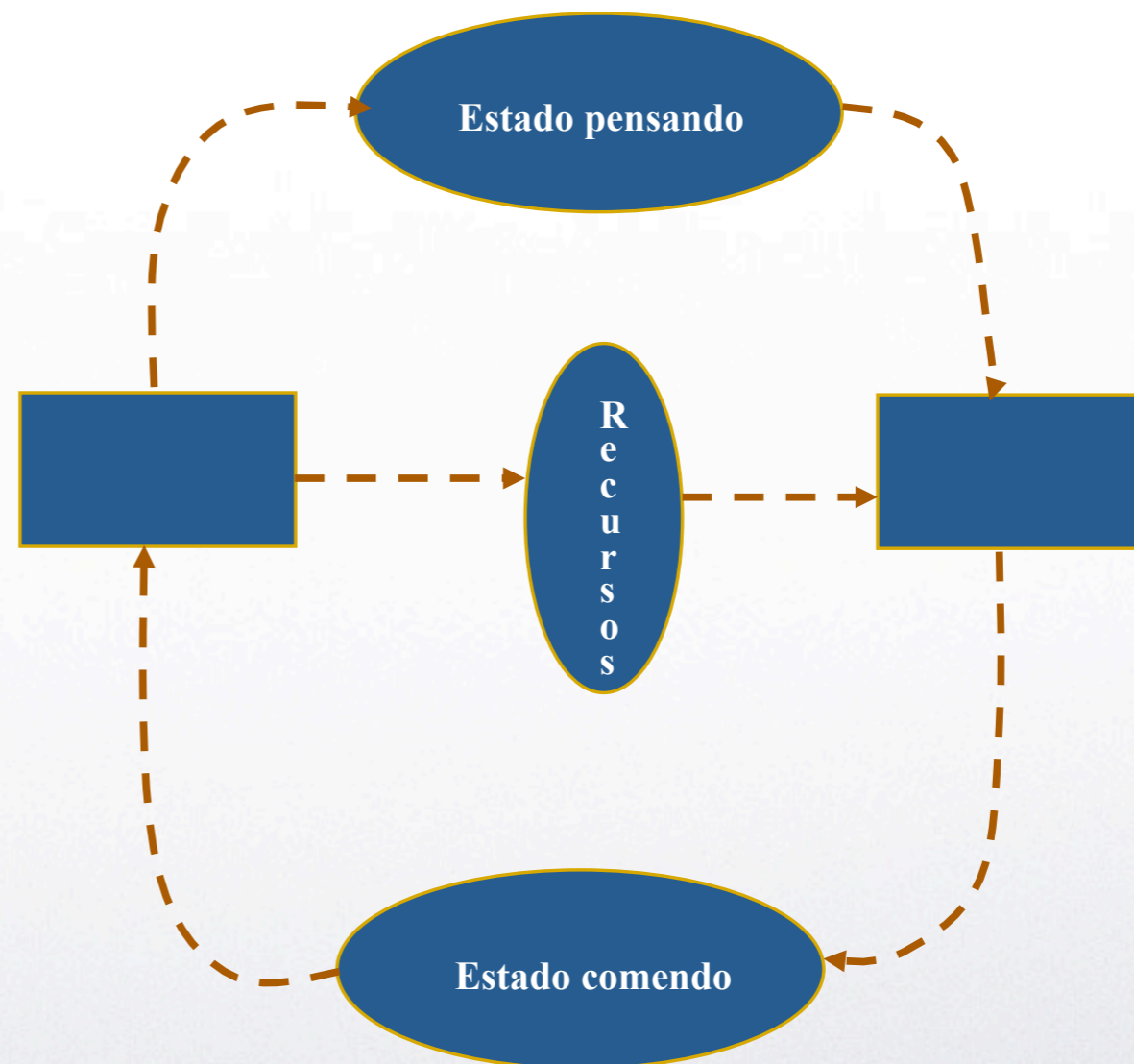
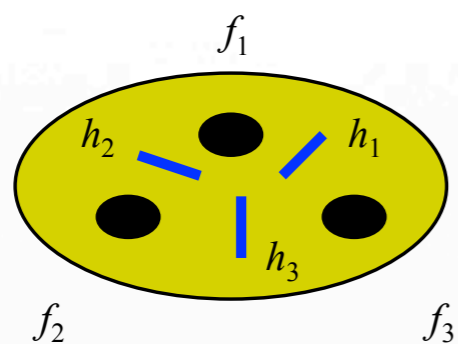
Dobramento em RdP

O exemplo dos filósofos

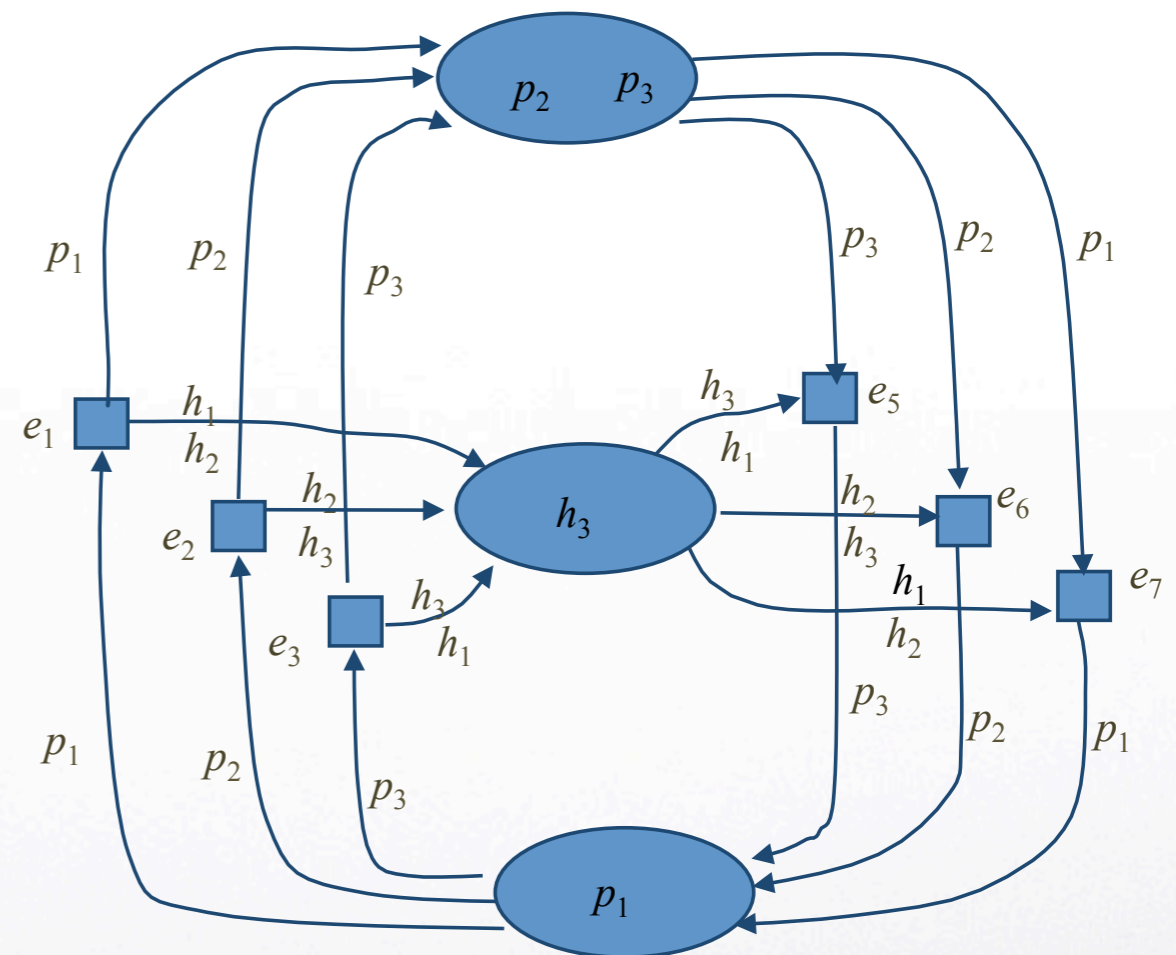
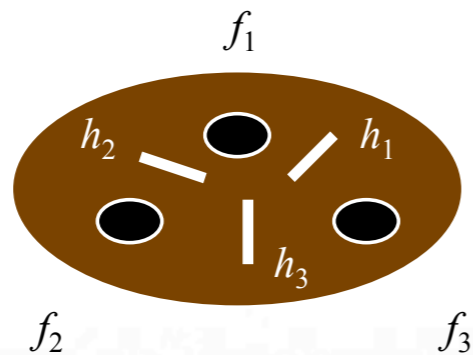


O dobramento

O exemplo dos filósofos

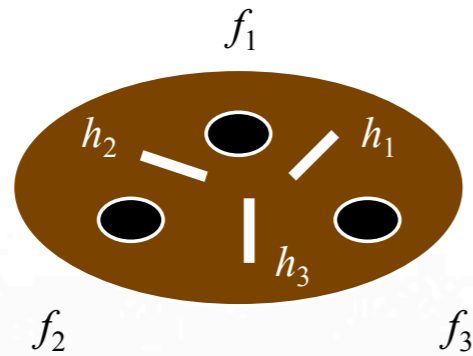


O exemplo dos filósofos



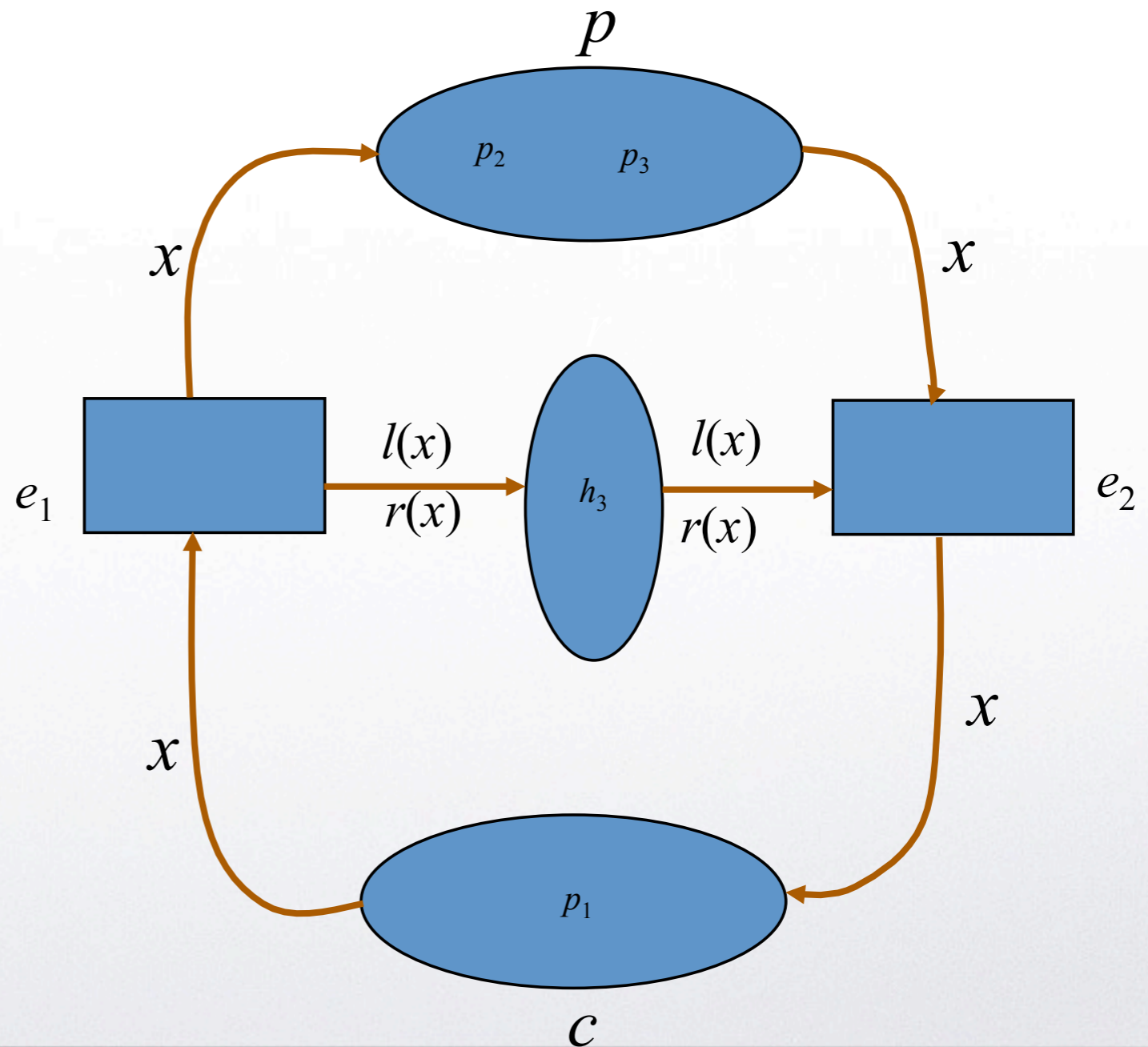
O colapso dos lugares leva à necessidade de se distinguir as marcas, tanto as que representam os filósofos quanto as que representam os recursos, isto é, os hashis.

