

PMR 5237

Modelagem e Design de Sistemas

Discretos em Redes de Petri

Aula 11: Voltando aos Métodos de modelagem

Prof. José Reinaldo Silva
reinaldo@poli.usp.br



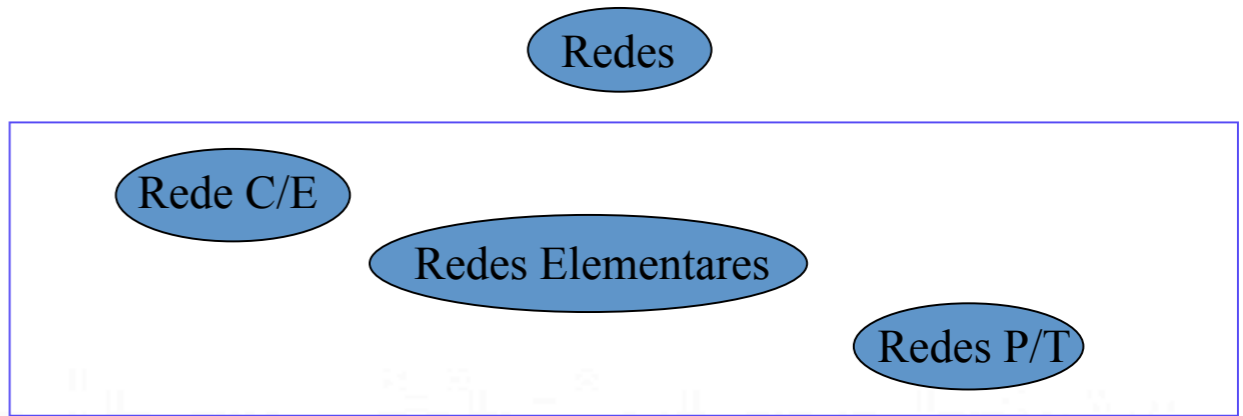
Overview

Apresentamos as redes de Petri como um esquema e uma representação formal para a modelagem e análise de sistemas e processos discretos, pertinentes a uma larga gama de domínios. Em particular, quase 70% dos sistemas automatizados acabam caindo nesta categoria, e o futuro nos reserva ainda possibilidade de ampliação deste escopo com a difusão dos “sistemas de serviço”.

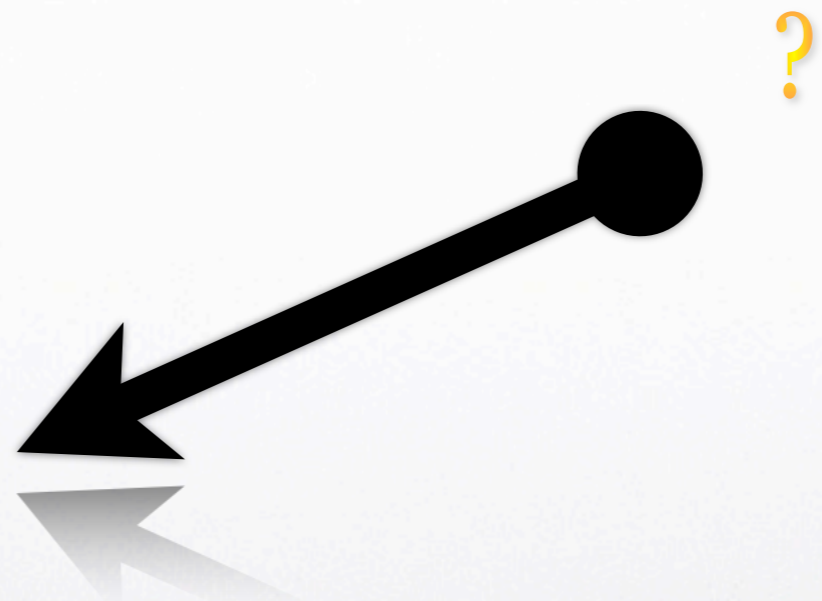
O importante é no entanto a introdução do formalismo de redes de Petri, que como vimos pode ser dividido em dois grandes grupos: o das redes diatas clássicas; o das redes de alto nível; e o das redes estendidas.



Redes de Petri



Redes Clássicas Redes P/T (seriam o padrão)
Redes de Alto Nível (HLPNs, Redes Coloridas, etc)
Redes Estedidas Redes com elementos estenditos (gates, pseudo-lugares, etc.) Redes hierárquicas Redes Orientadas a Objetos

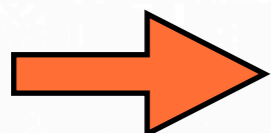


Modelagem de Sistemas Discretos

- Síntese da rede;
- Procedimentos de redução;
- Análise da rede (atingibilidade, deadlock, etc.);
- Simulação.



Modelagem de Sistemas Discretos



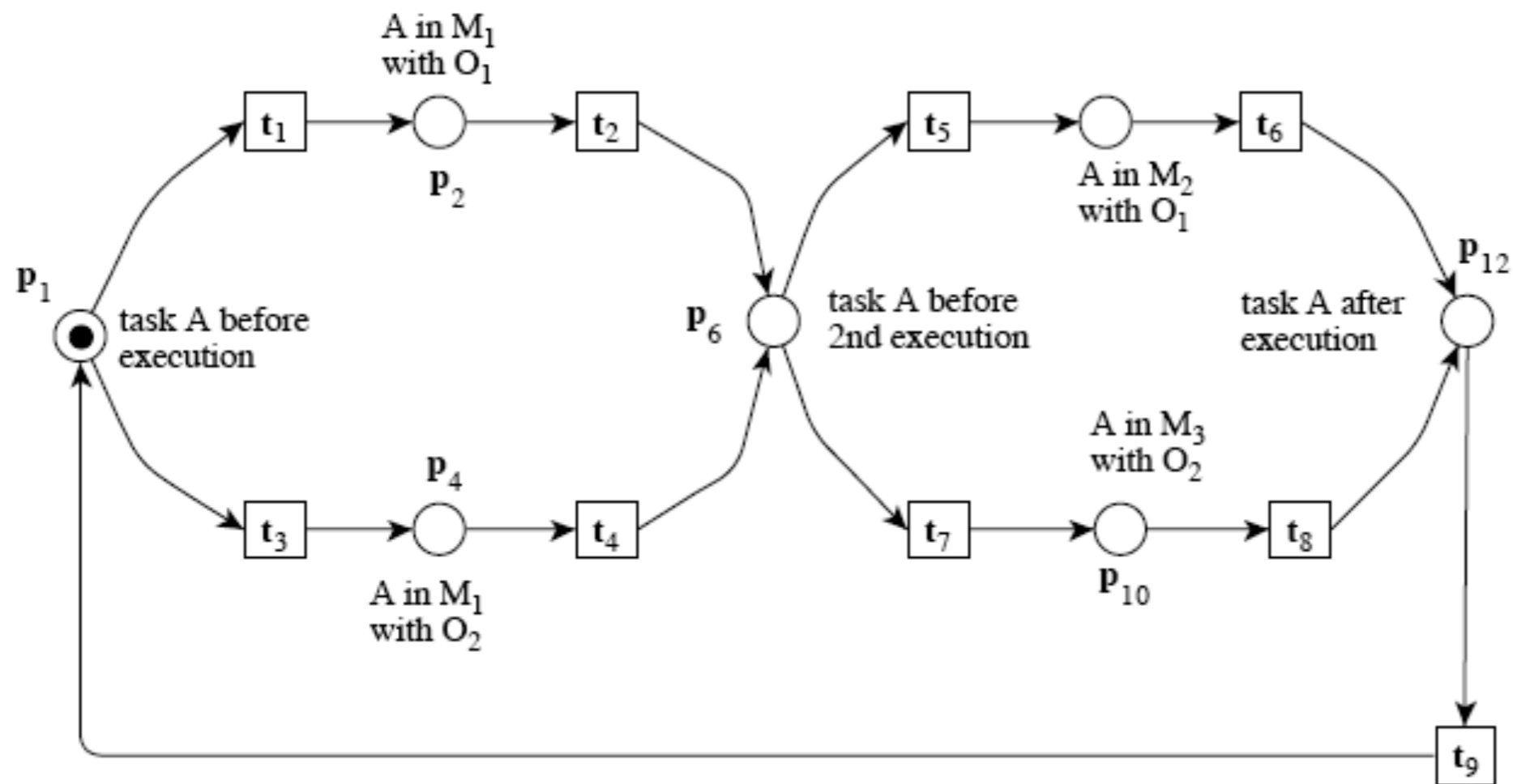
- Síntese da rede;
- Procedimentos de redução;
- Análise da rede (atingibilidade, deadlock, etc.);
- Simulação.

Procedimento de modelagem e análise

Requisitos do problema: *Seja um sistema de manufatura simples, composto de 3 máquinas DNC: M1, M2 e M3. Estas máquinas podem executar duas operações diferentes, O1 e O2, de modo que O1 pode ser executado nas máquinas M1 e M2 mas não simultaneamente. Similarmente, O2 pode ser executado em M1 e M3 mas não simultaneamente.*



Uma forma de tratar o problema é em primeiro lugar modelar a sequência de operações, sem levar em conta nenhuma restrição e nenhum recurso.



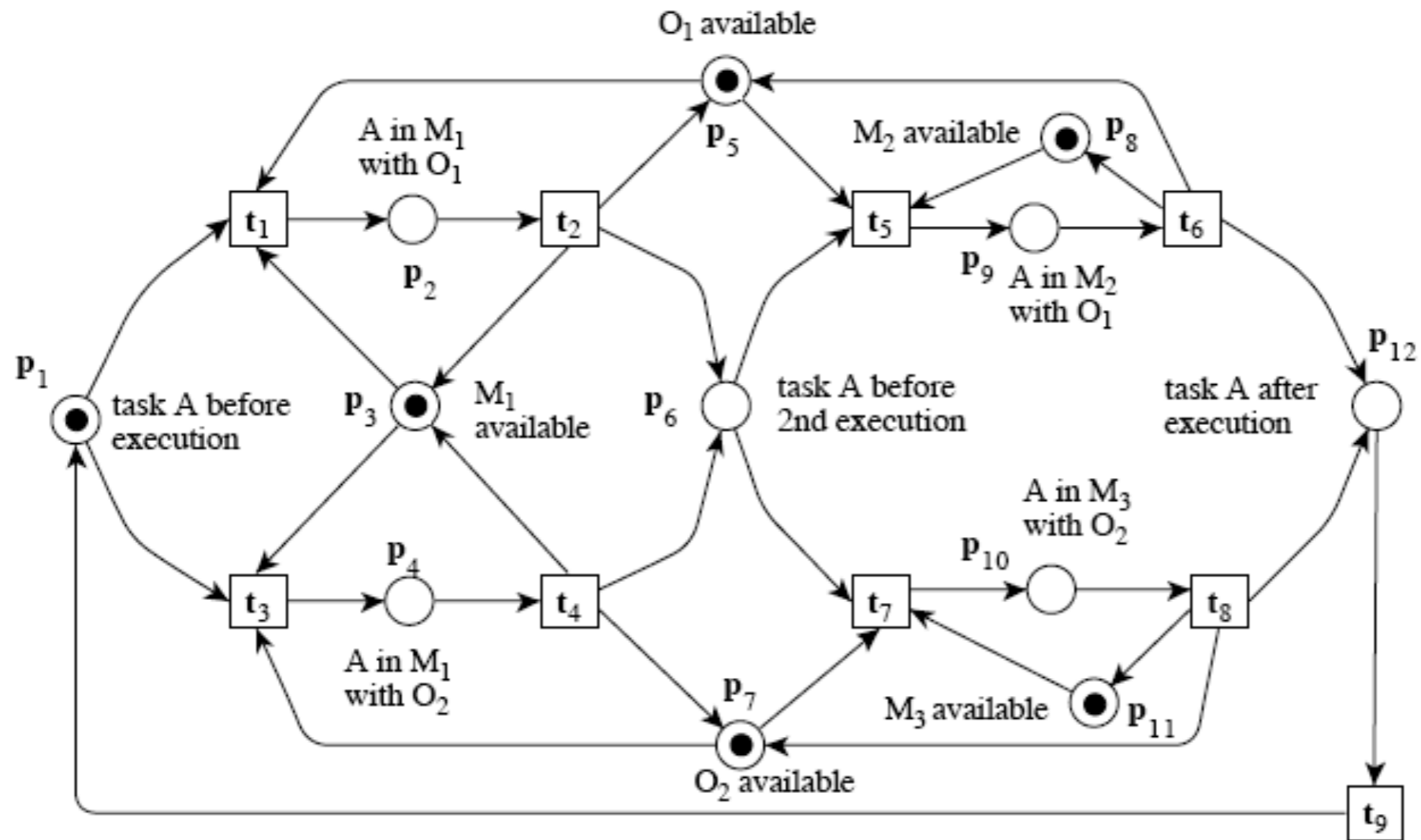
Giraud, C. and Valk, R.; Petri Nets for Systems Engineering, Springer-Verlag, 2003