O dobramento completo



$P = \{p_1, p_2, p_3\}$
 $H = \{h_1, h_2, h_3\}$
 $U = P \cup H$

$l : P \rightarrow H$
 $p_i \rightarrow h_i$
 $r : P \rightarrow H$
 $p_1 \rightarrow h_2$
 $p_2 \rightarrow h_3$
 $p_3 \rightarrow h_1$



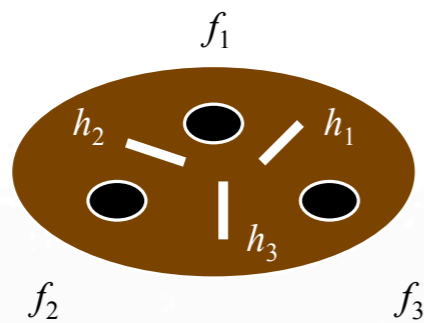
Exercicio 3, cap 8. Reisig

Caracterize conflito na rede PrT que representa o problema dos filósofos. Suplemente esta rede de modo que os três filósofos comam e pensem com igual frequencia, isto é, torne a rede *fair* no que diz respeito aos eventos que fazem o filósofo i passar do estado de reflexão ao estado de alimentação.

Wolfgang Reisig, Petri Nets: an Introduction, EACTS, Monographs in Theoretical Computer Science, Springer Verlag, 1985

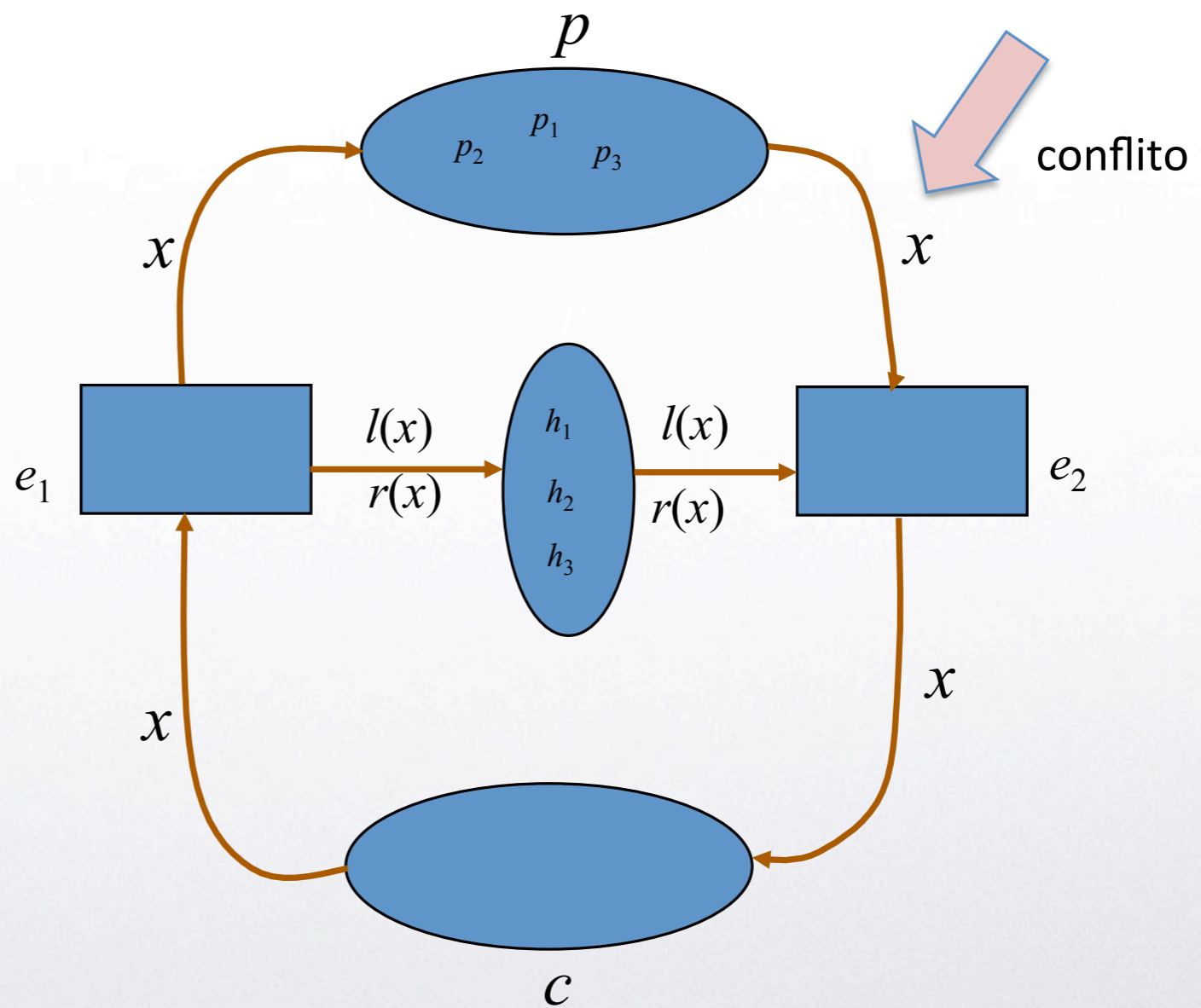


O exemplo dos filósofos



$P = \{p_1, p_2, p_3\}$
 $H = \{h_1, h_2, h_3\}$
 $U = P \cup H$

$l : P \rightarrow H$
 $p_i \rightarrow h_i$
 $r : P \rightarrow H$
 $p_1 \rightarrow h_2$
 $p_2 \rightarrow h_3$
 $p_3 \rightarrow h_1$