Análise

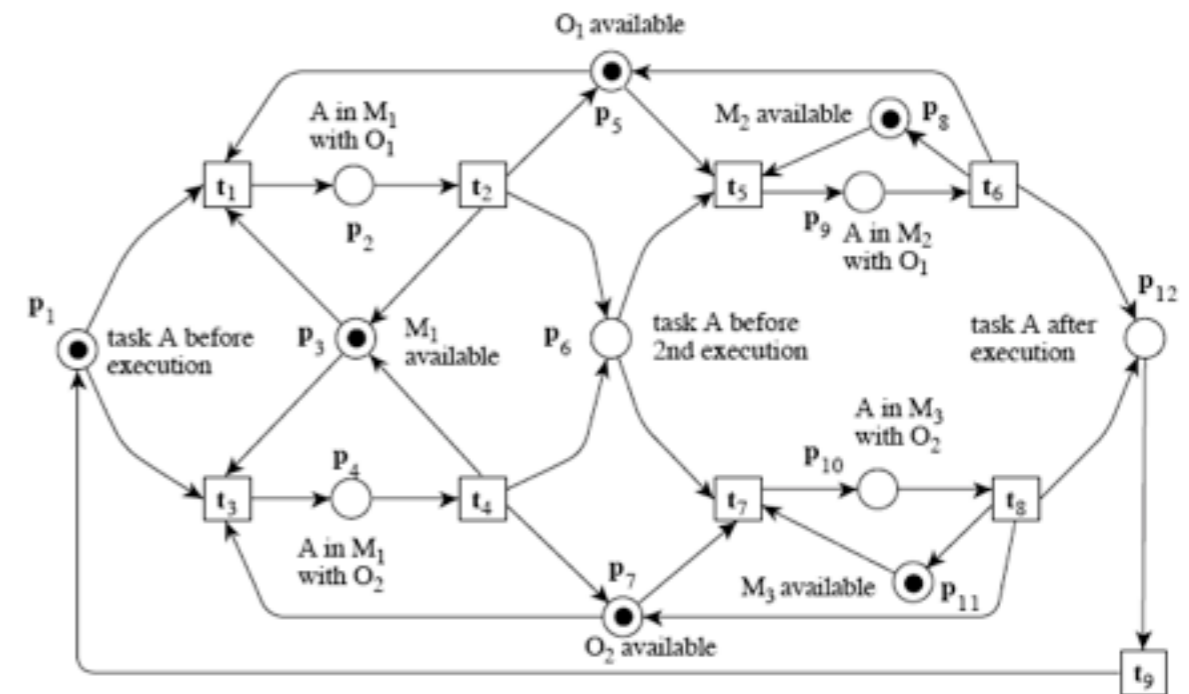
O sistema é cíclico, e permite a combinação das operações em qualquer ordem (e portanto o sistema estaria preparado para implementar qualquer receita de peça). O sistema é conservativo, de modo que cada peça seria representada por uma marca que deve estar em algum dos lugares já especificados.

Na especificação de requisitos, os recursos são representados pela disponibilidade das máquinas e pela sua capacidade de executar cada uma das operações. Uma vez feita a parte sequencial da rede devemos agora introduzir estas restrições, que devem alterar a rede ou a sucessão de estados desta.

Introduzindo os recursos, segundo a especificação de requisitos já apresentada, temos:



Análise de Invariantes

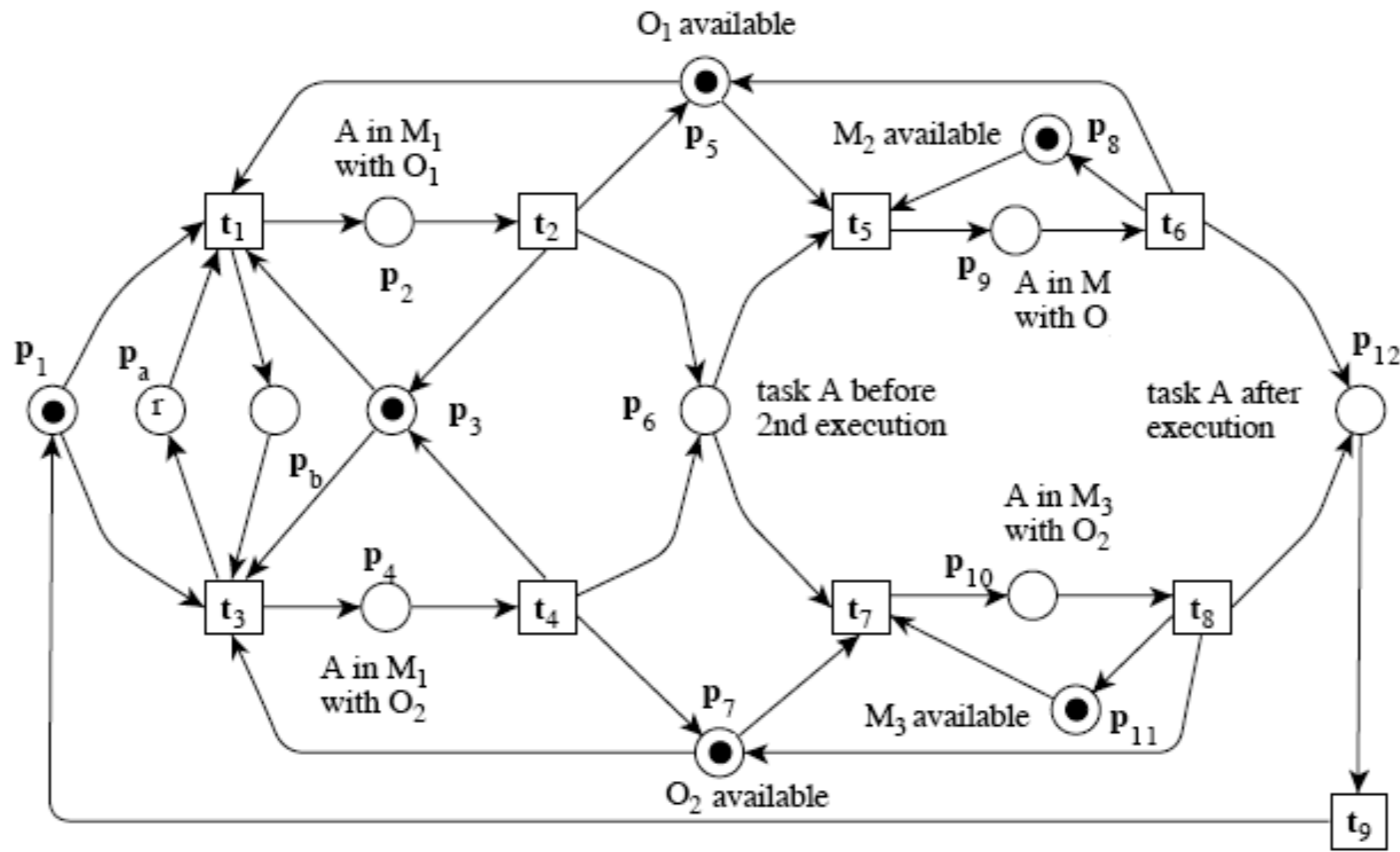


Análise de invariantes

Os invariantes podem ser analisados e servir como forma de verificação para o atendimento dos requisistos

- i) $m[p_2] + m[p_5] + m[p_9] = 1;$
- ii) $m[p_4] + m[p_7] + m[p_{10}] = 1;$
- iii) $m[p_2] + m[p_3] + m[p_4] = 1;$
- iv) $m[p_1] + m[p_2] + m[p_4] + m[p_6] + m[p_9] + m[p_{10}] + m[p_{12}] = c$

Introduzindo Sincronização



Distância Síncrona

Definition 45

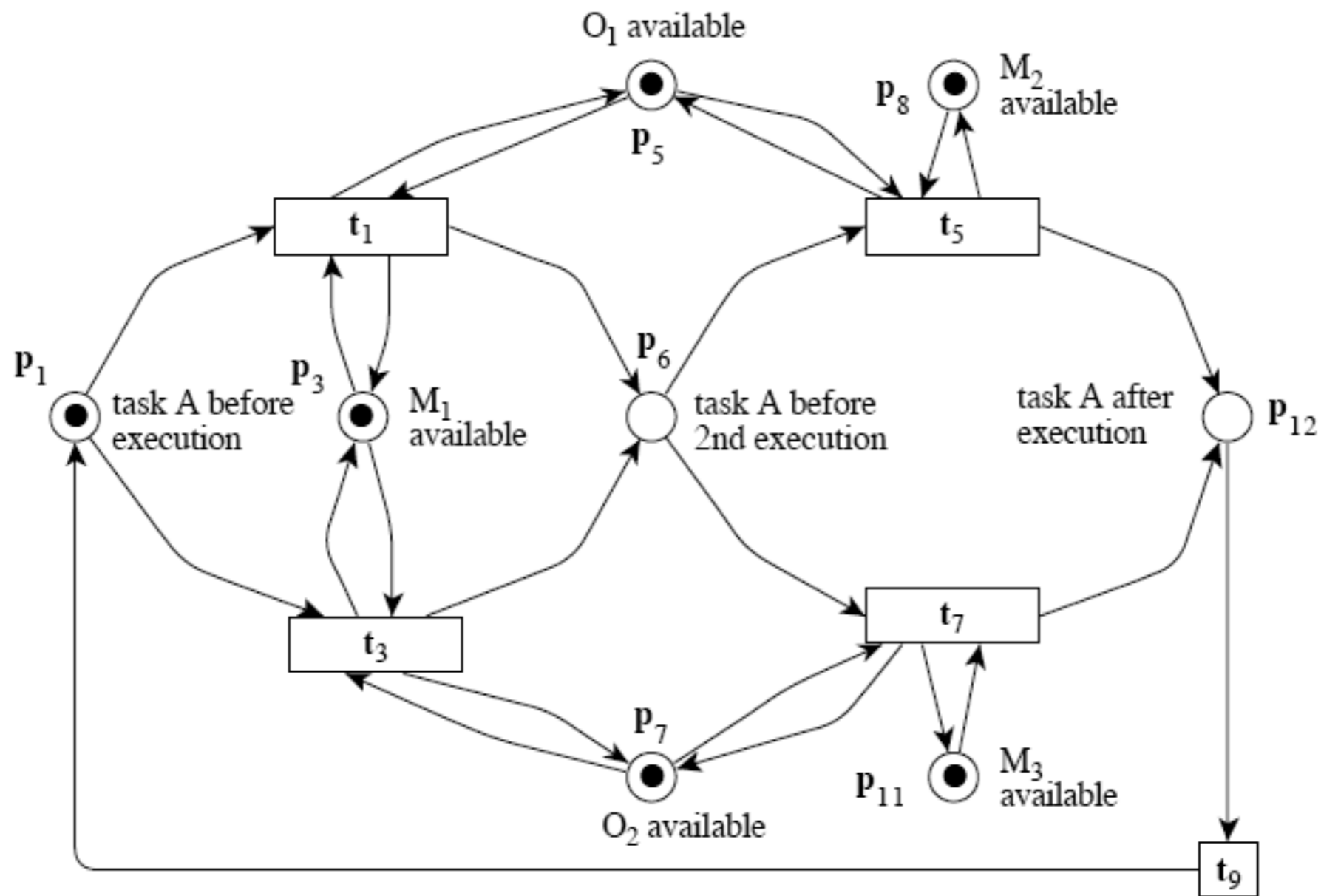
Define-se como a distância síncrona entre duas transições t_1 e t_2 de uma rede P/T (N, M_0) , ao número inteiro,

$$d_{1,2} = \max |\bar{\sigma}(t_1) - \bar{\sigma}(t_2)| ,$$

onde $\bar{\sigma}(t_i)$ é a variância no número de disparos de t_i .



Reduções



Dobramentos (folding)

Um dobramento seria plenamente justificável se, para este exemplo, tivérmos agora diferentes tipos de peças para fabricar onde cada tipo delas denota uma receita diferente, isto é, uma sucessão diferente de operações. Neste caso os conflitos da rede deveriam ser resolvidos com o tipo da peça.



Buscando um processo de projeto

Nos casos em que intuitivamente temos um sistema que é plenamente representado por uma rede clássica, e, mais do que isso, onde este modelo é facilmente e completamente interpretado modelo, é fácil de entender que somente uma demanda por múltiplos casos de simetria ou dobramento nos levaria a apelar para um sistema de alto nível.

No exercício que acabamos de ver poderíamos introduzir vários tipos de peça no processo de fabricação, cuja “receita” seria dada por diferentes combinações das operações utilizadas operando nas diferentes máquinas. Neste caso seria bastante atraente a distinção de marcas por tipos. Mas será esta a sequência adequada em todos os casos?



Requisitos: o início de um grande problema

Certamente o início de todo projeto bem sucedido é a eliciação de um conjunto de requisitos que descreve com precisão as funcionalidades do sistema que deve ser modelado e implementado. Portanto para se chegar a um processo de projeto que termine na modelagem do sistema em Redes de Petri é preciso ter em conta de que este projeto deve começar com uma boa representação de requisitos. A representação mais usada e difundida para isso é com certeza a UML.



Análise de Requisitos, Síntese de redes, Building blocks

Uma hipótese bastante tentadoras seria ter um processo de projeto que pudesse ser reduzido a uma sequencia de transformações de transferência semântica entre linguagens, começando pela UML. Uma rede de Petri derivada de um ou mais diagramas UML poderia servir de base para um processo de **análise destes requisitos** e mais tarde com as devidas mudanças inseridas resultar no modelo do sistema.

Este processo poderia perfeitamente ser combinado com o método conhecido como **building blocks** onde várias partes da rede poderiam ser sintetizadas como descrito no parágrafo acima até se ter, por composição o sistema completo.



Partindo dos Casos de Uso

Casos de uso podem ser representados segundo uma forma diagramática como proposto em (Silva e Santos, 2004)

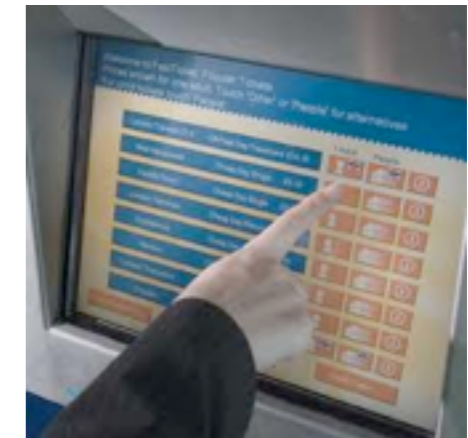
Symbol	Description
●	Start of a process (Use Case)
⊙	End of a process (Use Case)
→	Start of an event of basic flow of process
↳	Start of an event of alternative flow of process
◇	Start of a conditional event
~ ⁿ	Jump of current iteration to iteration ⁿ
	Sequence of concurrent events

Silva, J.R. e Santos, E.A.; Applying Petri Nets to Requirements Validation, ABCM Symposium Series in Mechatronics, vol 1, pp. 508-517.



Um exemplo: o caixa eletrônico

Caso de uso textual



1. Initiate Withdraw – Customer inserts bank’s card in the card reader on the ATM machine
2. Verify Bank Card – The ATM reads the account code from the magnetic strip on the bank card and checks if it is an acceptable bank card
3. Enter PIN – The ATM asks for the customer’s PIN code (4 digits)
4. Verify PIN – The account code and PIN are verified to determine if the account is valid and if the PIN entered is the correct PIN for the account. For this flow, the account is a valid account and the PIN is the correct PIN associated with this account
5. Select Withdraw – The ATM displays the different alternatives available at this ATM. In this flow, the bank customer always selects “Cash Withdraw”
6. Enter Amount – The ATM asks for the amount to withdraw. For this flow the customer selects a pre-set amount (\$10, \$20, \$50, or \$100)
7. Authorization – The ATM initiates the verification process with the Banking System by sending the Card ID, PIN, Amount, and Account information as a transaction. For this flow, the Banking System is online and replies with the authorization to complete the cash withdrawal successfully and updates the account balance accordingly
8. Dispense – The Money is dispensed
9. Receipt – The receipt is printed and dispensed. The ATM also updates the internal log accordingly
10. Return Card – The Bank Card is returned

1 ● Initiate Withdraw – Customer inserts bank’s card in the card reader on the ATM machine; (

1.1 ◇ Is the card valid? – Verify Bank Card – The ATM reads the account code from the magnetic strip on the bank’s card and checks if it is an acceptable card;

1.1.1 ↪ Send message of invalid card – If the card isn’t an acceptable card, send an appropriate message. ~1.9

1.2 → Enter PIN – The ATM asks for the customer’s PIN code (4 digits);

1.3 ◇ Is PIN Correct? – Verify PIN – The account code and PIN are verified to determine if the account is valid and if the PIN entered is the correct PIN for the account;

1.3.1 ◇ Is the account valid? – Verify account code – The account code is verified;

1.3.1.1 ↪ Send message of invalid account – The Banking system returns a code indicating the account could not be found or is not an account which allows withdrawals. ~1.9

1.3.2 ◇ Is the final try? – Checks the number of tries – The customer has three tries to enter the correct PIN;

1.3.2.1 ↪ Send message of incorrect PIN – The ATM send an appropriate message. ~1.2

1.3.3 ↪ Retain card – on the final try the card is retained, ATM returns to Ready State, and this use case terminates. ~2

1.4 ◇ Have money the ATM? – Select Withdraw – The ATM displays the different alternatives available at this ATM. In this flow, the bank customer always selects “Cash Withdraw”;

1.4.1 ↪ Send message ATM out of Money – If the ATM is out of money, the “Cash Withdraw” option will not be available. ~1.4

1.5 ◇ Sufficient funds and does not exceed the daily limit? – Enter amount – The ATM asks for the amount to withdraw. For this flow the customer selects a pre-set amount (\$10, \$20, \$50, or \$100);

1.5.1 ◇ Sufficient funds? – Check sufficient funds – Check if the funds are sufficient;

1.5.1.1 ↪ Send message insufficient funds in ATM – The ATM contain insufficient funds to dispense the requested amount. ~1.5


```

<BF> ::= <initial> { <event> } <final> { <AF> }
<initial> ::= <label> "●" <title> "-" <description> ";" "("
<label> ::= <number> { "." <number> }
<number> ::= <sequential_number>
<title> ::= <string>
<description> ::= <string>
<string> ::= <any_character> { <any_character> }
<event> ::= [ <eventB> | <eventA> ]
<eventB> ::= <labelB> [ ( "→" <title> "-" <description> ";" ) |
                        ( "◇" <condition> "-" <title> "-" <description> ";" <eventA>
                          ) ] { <eventB> } |
            "||" "(" <eventB> { <eventB> } ")" "(" <eventB> { <eventB> } ")" "||" {
            <eventB> }
<labelB> ::= <label> "." <number>
<condition> ::= <string>
<eventA> ::= <labelA> [ ( "↳" <title> "-" <description> <branch> ) |
                        ( "◇" <condition> "-" <title> "-" <description> ";" <eventA>
                          ) ] { <eventA> }

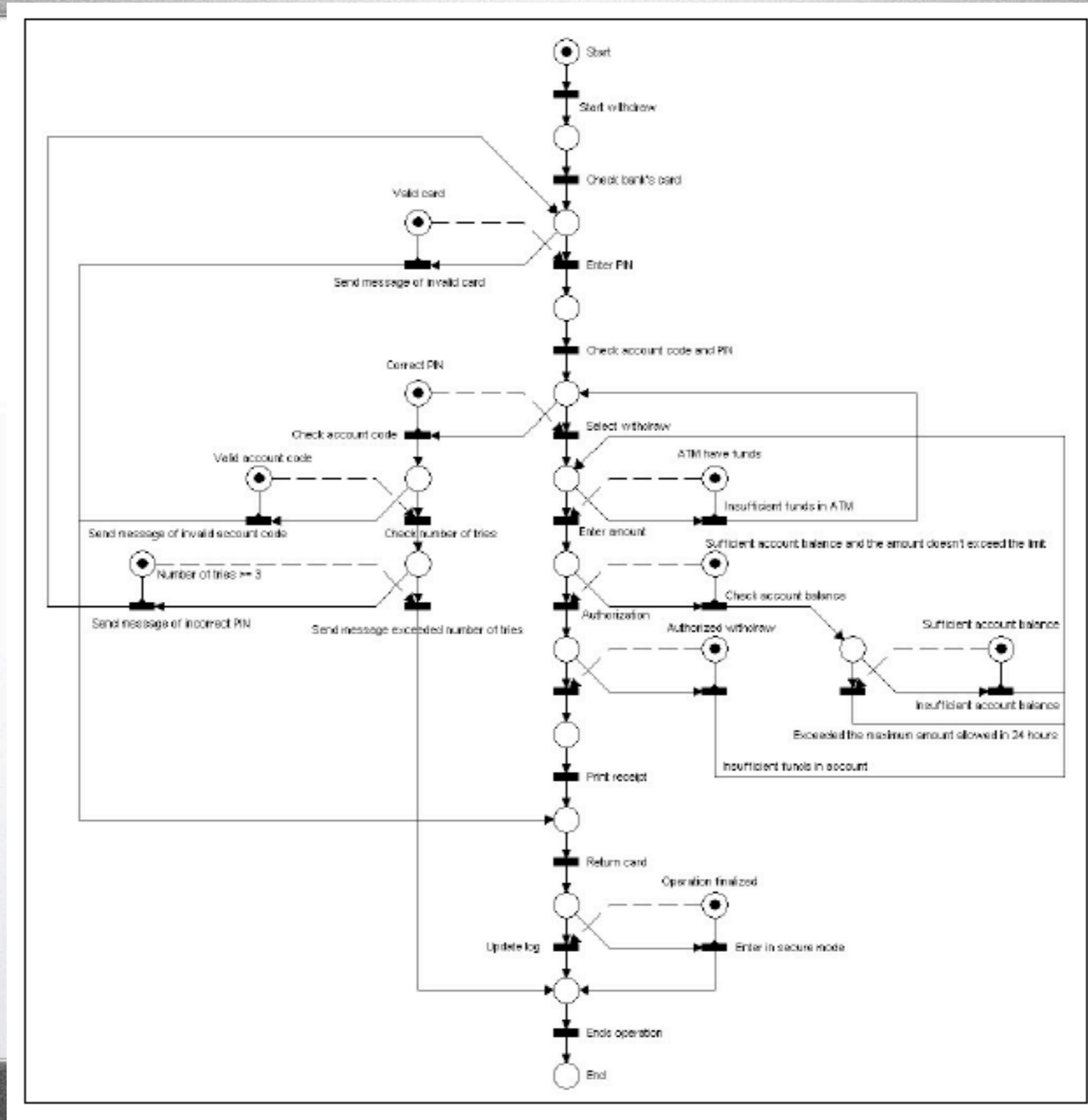
<labelA> ::= <labelB> "." <number>
<branch> ::= "~" [ <label> | <labelB> ]
<final> ::= ")" <label> "◎" <title> "-" <description> ";"
<AF> ::= <eventUA>
<eventUA> ::= <label> "↳" <title> "-" <description> <branch> { <eventUA> }