O exemplo dos filósofos

$P = \{p_1, p_2, p_3\}$
 $H = \{h_1, h_2, h_3\}$
 $U = P \cup H$

$l: P \rightarrow H$

$p_i \rightarrow h_i$

$r: P \rightarrow H$

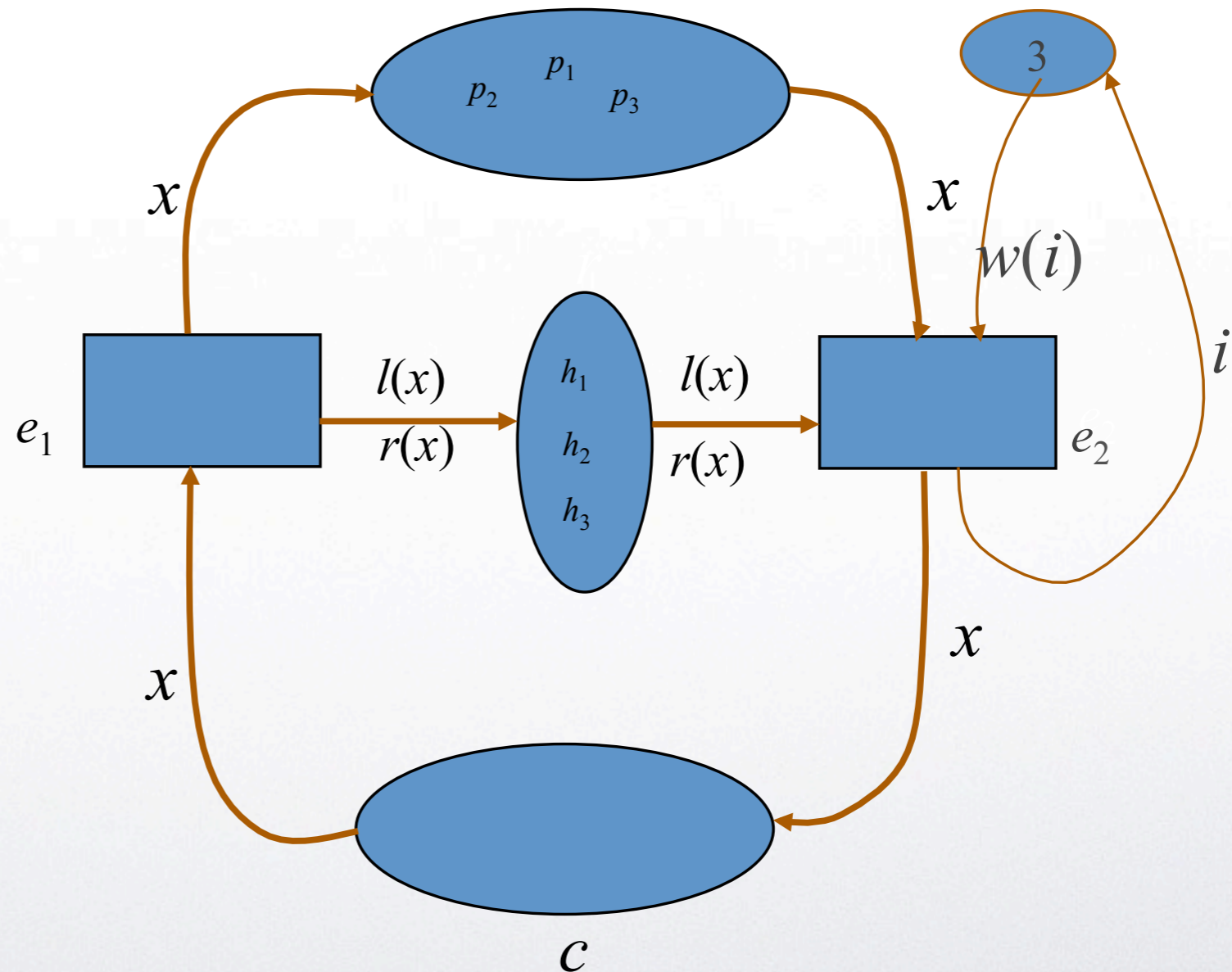
$p_1 \rightarrow h_2$

$p_2 \rightarrow h_3$

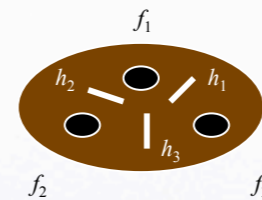
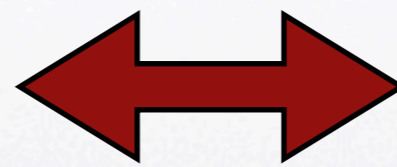
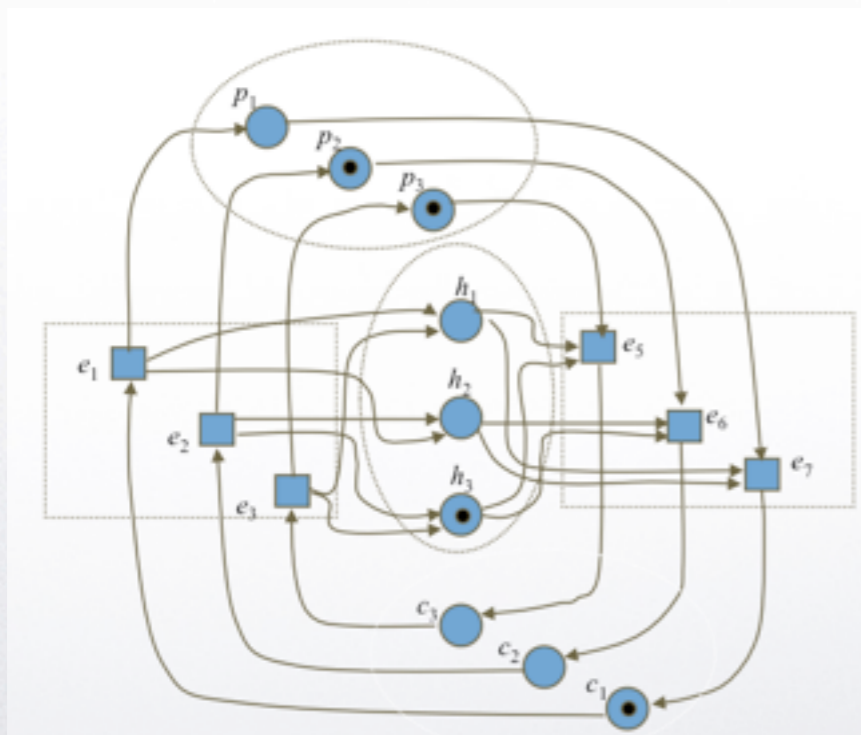
$p_3 \rightarrow h_1$

$w: P \rightarrow I$

$p_j \rightarrow j = (i) \bmod 3 + 1$



O dobramento leva de fato a uma rede mais compacta com um número menor de lugares e de transições. Entretanto, lembre que esta nova rede **NÃO PODE** ser separada das inscrições e tipos que a acompanham.



$$P = \{p_1, p_2, p_3\}$$

$$H = \{h_1, h_2, h_3\}$$

$$U = P \cup H$$

$$l : P \rightarrow H$$

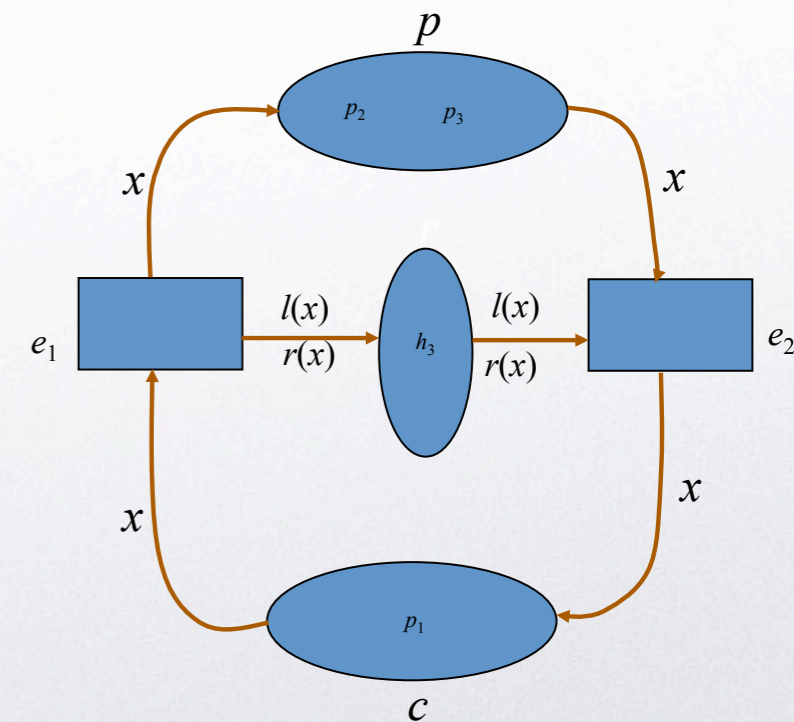
$$p_i \rightarrow h_i$$

$$r : P \rightarrow H$$

$$p_1 \rightarrow h_2$$

$$p_2 \rightarrow h_3$$

$$p_3 \rightarrow h_1$$



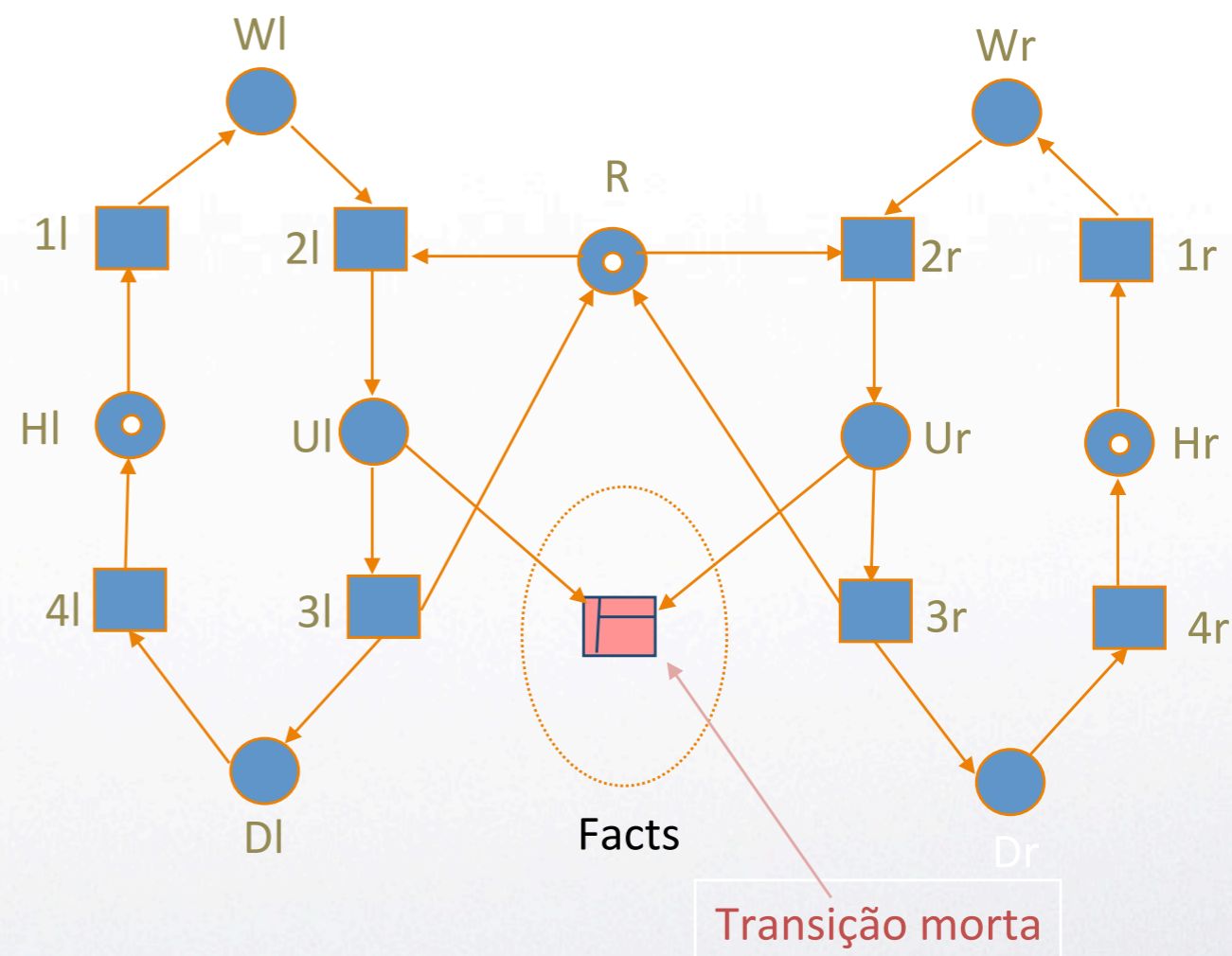
Fatoração

A este processo de exploração das simetrias de uma rede para produzir uma nova rede dinamicamente equivalente à anterior mas de tamanho menor dá-se o nome de fatoração.

A rede resultante da fatoração é **chamada** de rede-quociente.

Gerenciando processos de leitura e escrita em um computador

Em um sistema computacional os processos de leitura e escrita não podem ser feitos ao mesmo tempo de modo que se temos jobs que demandam leitura e escrita simultaneamente um semáforo deve gerenciar que ambos não sejam disparados ao mesmo tempo.



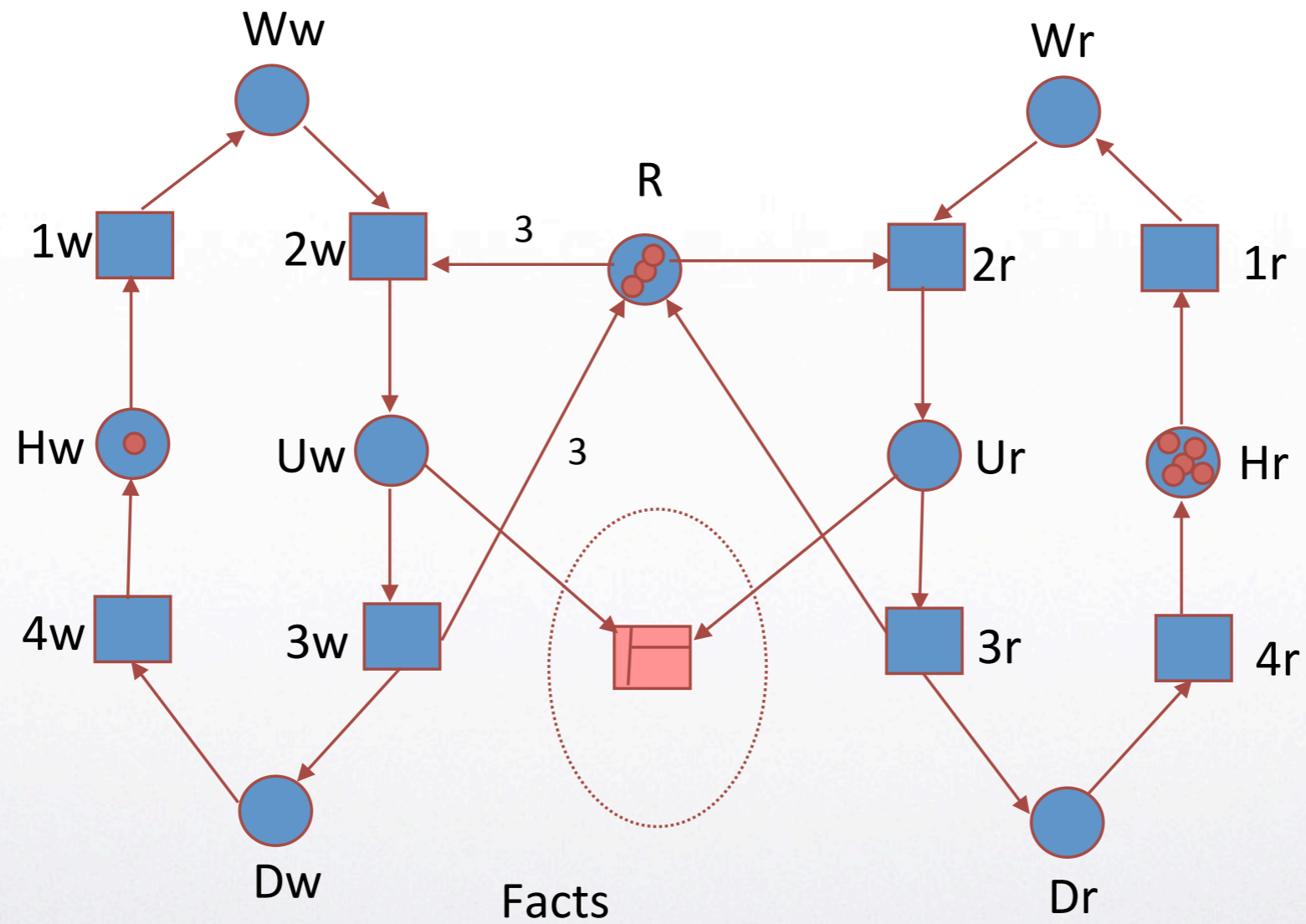
Teorema 4

Toda transição morta (deadlock) pode ser considerada um invariante e, reciprocamente, todo deadlock pode ser representado por um conjunto de transições mortas.

Genrich, H.J., Lautenbach, K.; System Modelling with High-Level Petri Nets, Theoretical Computer Science, 13, 109-135, 1981.



Voltando ao exemplo



Cálculo dos invariantes

	1w	2w	3w	4w	1r	2r	3r	4r	Mo	<i>i</i>
Hw	-1			1					1	
Ww	1	-1								
Uw		1	-1							3
Dw			1	-1						
R		-3	3			-1	1		3	1
Hr					-1			1	5	
Wr					1	-1				
Ur						1	-1			1
Dr							1	-1		

Da equação de estado temos que $\mathbf{A}^T \boldsymbol{\sigma} = \Delta \mathbf{M}$.

Assim, para o invariante de lugar, tem-se que $\mathbf{i}^T (\mathbf{A}^T \boldsymbol{\sigma}) = \mathbf{i}^T \Delta \mathbf{M}$.

Portanto, devemos escolher o \mathbf{i} de modo que $\mathbf{i}^T \Delta \mathbf{M} = 0$, e consequentemente $\mathbf{i}^T (\mathbf{A}^T \boldsymbol{\sigma}) = (\mathbf{i}^T \mathbf{A}^T) \boldsymbol{\sigma} = 0$, onde a solução trivial é $\mathbf{i}^T \mathbf{A}^T = 0$.

O invariante de lugar é ortogonal a todas as localidades das transições da rede.

	1w	2w	3w	4w	1r	2r	3r	4r	Mo	i
Hw	-1			1					1	
Ww	1	-1								
Uw		1	-1							3
Dw			1	-1						
R		-3	3			-1	1		3	1
Hr					-1			1	5	
Wr					1	-1				
Ur						1	-1			1
Dr							1	-1		

$$x_1 = x_2 = x_4$$

$$x_2 = x_3 - 3x_5$$

$$x_6 = x_7 = x_9$$

$$x_5 = x_8 - x_7$$

Fazendo $x_1 = x_6 = x_7 = 0$

$$x_3 = 3x_5$$

$$x_8 = x_5$$

$$\mathbf{i}^T \mathbf{M} = \mathbf{i}^T \mathbf{M}_0$$

$$3M(Uw) + M(R) + M(Ur) =$$

$$3M_0(Uw) + M_0(R) + M_0(Ur) = M_0(R) = 3$$



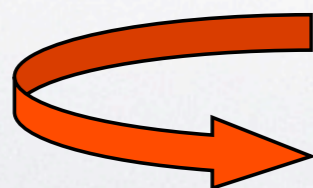
O problema da distinguibilidade

Como vimos anteriormente com o problema dos filósofos, a introdução da distinguibilidade das marcas (dobramento) não afeta as propriedades principais das redes.



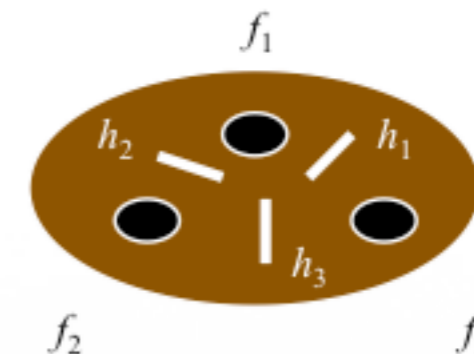
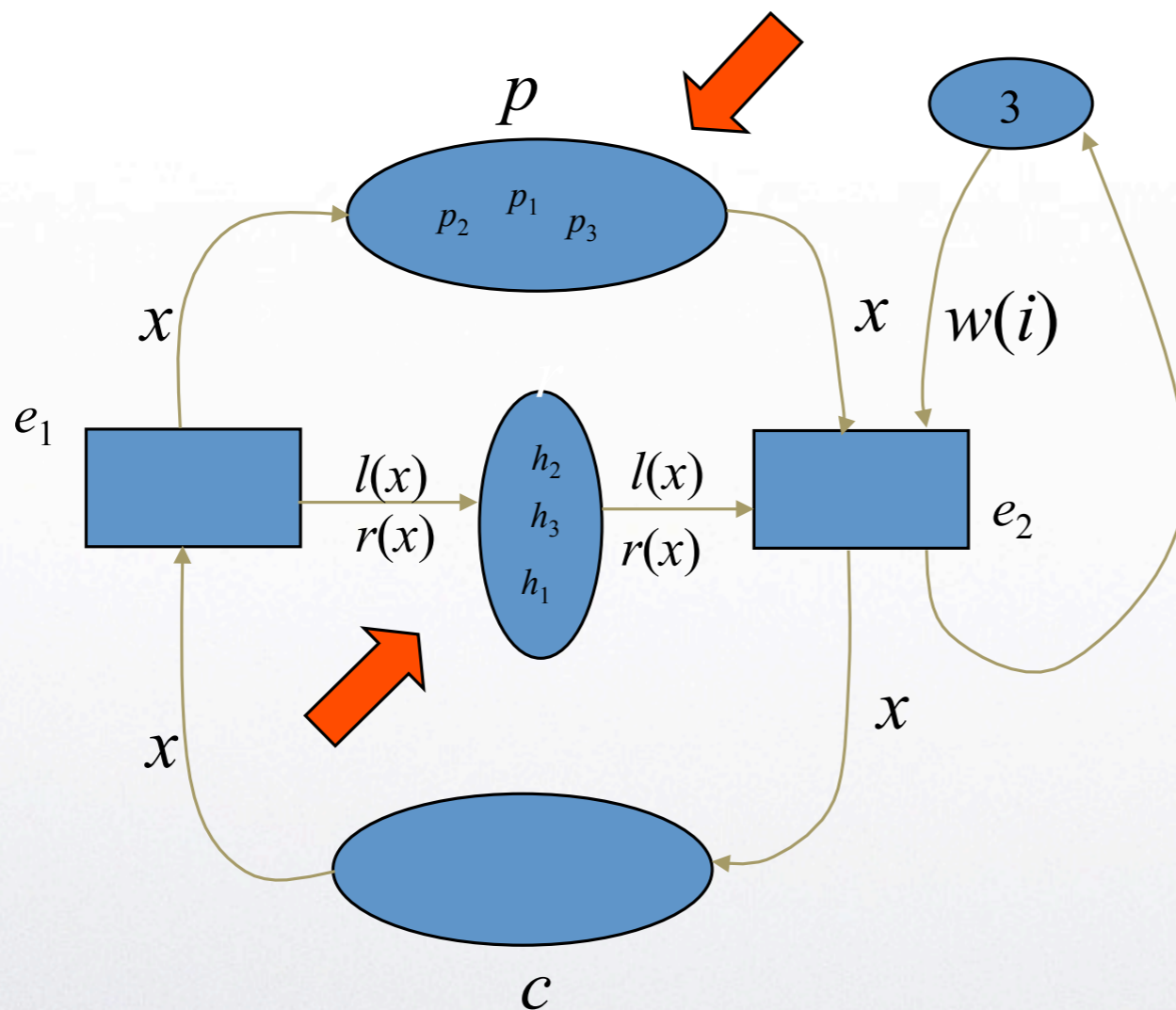
... isto é,

- preserva a dualidade
- preserva o conceito de localidade
- preserva o princípio da concorrência
- preserva o princípio da representação gráfica
- preserva o princípio da representação algébrica



Não saímos do domínio das redes de Petri

Representação da marcação e multisetsets



A distinguibilidade das marcas nos leva à introdução de estruturas especiais no lugar das marcas, chamadas multisetsets.

Multisets

Seja o conjunto (base set) $\{a,b,c,d,e,f,g,h\}$.

Em teoria de conjuntos, $\{a, c, f\} \cup \{c, f, g\} = \{a, c, f, g\}$.

Já em multisets (bags),

$$\{a, c, f\} \cup \{c, f, g\} = \{a, c, c, f, f, g\}$$

também descrito como $1`a + 2`c + 2`f + 1`g$



De fato, o mesmo conjunto pode ser escrito como,

$$1`a + 0`b + 2`c + 0`d + 2`f + 1`g + 0`h$$

onde os coeficientes indicam o grau de multiplicidade de cada elemento do conjunto de base.

A forma simplificada para especificar este conjunto consiste em suprimir os elementos de coeficiente nulo.