```

Where:

- eventB → Event of Basic flow
- labelB → Event id of Basic flow
- eventA → Alternative Event of Basic flow
- labelA → Alternative Event id of Basic flow
- eventUA → Unconditional Event of Alternative Event
- labelUA → Unconditional Event id of Alternative Event

Event	BNF notation	Petri net segment
Initial	$p \bullet \text{Title} - \text{Description}; ($	<p>Start</p>
Basic	$p \rightarrow \text{Title} - \text{Description};$	
Basic conditional and alternative normal ¹	$p \diamond \text{Condition} - \text{Title} - \text{Description};$ $a \hookrightarrow \text{Title} - \text{Description} \sim p'$	
Alternative conditional and normal	$a \diamond \text{Condition} - \text{Title} - \text{Description};$ $a' \hookrightarrow \text{Title} - \text{Description} \sim p'$	



Um novo exemplo: atendimento em um posto de gasolina

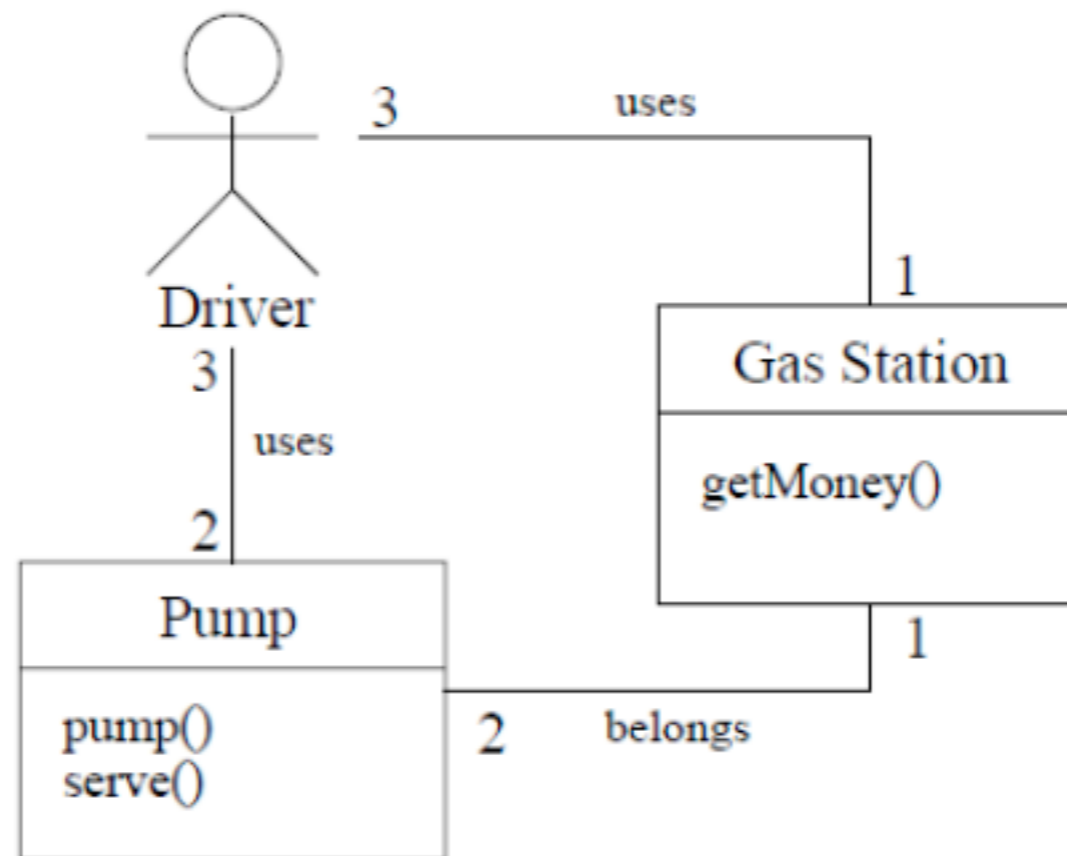
Neste problema um certo número de clientes (motoristas) utilizam um mesmo posto de gasolina, que dispõe de duas bombas para atendê-los. O processo seguro demanda que os motoristas paguem antecipadamente pela quantidade especificada de combustível (especificado pelo custo ou pelo número de litros). O caixa programa uma das bombas para atender este cliente que deve usar a bomba que lhe foi indicada e servir-se.

Este problema pode também ser analisado por uma rede estendida temporizada.

Baresi, L. and Pezze, M., 2001. "Improving UML with petri nets". In UNIGRA 2001, Uniform Approaches to Graphical Process Specification Techniques (a Satellite Event of ETAPS 2001). Elsevier, Vol. 44 of Electronic Notes in Theoretical Computer Science, pp. 107–119.



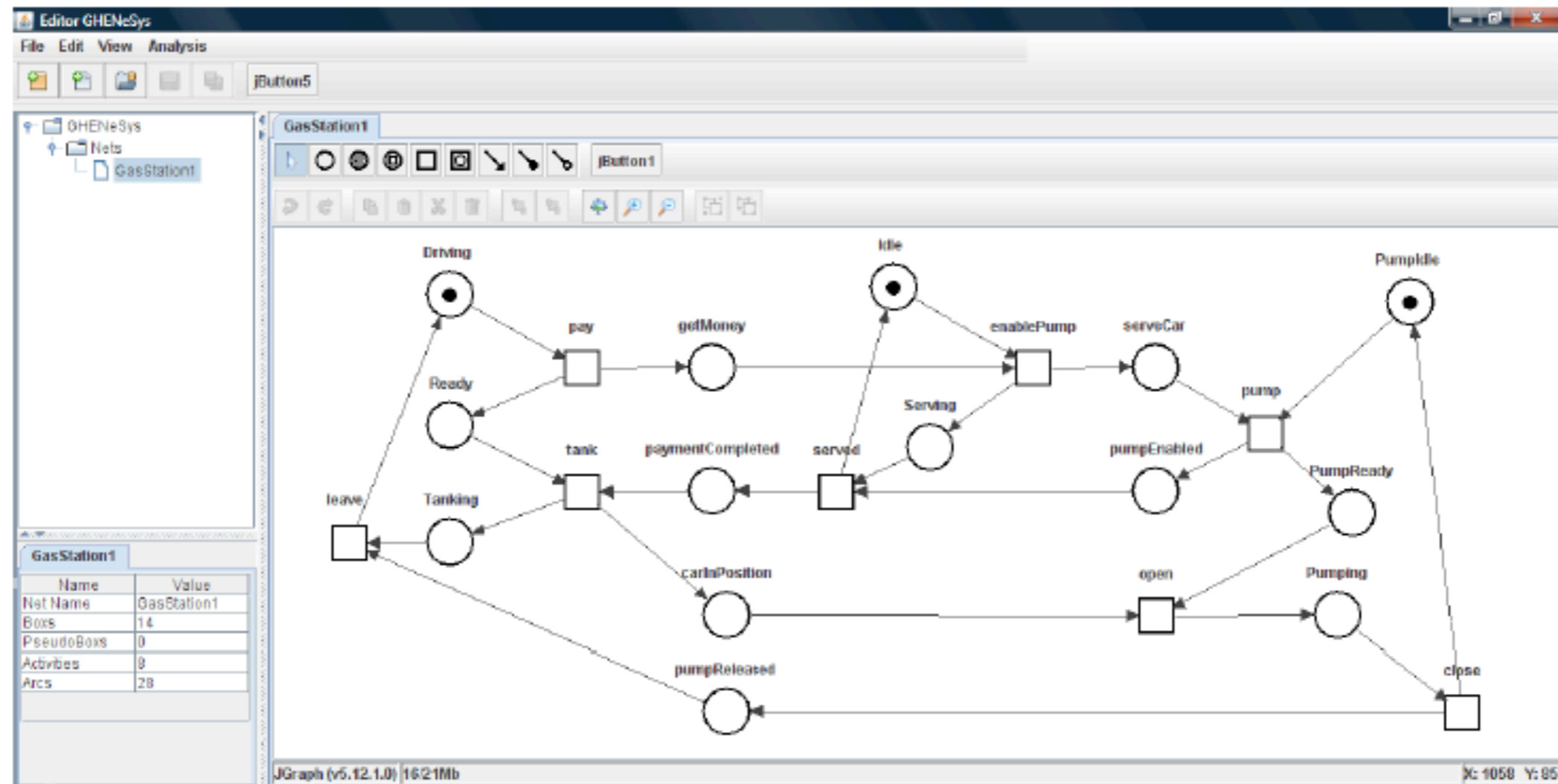
Diagrama de classe

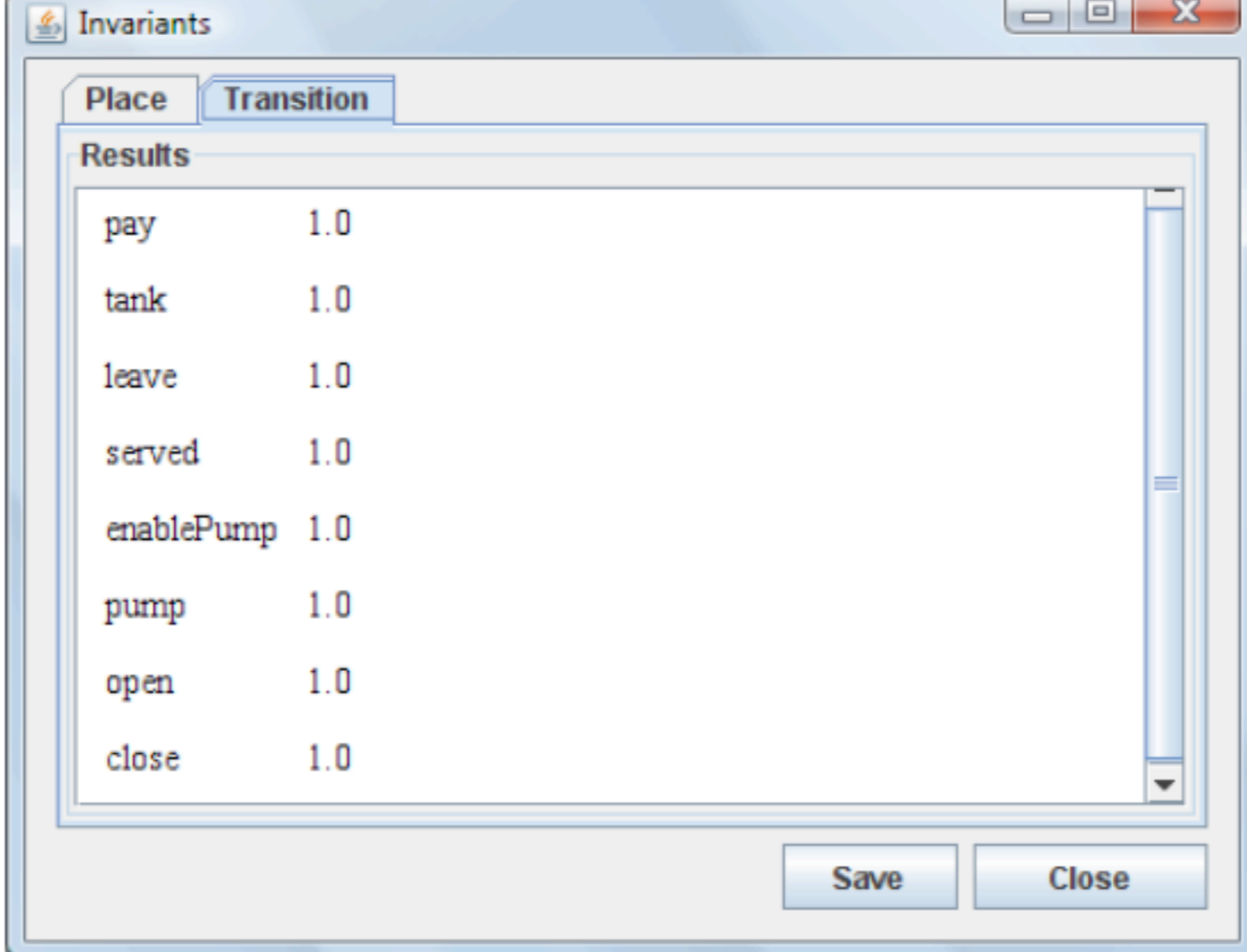


del Foyo, P.M.G., Olivera, A.Z.S., Silva, J.R.; Requirements Analysis of Automated Projects Using UML/Petri Nets, Proc. of the 21st Int. Congress in Mechanical Engineering, Natal, Brazil, October, 2011.