Operações básicas

União : Sejam dois multisetos representados pelos respectivos vetores de coeficientes sobre um conjunto de base (base set),

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_s),$$

$$n = (n_1, n_2, \dots, n_j, \dots, n_s)$$

A união entre estes multisetos é dada por,

$$m \cup n = (m_1 + n_1, \dots, m_i + n_j, \dots, m_s + n_s)$$



Multiplicação por um escalar : Dado um multiset sobre um conjunto de base S , representado pelo seu vetor de coeficientes,

$$m = (m_1, \dots, m_i, \dots, m_s).$$

Está definida a multiplicação de m por um escalar p , resultando no seguinte multiset,

$$p * m = (p m_1, \dots, p m_i, \dots, p m_s)$$



Relação de Ordem parcial : Dados dois multisetes, representados pelos respectivos vetores de coeficientes sobre um conjunto de base (base set) S ,

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_s),$$

$$n = (n_1, n_2, \dots, n_j, \dots, n_s)$$

Está definida a comparação entre estes dois multisetes

$m \geq n$ se e somente se $m_i \geq n_i$ para todo i



Cardinalidade de um multiset : Um multiset

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_s),$$

tem cardinalidade $|m| = \sum m_i$



Subtração : Sejam dois multisetos representados pelos respectivos vetores de coeficientes sobre um conjunto de base (base set),

$$m = (m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_s),$$

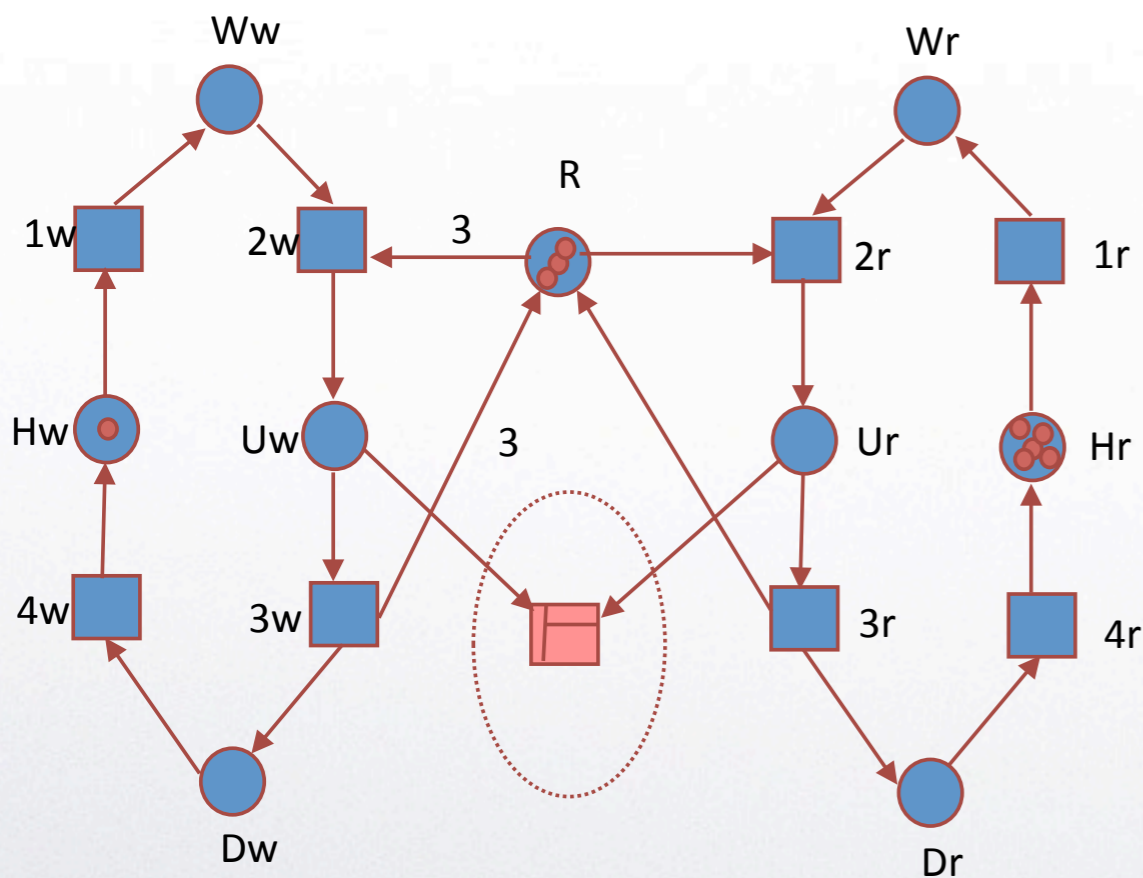
$$n = (n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_s)$$

A subtração entre estes dois multisetos, $m - n$, existe se $m \geq n$ e é dada por,

$$m - n = (m_1 - n_1, \dots, m_i - n_i, \dots, m_s - n_s)$$



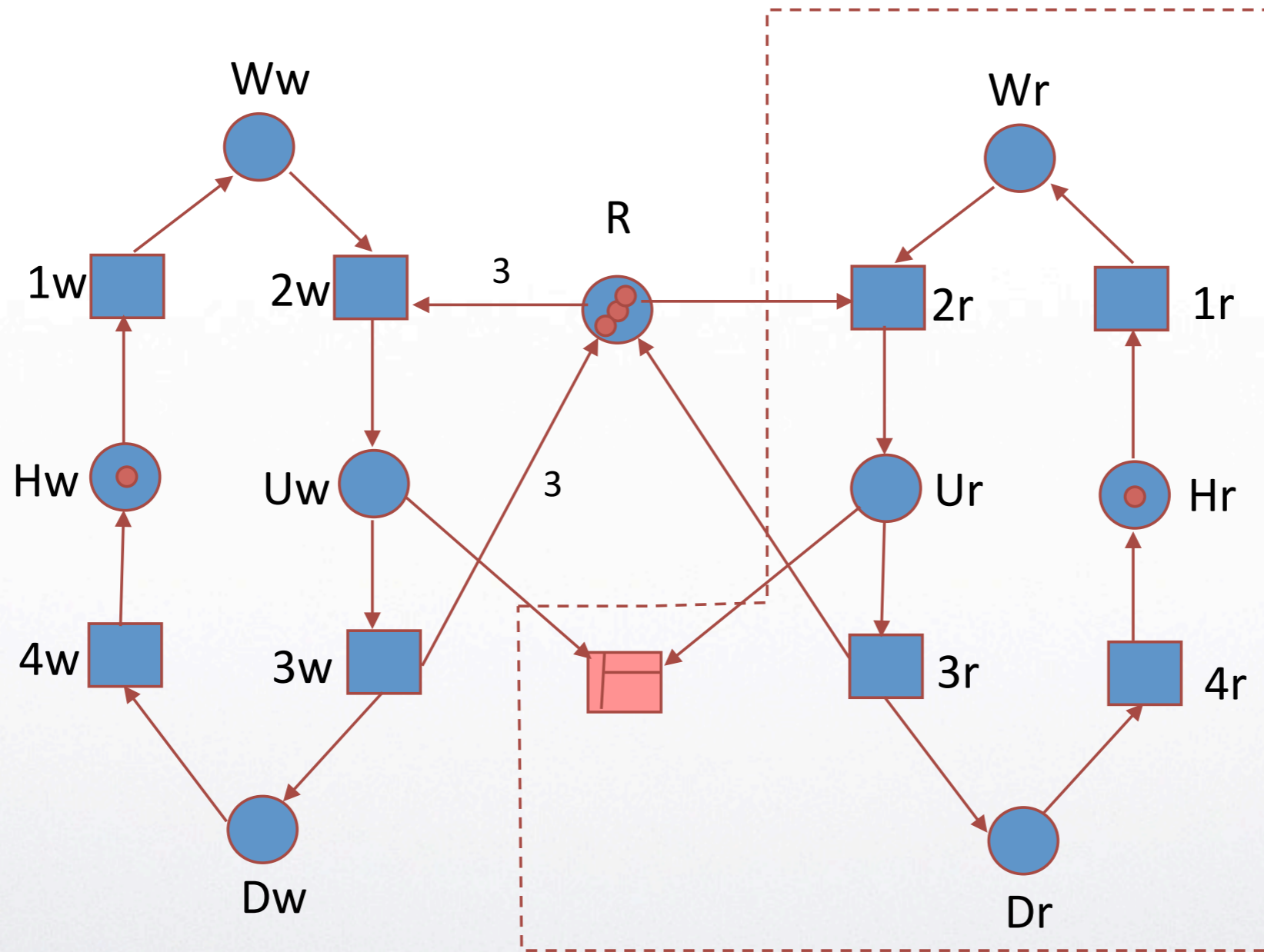
Usando multisetes



A rede do exemplo pode ser dobrada por simetria ou por replicação identificada. Isto implica ou ter um único processo que pode representar leitura ou escrita ou ter vários usuários de leitura (escrita) identificados.

Vamos então imaginar o problema de monitorar o serviço de leitura (escrita), onde os usuários pertencem ao conjunto $C = \{a, b, c\}$ e é possível funcionar em dois modos distintos: compartilhado (shared) ou exclusivo (exclusive).

Assim, temos outro tipo $M = \{s, e\}$.



Introduzimos então os predicados,

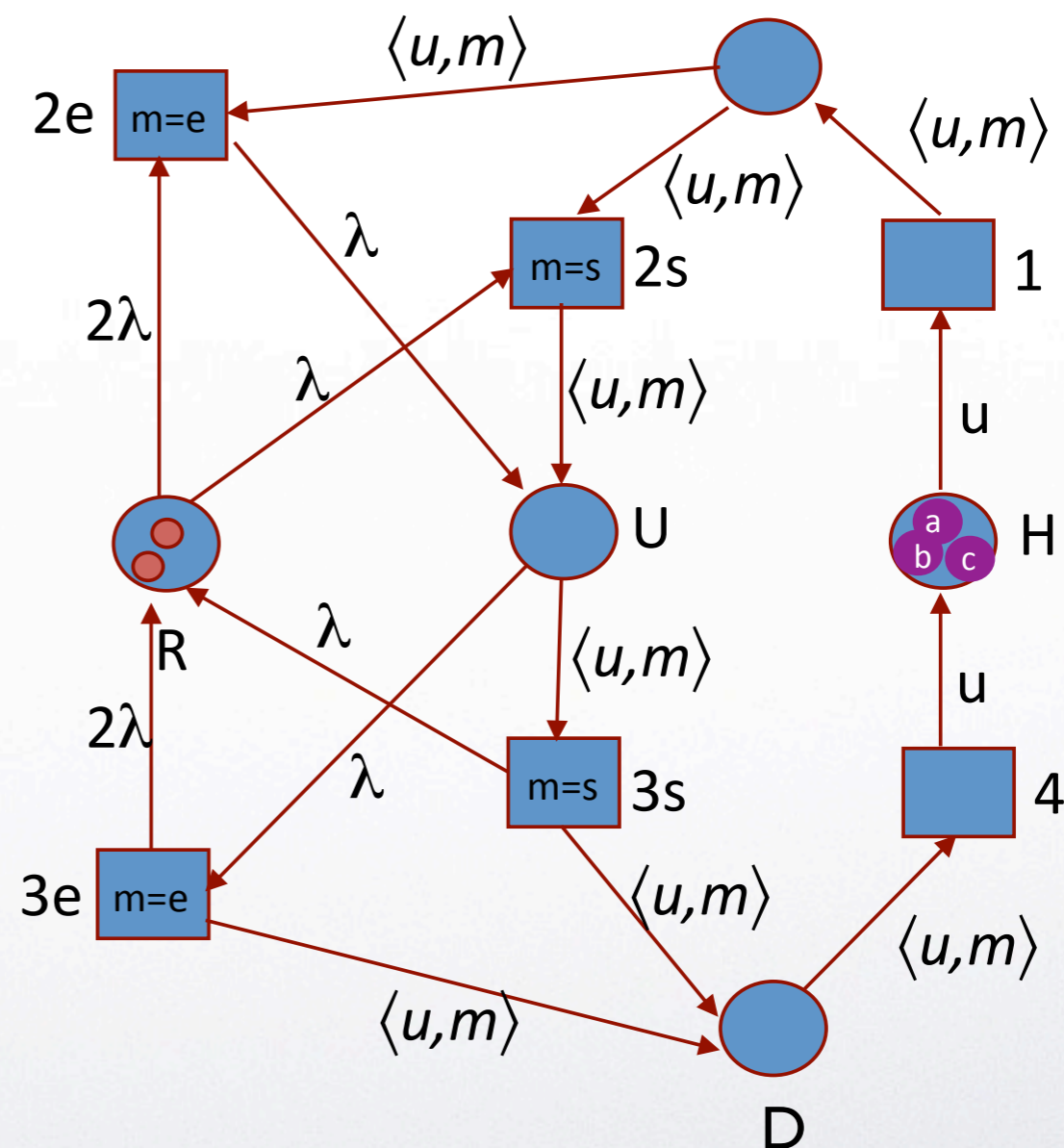
$H\langle u \rangle$: usuário u desocupado (hanging)

$W\langle u, m \rangle$: usuário u requisita recurso no modo m ;

$U\langle u, m \rangle$: usuário u utilizando recurso no modo m ;

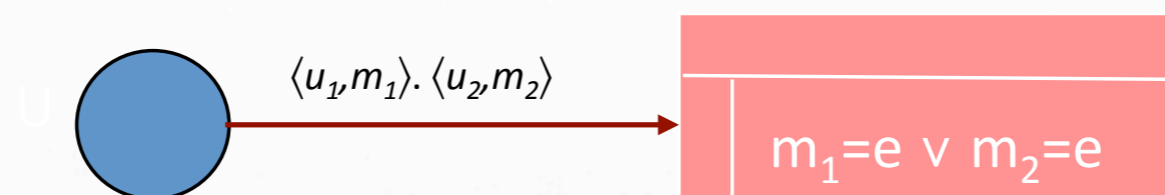
$D\langle u, m \rangle$: usuário u terminou de utilizar o recurso no modo m .