Redução do problema

Um procedimento recomendável nestes casos seria analisar o processo de abastecimento de um motorista somente, utilizando uma das bombas.

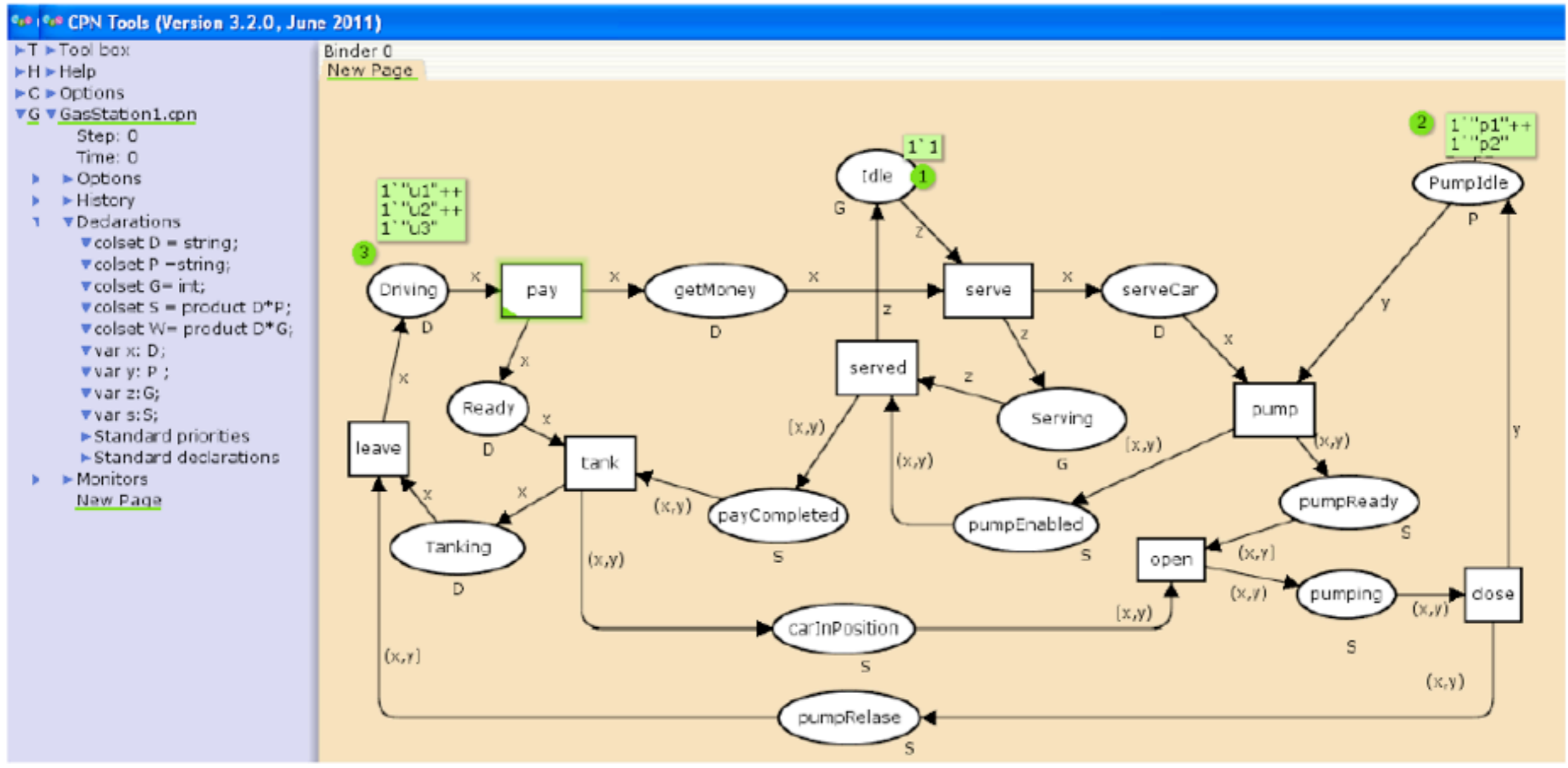




The screenshot shows a software window titled "Invariants" with a tabbed interface. The "Transition" tab is selected. Below the tabs is a "Results" section containing a table with two columns: the first column lists various transitions, and the second column lists their corresponding values, all of which are 1.0. At the bottom of the window are "Save" and "Close" buttons.

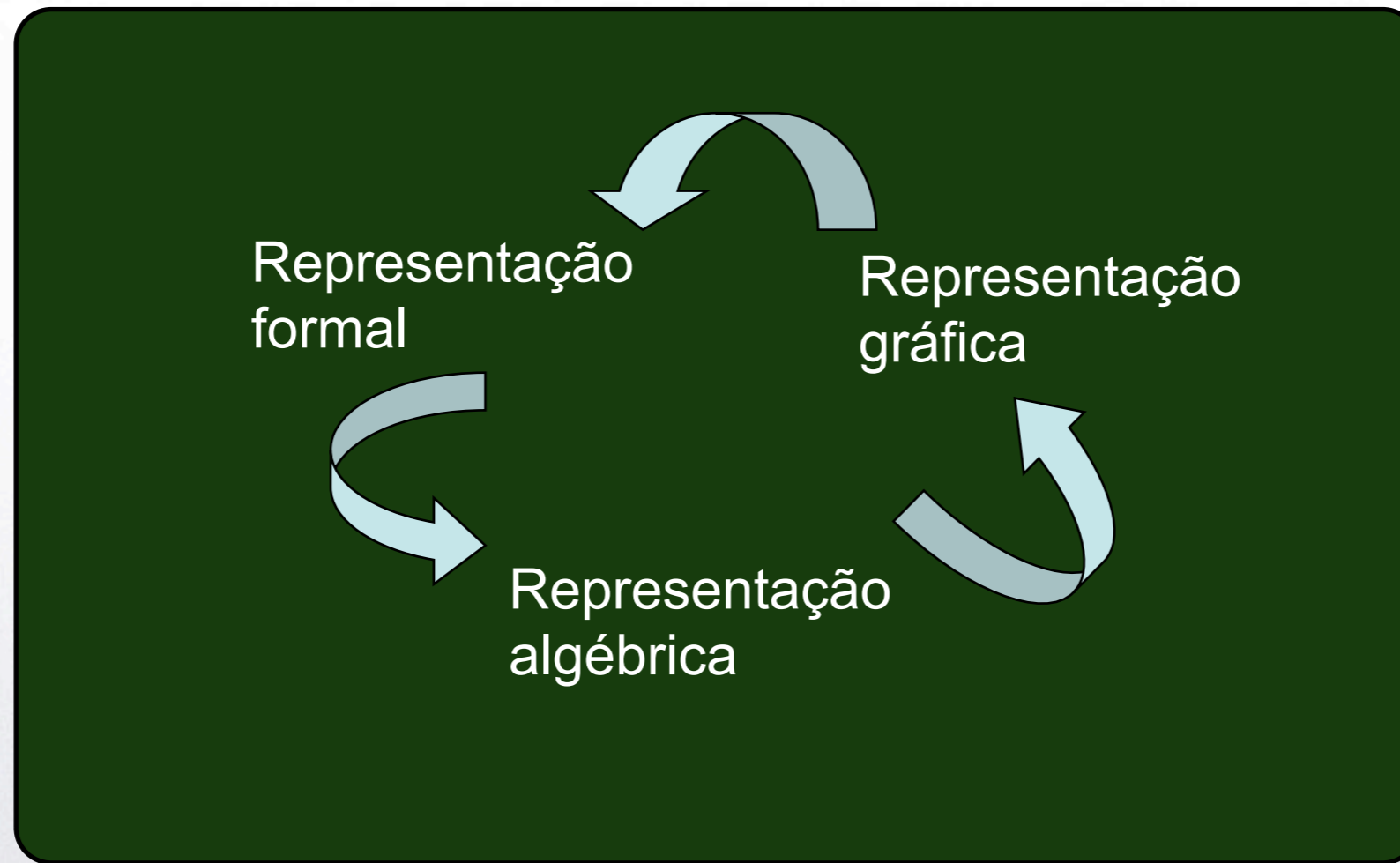
Transition	Value
pay	1.0
tank	1.0
leave	1.0
served	1.0
enablePump	1.0
pump	1.0
open	1.0
close	1.0

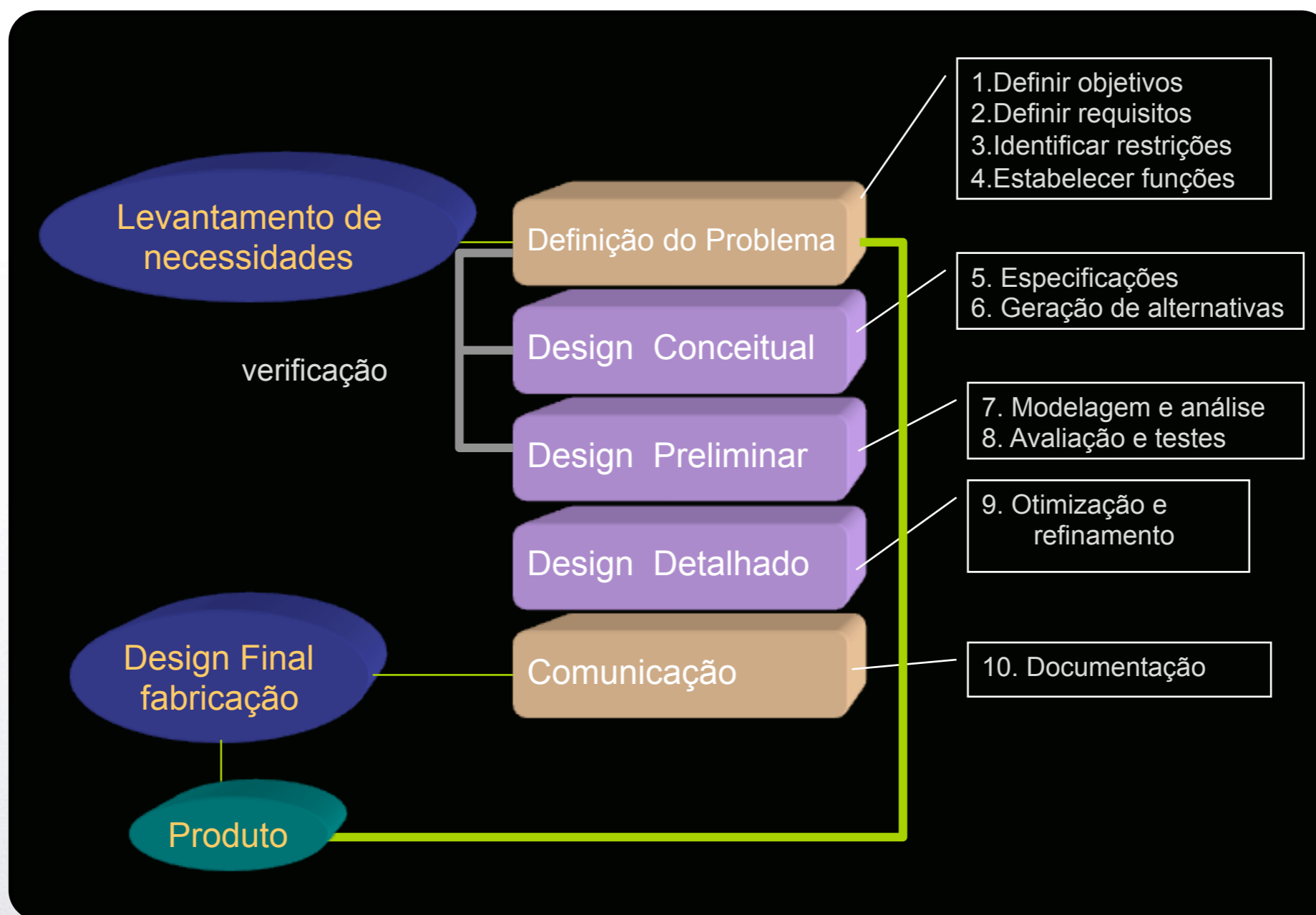
A multiplicidade dos motoristas nos leva novamente ao dobramento e às redes coloridas,



Seria possível sintetizar redes de alto nível
diretamente dos diagramas UML?

O processo de modelagem e análise





State Space with Equivalence

O próximo nível – já além do escopo da nossa disciplina é a identificação de padrões no OS-graph que se caracterizem por sub-classes de equivalência. Assim, o comportamento destes blocos de rede se repete e podemos até abstrair o seu conteúdo.

A esta análise de chama SSE ou State Space with Equivalence.



Modelagem orientada a eventos (discretos)

Uma alternativa à modelagem orientada a estados (e ao espaço de estados) é a modelagem orientada a eventos (discretos), onde o centro do processo é a identificação dos eventos e qual a sequênica de eventos que denotam os procesos desejados (ou que levam aos estados desejados, em uma versão híbrida desta abordagem).

Um caso especial bem interessante é aquele onde existe um estado alvo único, identificado como um “planning problem”.

The planning problem

Formally a planning algorithm has three inputs:

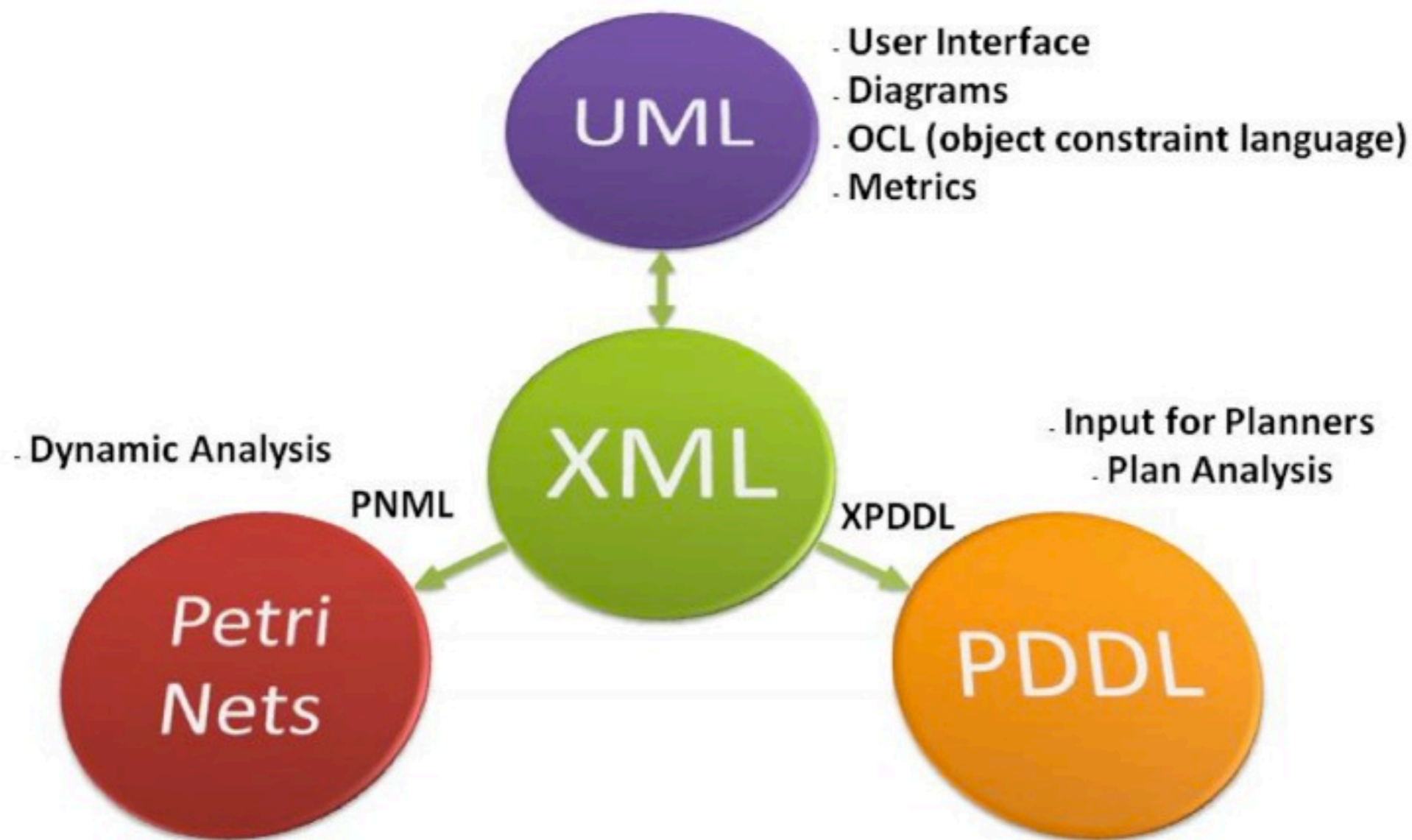
1. A description of the world in some formal language,
2. A description of the agent's goal in some formal language, and
3. A description of the possible actions that can be performed.

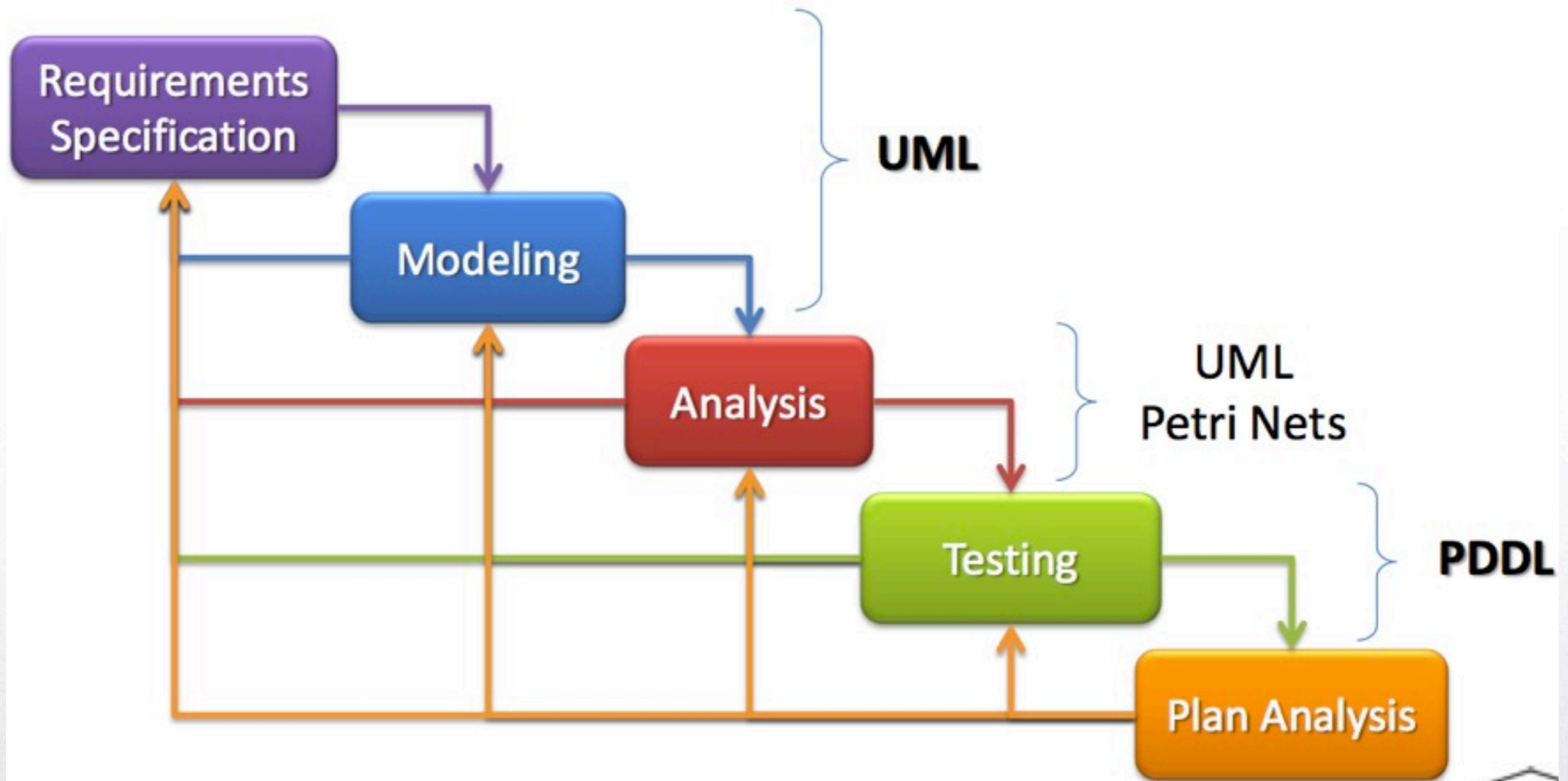
The planner's o/p is a sequence of actions which when executed in any world satisfying the initial state description will achieve the goal.

Fazendo uma analogia onde ações seriam equivalentes a eventos, poderemos redefinir um problema de planning como sendo o seguinte:

- i) um problema de planning consiste em achar um passeio no grafo de estados que leve do estado inicial ao estado final especificados;
- ii) um problema de planning consiste em achar uma sequencia de eventos (ações) que tenha como pre-condição genérica o estado inicial e como pós-condição genérica o estado final, e um conjunto de estados admissíveis.

itSIMPLE





Service System

A service system is a value-coproduction configuration of people, technology, other internal and external service systems, and shared information (such as language, processes, metrics, prices, policies, and laws).

Spohrer, P. P. Maglio, J. Bailey, and D. Gruhl, "Steps Toward a Science of Service Systems," IEEE Computer 40, No. 1, 71–77 (2007).



A mudança do novo milênio

Alguns autores advogam que a mudança do novo milênio está baseada na substituição de uma estrutura de mercado baseada em trocas (portanto em produtos ou good-oriented) para uma estrutura transacional, baseada em serviços (service-oriented).

Lush R.F., Vargo L., Wessels G.: Toward a Conceptual Foundation of Service Science: Contributions of a service-dominant logic, IBM Systems Journal, vol 47, issue 1, pp. 5-11, Jan-Mar 2008.



<http://service-science.info>

Service Science
research & education

HOME ABOUT LIBRARY STANDARDS? DISCUSS! SKILLS UNIVERSITY HIGHLIGHTS

Welcome to the Service Science worldwide community!

Posted by Site Administrator on 23 April 2010, 3:10 pm • Sticky post

Join discussions in order to build understanding of concepts in service science.