$R\langle \rangle$: número de vezes que o recurso está disponível



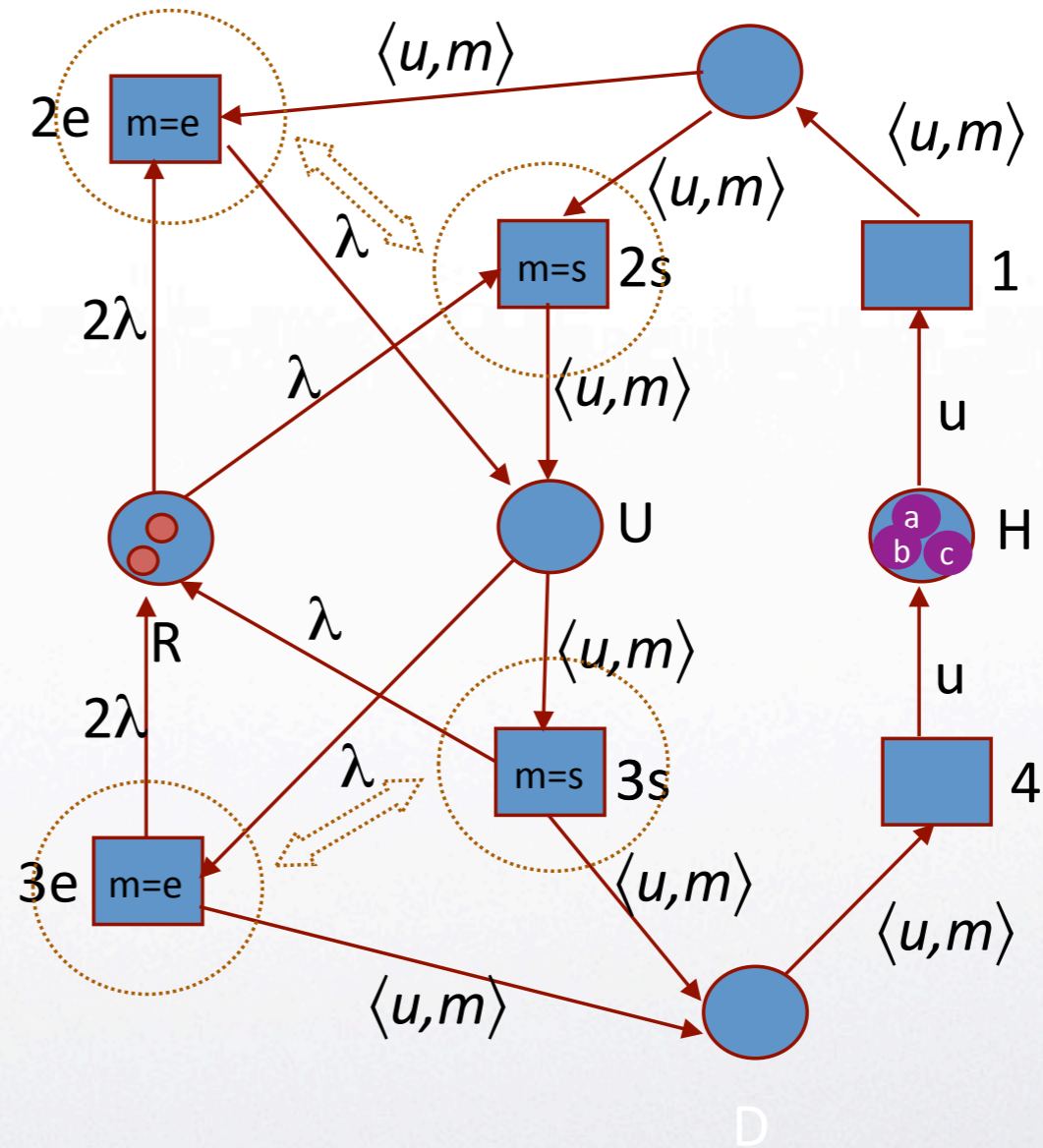
Facts

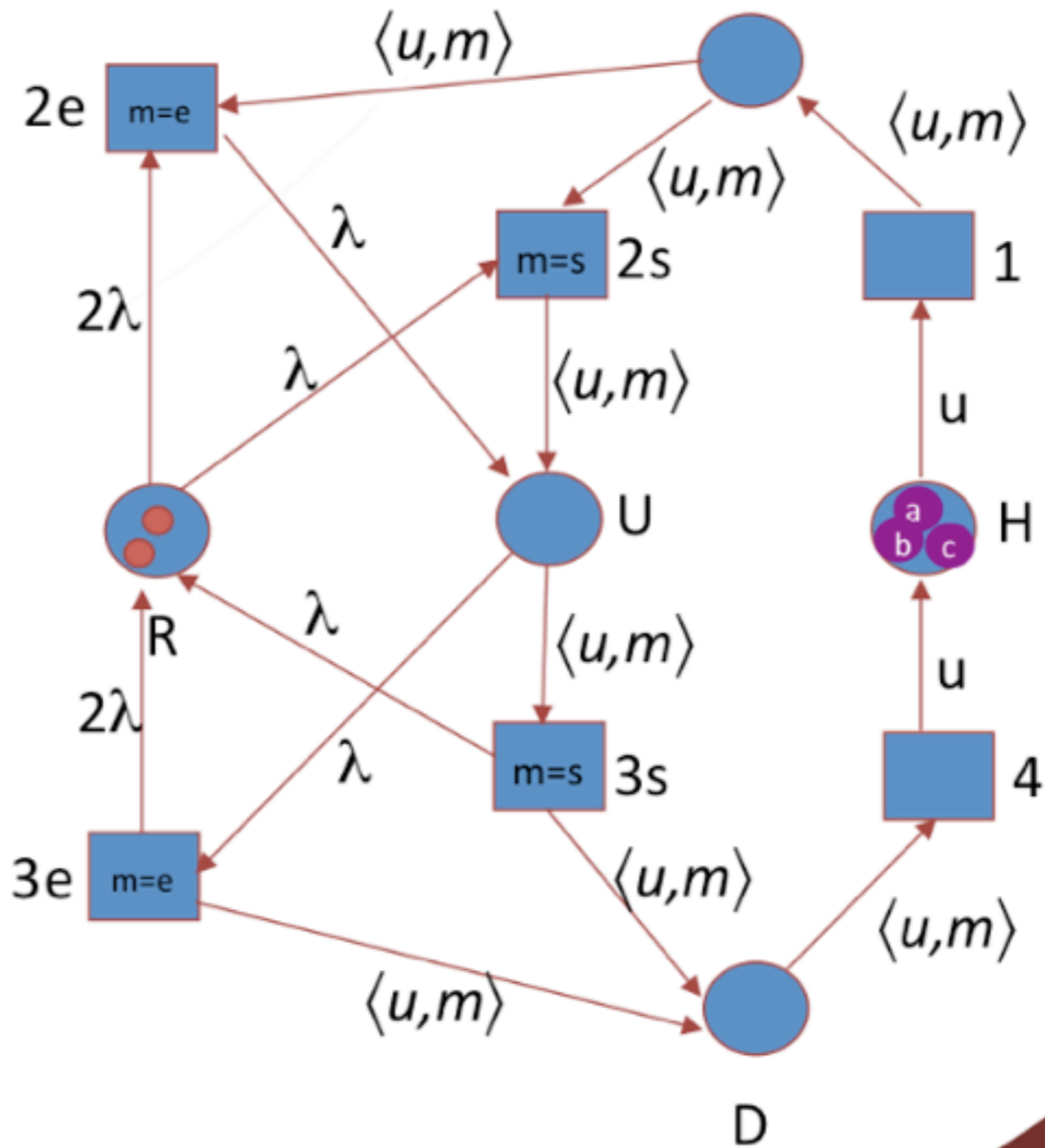
O invariante mostrado anteriormente pode agora ser representado por outro predicado:



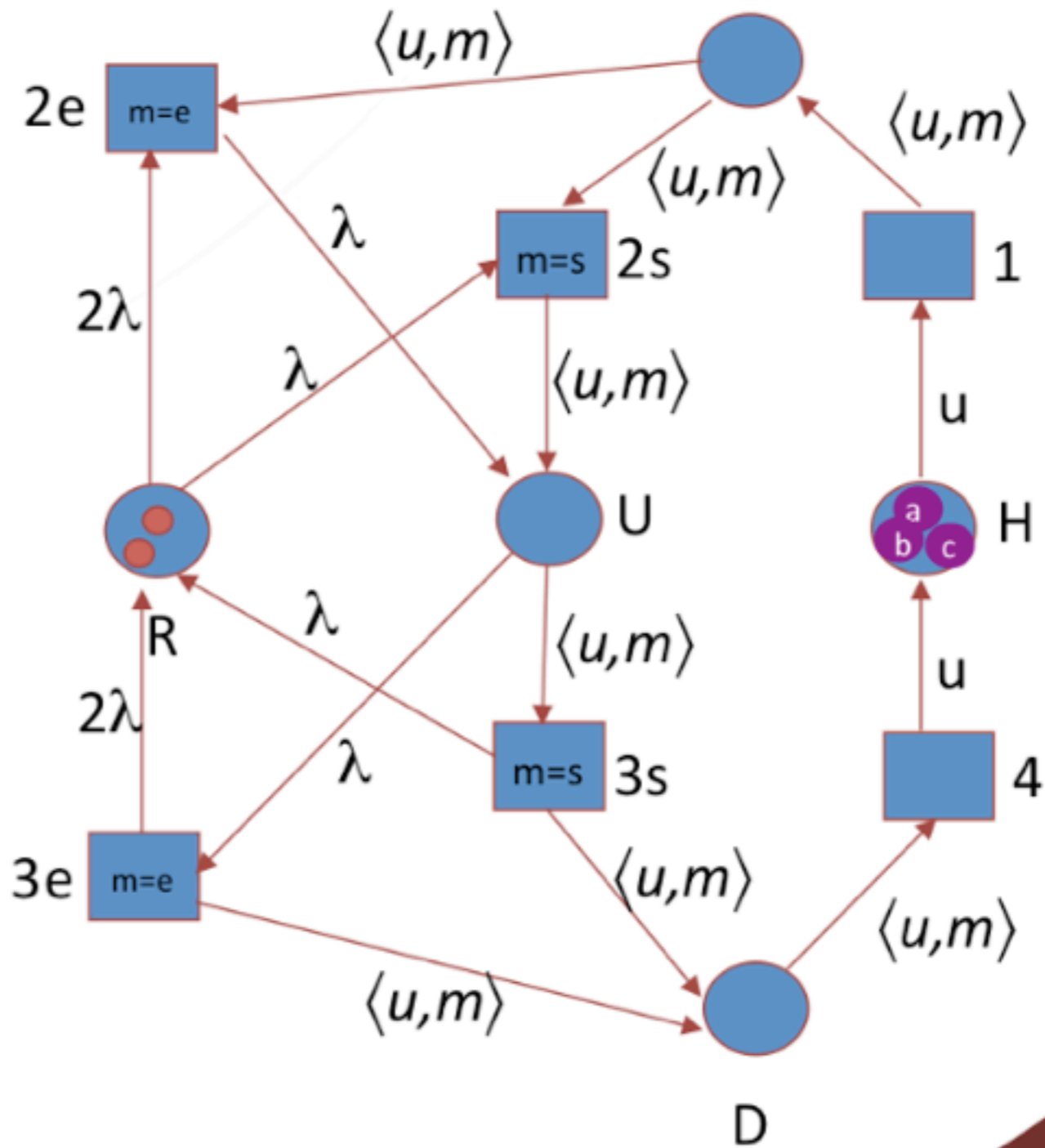
Teorema 4] Toda fórmula da lógica de primeira-ordem pode ser representada equivalentemente por transição morta de uma rede Pr/T com lugares de capacidade unitária (uma tupla não pode aparecer duas vezes em um dado lugar).