[Cambridge Service Alliance](#)
[Service Science](#)
[Service Researchers](#)

Follow Wendy (@wendywolfie) on Twitter
Follow Jim (@_____) on Twitter
[About this site & registering.](#)

Filed under [About this site.](#)

Comment

MINDSET employers want: Global, Good and Grit

Posted by Wendy Murphy on 3 June 2011, 10:03 am

go to yahoo finance story: <http://finance.yahoo.com/blogs/daily-ticker/3gs-mindset-over-skill-set-critical-landing-job-125910227.html?nc>

the 3 G's

JOIN US

- > Log in
- > Entries [RSS](#)
- > Comments [RSS](#)
- > WordPress.org

CATEGORIES

- > About this site (1)
- > Blogs (153)
 - > Education standards (2)
 - > Jim Spohrer's Blog (75)
 - > TEE Trans. Eng. Ed. (16)
 - > Wendy's Blog (59)
- > Books (24)
- > Conferences / Events (77)
- > News (104)
- > Programs (10)
- > Skills (13)
- > Uncategorized (10)

SERVICE SCIENCE LINKS

- > Cambridge Service Alliance on LinkedIn
- > CoEvolving Innovations by David Ing
- > Engineering Innovation Podcast and Radio Series
- > IBM's SSME site
- > International Journal of Services Operations and Informatics (IJSOI)
- > Kevin Ellis at Sun, Service's Innovation Office

Ciência de Serviços

[Página Inicial](#)
[O Que é Ciência de Serviços](#)
[O Que Tem no Brasil](#)
[O Que Tem no Exterior](#)
[Esta Comunidade](#)
[Contato](#)

Fique Informado

Inscreva-se para receber informações relativas a eventos e oportunidades em Ciência de Serviços.

Solicite um convite para participação da lista de difusão de informações.

Se você usa Firefox ou Mozilla, use [inscreva-se aqui](#).

Bemvindo ao Website de Ciência de Serviços

Palestra da Prof. Birgit Mager sobre Service Design na FEI, em São Paulo.

[Slides da apresentação.](#)

1o. Simpósio Brasileiro de Ciência de Serviços. Em Brasília, de 17 a 19 de novembro de 2010, em Brasília.

Maiores informações: <http://www.sbcs2010.com.br>.

Este website tem como objetivo articular e organizar a comunidade de pesquisadores e profissionais em Ciência de Serviços no Brasil. Este website fornece [conceitos básicos](#) de Ciência de Serviços, enumera pessoas interessadas na área no Brasil, lista algumas publicações em português e em inglês feitas por pesquisadores brasileiros, e informa sobre sites e recursos disponíveis na Internet.

Este site também organiza o acesso a [lista de disseminação de informações](#) por e-mails dessa comunidade. Para inscrever-se nessa lista basta clicar no botão na coluna ao lado e fornecer as informações pedidas. Esta lista é atualmente moderada, para garantir baixo tráfego, relevância de informações, e evitar-se evitar ao máximo spam e outros incômodos.

Bemvindo,

[Claudio Pinhanez](#)

cientista de serviços, IBM Research

Última atualização: 28.04.2009

Prof. José Reinaldo Silva



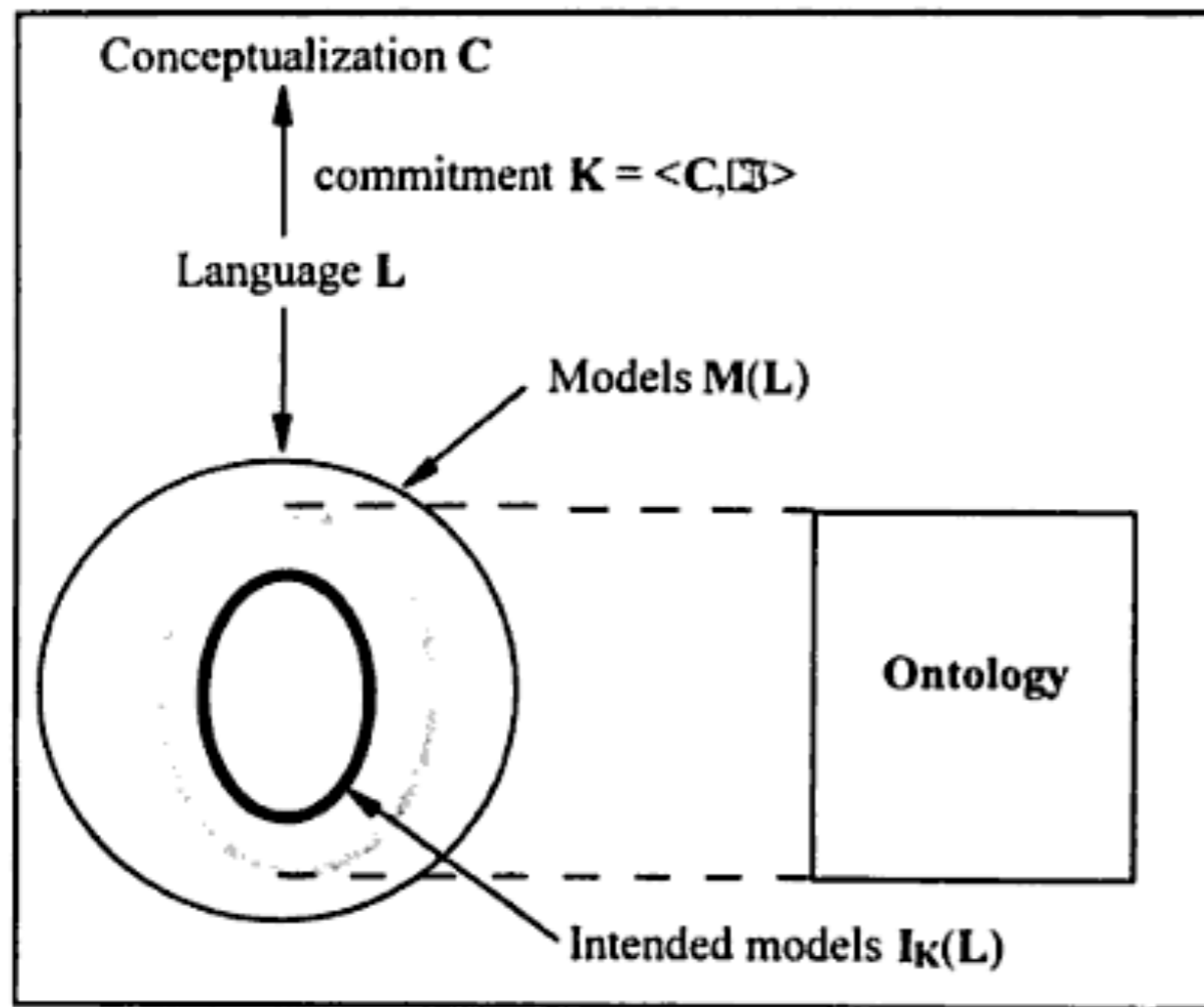
Novo SIS



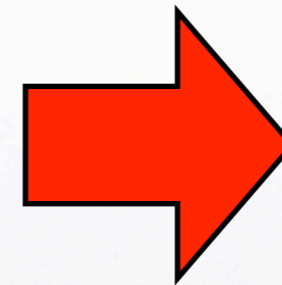
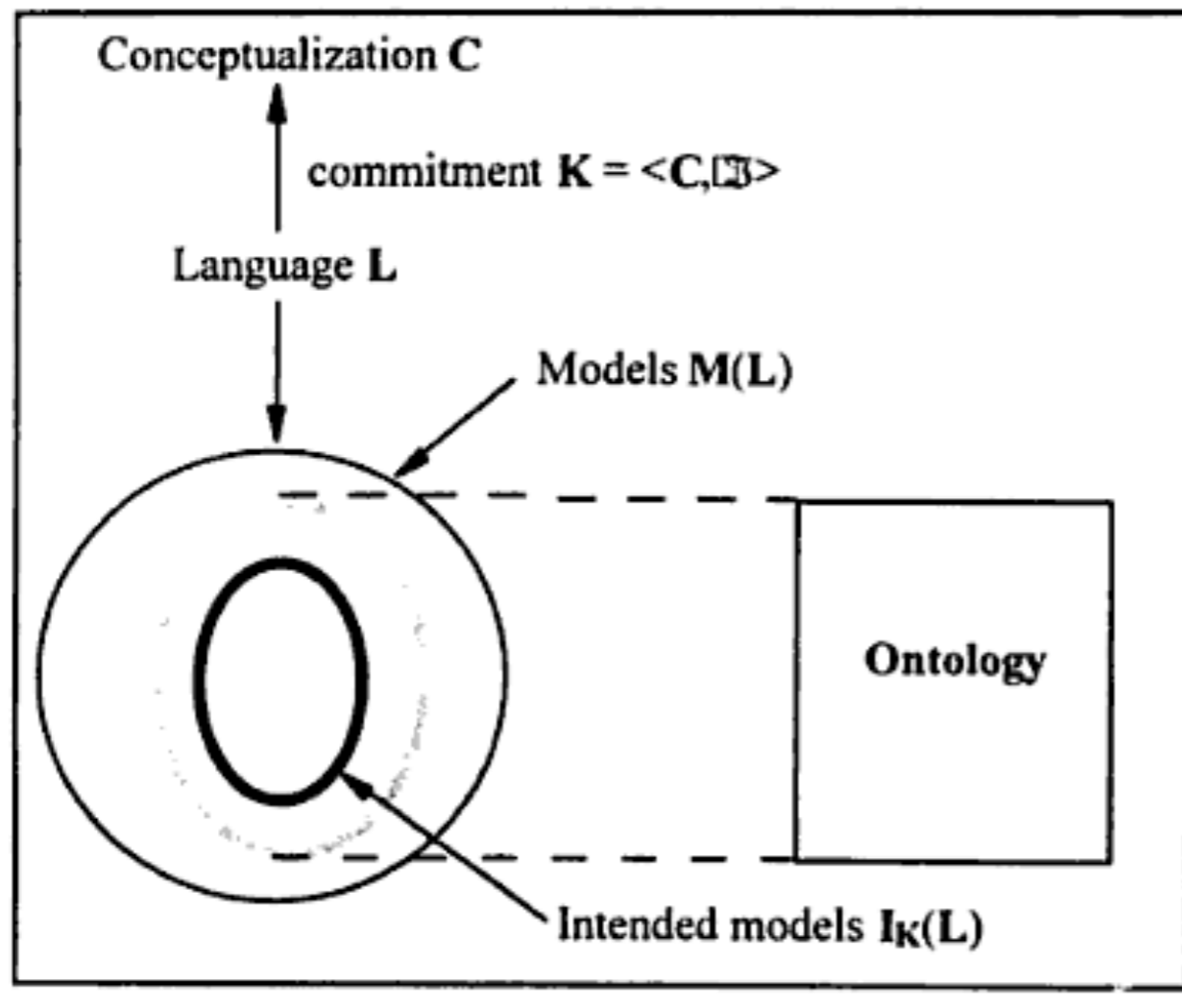
Sistemas de informação conjugam flexibilidade e capacidade de integração, fundamental para inovação e automação.[1]
Convergência entre sistemas de serviço e sistemas de informação. [2]

- [1] Stair, R.; Reynolds, G. *“Information Systems”*, 9th ed., Course Technology, 2010.
[2] Bardhan, I. ; Demirkan, H.; Kannan, P.; Kauffman, R.; Sougstad, R. *“An Interdisciplinary Perspective on IT Services Management and Service Science”*. *Journal of Management Information Systems*, v. 26, n. 4, p. 13-64, 2010.