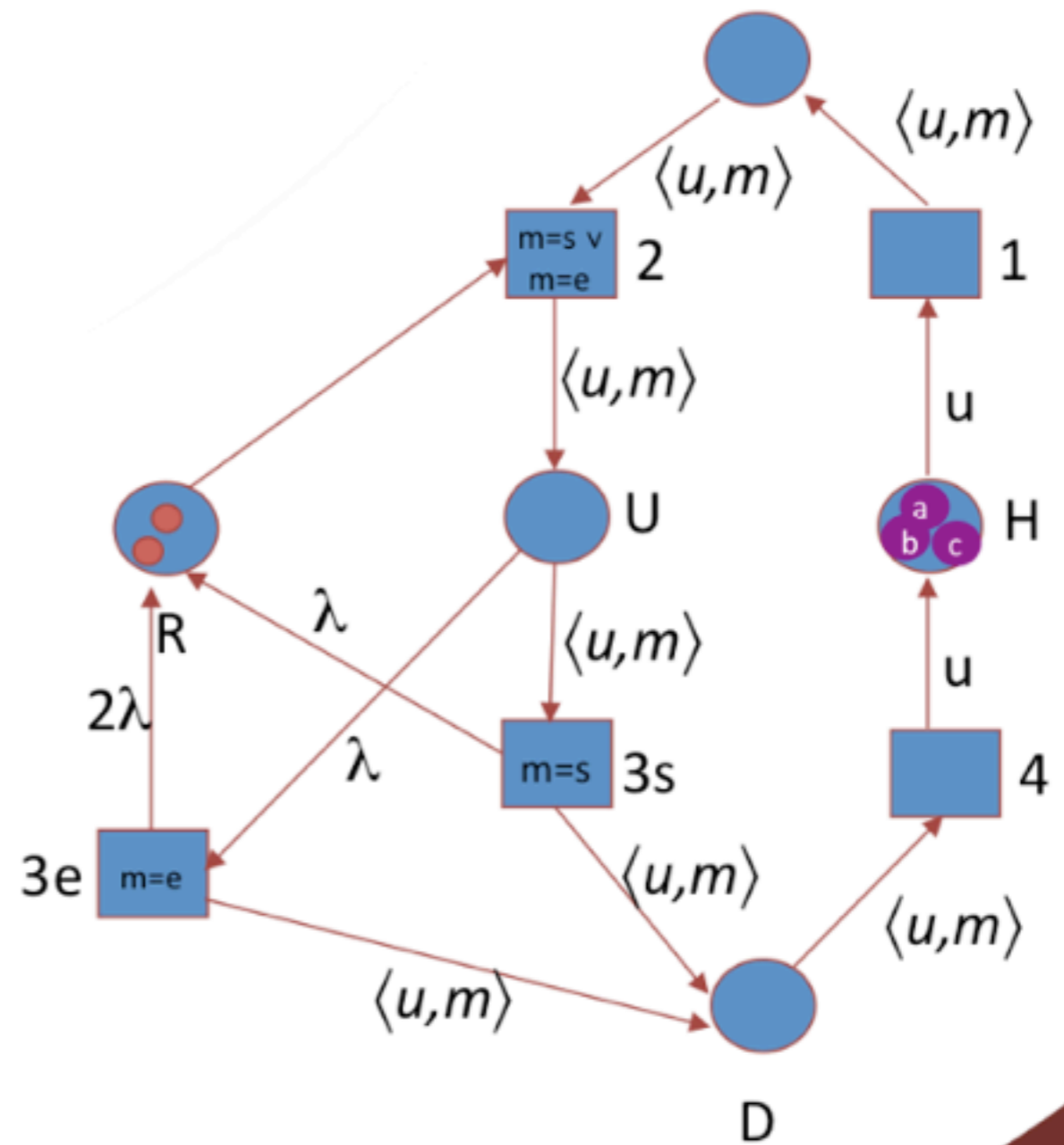
Seria possível reduzir ainda
Mais a representação?



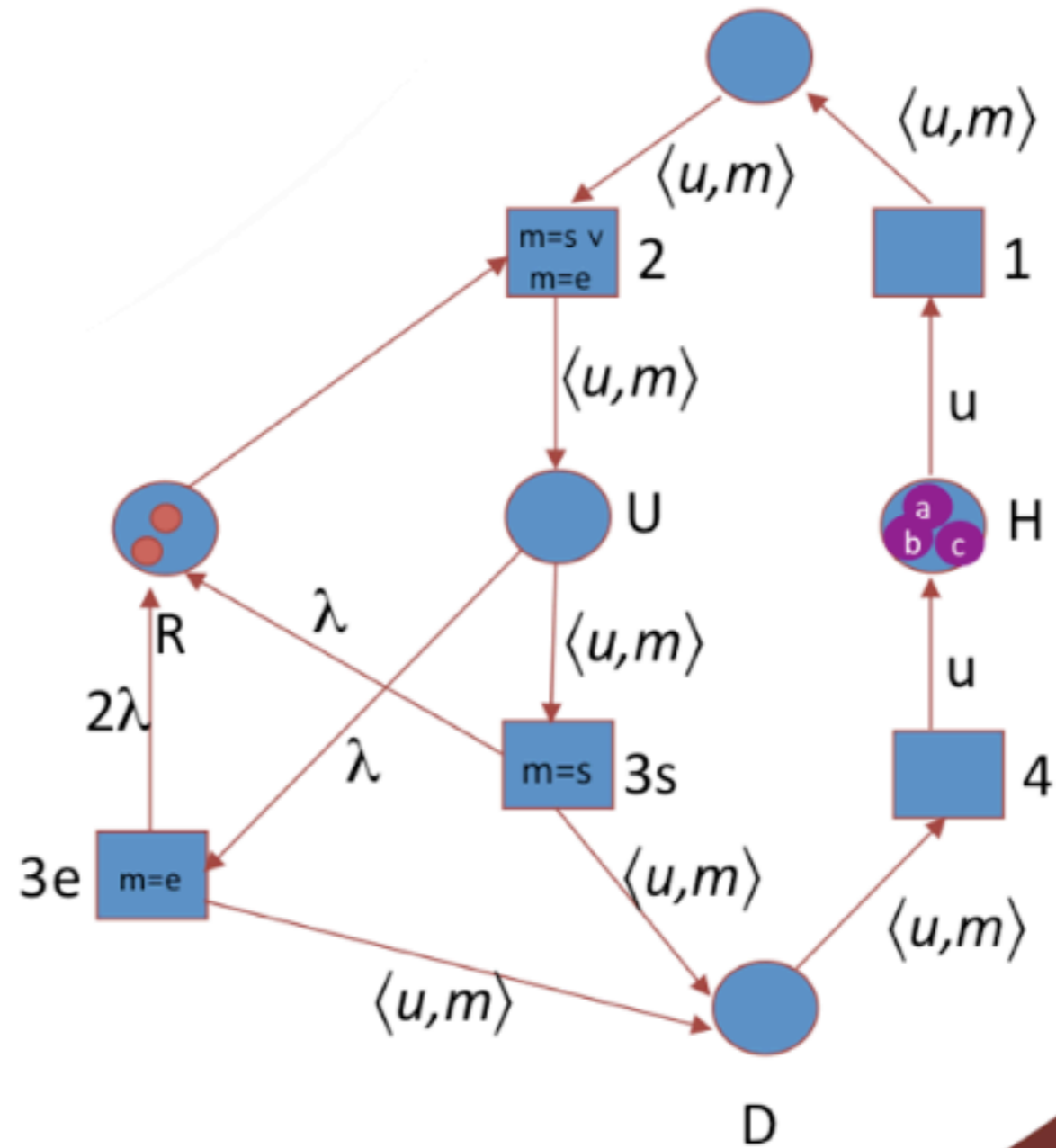


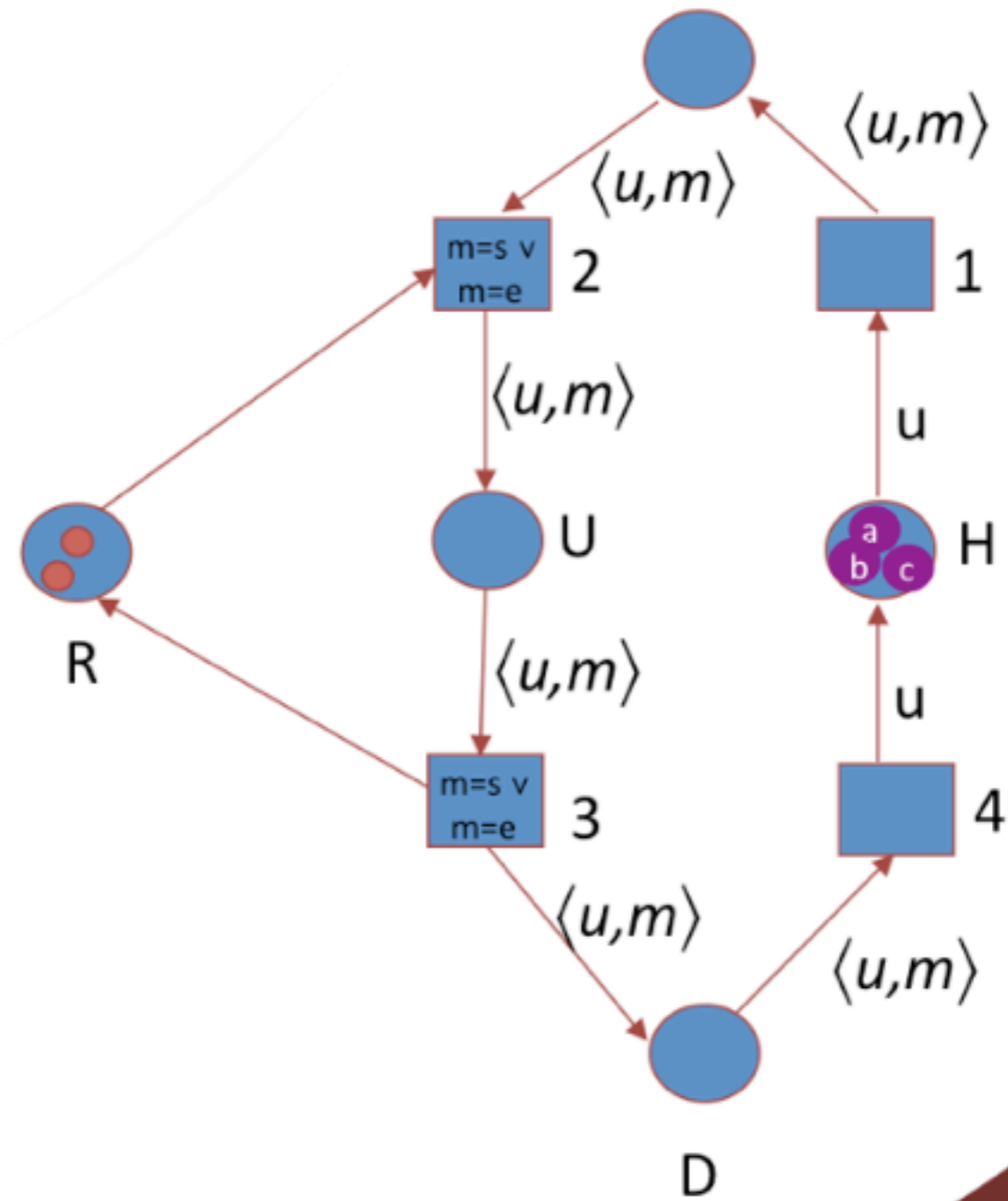
colapsando
as
transições
2e e 2s



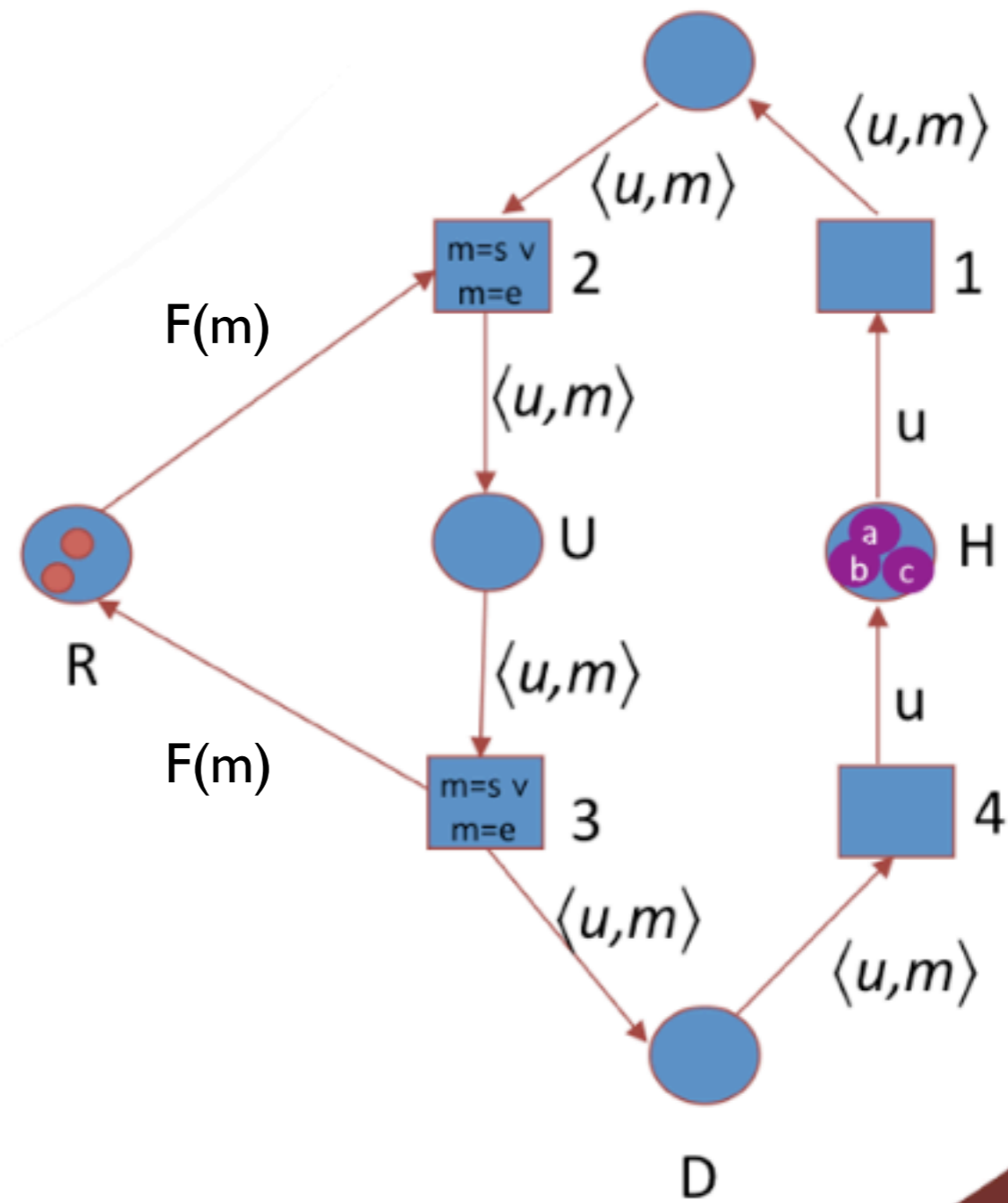


colapsando
agora as
transições
3e e 3s...





$$F(m) = \begin{cases} 1\lambda, & m=s \\ 2\lambda, & m=e \end{cases}$$



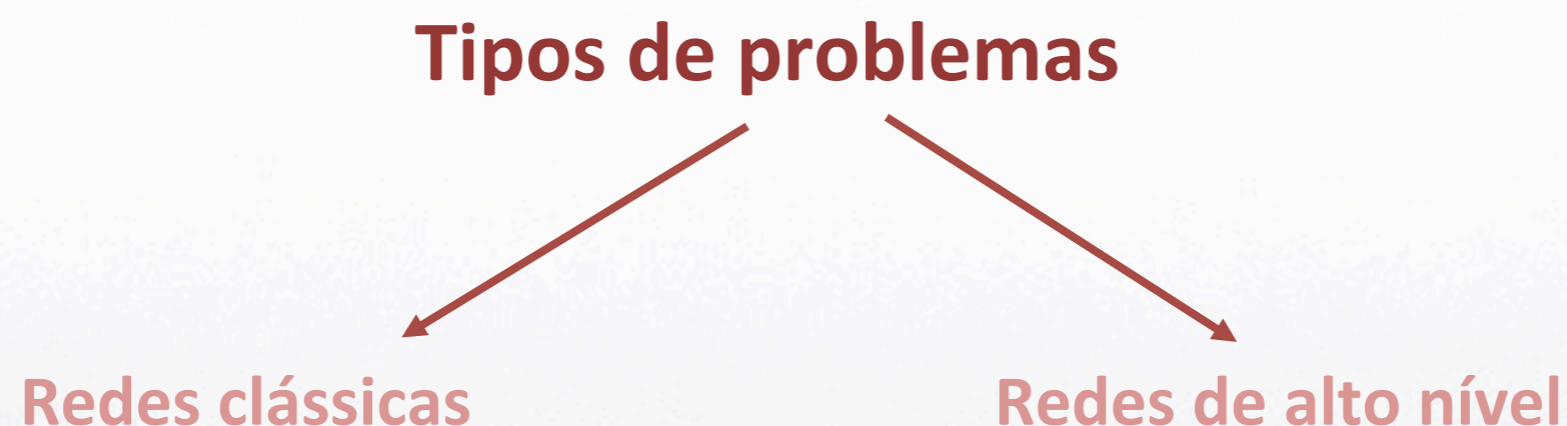
Definition 33

Uma rede Predicado-transição PrT, $(S, T; F, \Sigma, \mu, \mathfrak{S}, M_0, K)$ consiste de:

- 1) Uma estrutura de rede elementar $(S, T; F)$ onde as transições T passam a representar predicados;
- 2) Uma estrutura Σ composta por tipos (sorts), operadores e relações;
- 3) Um mapeamento μ de expressões bem formadas baseadas em multisets, dos elementos descritos acima no conjunto dos arcos da estrutura elementar, onde o comprimento da expressão está relacionado com a aridade dos predicados, e a aridade zero é representada pelo símbolo λ ;
- 4) Inscricões \mathfrak{S} compostas de fórmulas e predicados lógicos construídos com base nas operações e relações sobre a estrutura Σ , sendo que variáveis livres devem necessariamente aparecer no arco adjacente;
- 5) Uma marcação M_0 composta de predicados de S definidos sobre os multisets dos elementos referidos em (2);
- 6) Um mapeamento K sobre o conjunto S que associa a cada predicado (lugar) um majorante k do número de itens que este pode armazenar;



Se a forma de reconhecer simetria for sempre “visual”, como alegam alguns autores, valeria a pena optar por uma representação em redes de alto nível?



Não existe sistema fisicamente isolado

A relação do sistema com o seu **contexto** pode ser passiva ou ativa :

- passiva - o sistema troca apenas informação com o contexto
- ativa - o sistema interage com o contexto através de eventos internos, controláveis, e externos, que podem ser previstos mas não controlados por este.

O dilema do método

Estruturação do problema e da representação
+
disciplina hierárquica
(Van der Alst, Silva, Santos Fo.)

X

Organização por sub-sistemas autônomos cooperativos.
Abordagem orientada a objetos. (Silberstin Blanc Lakos, Bastide, Gudwin, Silva).

As alternativas

- Redes Coloridas (baseadas em conjuntos e na linguagem ML)
- Redes orientadas a objetos

- Redes estendidas



Redes Coloridas

- As marcas são divididas em conjuntos e separadas por tipo
- A área de declaração do sistema contém a identidade de cada variável assim como em declarações em ML
- Os arcos possuem inscrições e filtros que selecionam o tipo de marca que pode fluir por este arco.
- O comportamento dinâmico é dado pelo conjunto : grafo, inscrições e declaração.

Redes de Petri Convencionais

Linguagens Formais

Sincronização de
processos
concorrentes

Definição de Tipos
Manipulação
Sintaxe

**Kurt Jensen, An Introduction to the Practical Use of Coloured Petri
Nets, Lect. Notes in Comp. Science 1492, 1998.**

Já está disponível a Lista 3.

Para a próxima aula vocês devem fazer esta lista e mais uma seção do artigo final (milestone 3).



Kurt Jensen
Univ. of Aarhus, Denmark

An Introduction to the Practical Use of Coloured Petri Nets

Kurt Jensen

Department of Computer Science, University of Aarhus
Ny Munkegade, Bldg. 540, DK-8000 Aarhus C, Denmark

Phone: +45 89 42 32 34, Telefax: +45 89 42 32 55

E-mail: kjensen@daimi.aau.dk, WWW: <http://www.daimi.aau.dk/~kjensen/>

Abstract: The development of Coloured Petri Nets (CP-nets or CPN) has been driven by the desire to develop a modelling language – at the same time theoretically well-founded and versatile enough to be used in practice for systems of the size and complexity found in typical industrial projects. To achieve this, we have combined the strength of Petri nets with the strength of programming languages. Petri nets provide the primitives for describing synchronisation of concurrent processes, while programming languages provide the primitives for definition of data types and manipulation of their data values.

The paper focuses on the practical use of Coloured Petri Nets. It introduces the basic ideas behind the CPN language, and it illustrates how CPN models can be analysed by means of simulation, state spaces and condensed state spaces. The paper

Fim