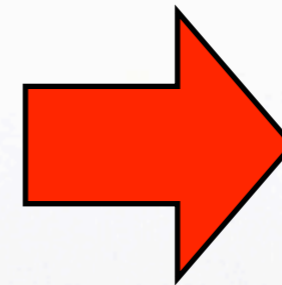
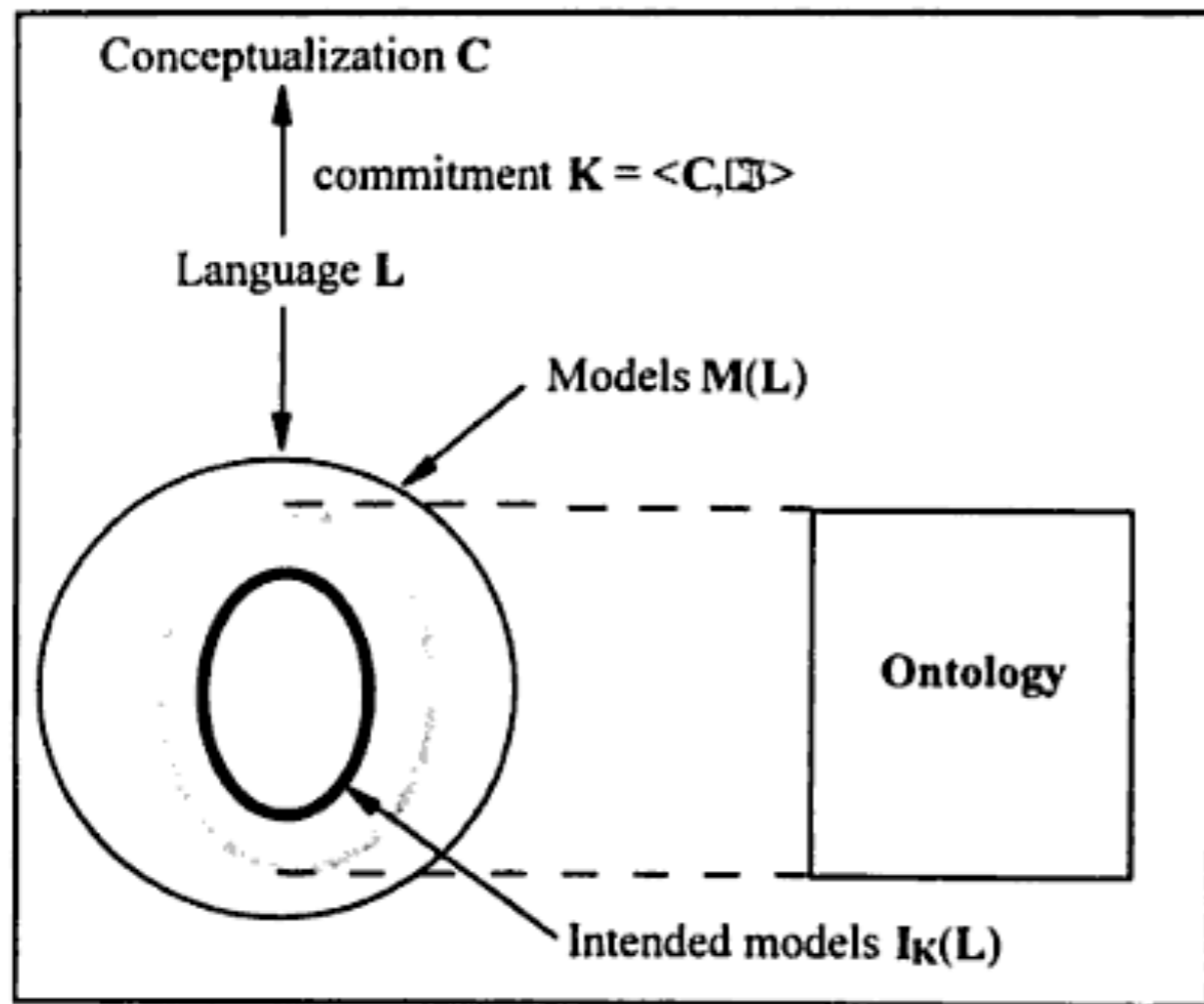
Ontology driven IS



Ontology driven IS

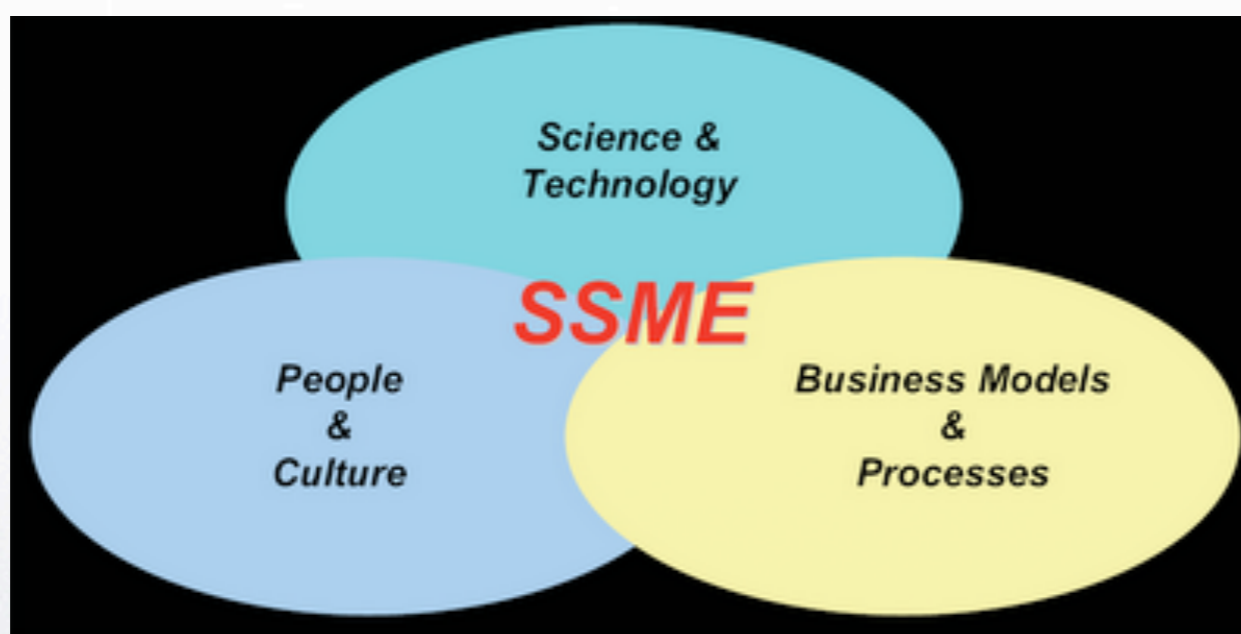


Ontology driven IS



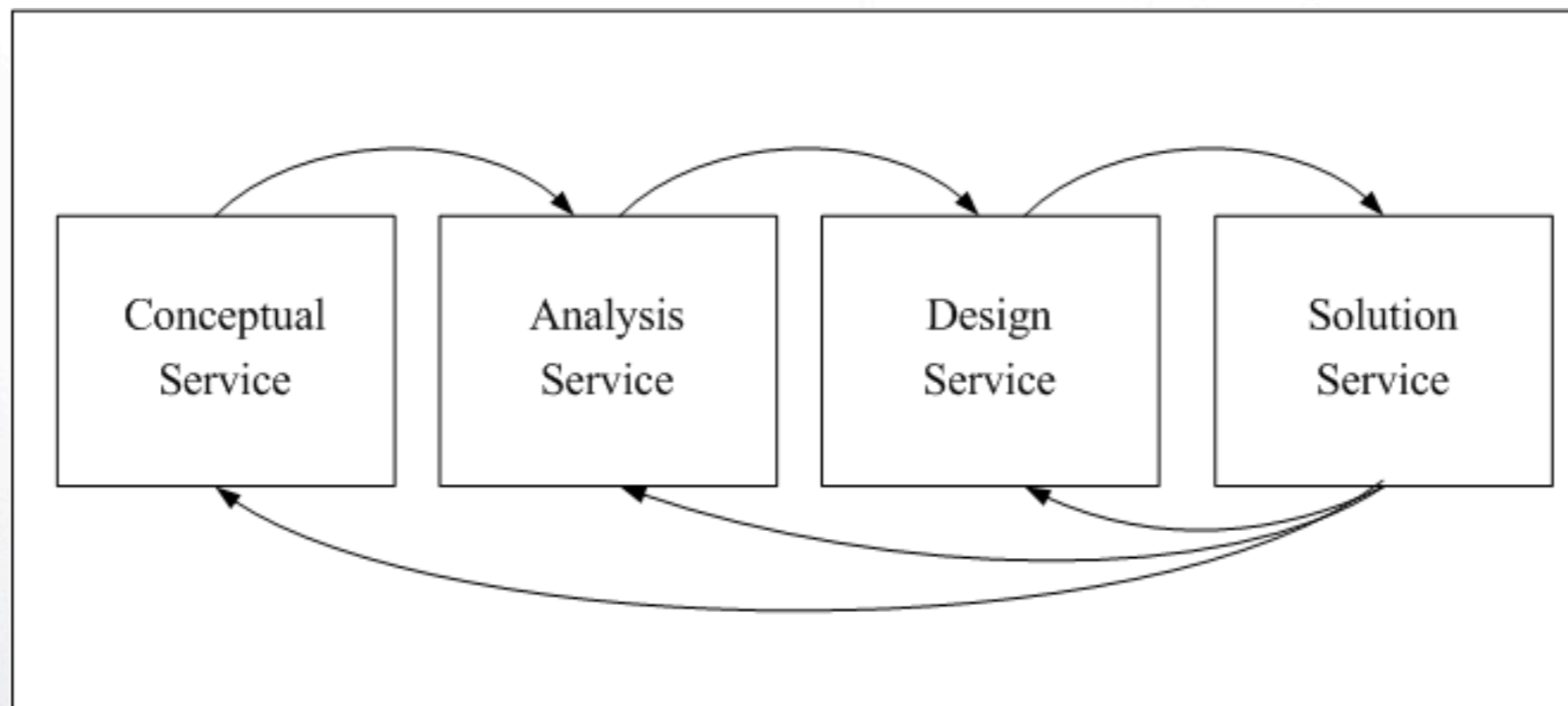
Inteligência Artificial

Service Science, Management and Engineering



SSME is a new research field that aims to formalize and control the relationship between humans and (cognitive) information systems to establish a new paradigm of associative interaction.

Metamorphosis at the level of service abstraction



Bell, Michael. 2008. Service-Oriented Modeling: Service Analysis, Design, and Architecture. 1st ed. New Jersey: John Wiley.

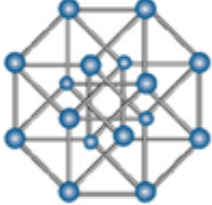
Os novos desafios da engenharia

System of Systems

	Traditional Systems Engineering	System-of-Systems Engineering
Purpose	Development of single system to meet stakeholder requirements and defined performance	Evolving new system-of-systems capability by leveraging synergies of legacy systems
System Architecture	System architecture established early in lifecycle and remains relatively stable	Dynamic reconfiguration of architecture as needs change; use of service oriented architecture approach as enabler
System Interoperability	Defines and implements specific interface requirements to integrate components in system	Component systems can operate independently of SoS in a useful manner Protocols and standards essential to enable interoperable systems
System "ilities"	Reliability, Maintainability, Availability are typical ilities	Added "ilities" such as Flexibility, Adaptability, Composeability
Acquisition and Management	Centralized acquisition and management of the system	Component systems separately acquired and continue to be managed as independent systems
Anticipation of Needs	Concept phase activity to determine system needs	Intense concept phase analysis followed by continuous anticipation, aided by ongoing experimentation

Saunders, T. *et al*, "United States Air Force Scientific Advisory Board Report on System-of-Systems Engineering for Air Force Capability Development," SAB-TR-05-04, July 2005

WWW.SOSECE.ORG



System of Systems Engineering Center of Excellence

Home Services SoS Engineering News & Events Resources What's New About Us Contact Us

Search
[Advanced Search](#)

HEADLINES

- [3rd System of Systems Engineering Conference](#)
- [IEEE Conference](#)


WHAT IS SoSECE?

The System of Systems Engineering Center of Excellence (SoSECE) is an internationally recognized, independent, and unbiased resource and focal point for the advancement and application of SoS research and practice. SoSECE's mission is to:

- Lead, advocate, and practice the SoS discipline
- Develop and apply SoS practices
- Educate SoS practitioners

SoSECE is committed to expanding SoS theory and methods by establishing partnerships with government, industry, and academia to develop and apply state-of-the-art SoS practices.

SoSECE staff is focused on providing value to its clients. SoSECE is operated by Concurrent Technologies Corporation (CTC), an independent, nonprofit, applied research and development professional services organization, and serves as an objective source of SoS knowledge and services.



RESOURCES

- [2nd Annual System of Systems Engineering Conference](#)
- [SoSECE Brochure](#)

[More...](#)

U.S. Government Homepage | FOIA | Site Map | Privacy Policy | Policies & Important Links | Common Questions



Fim

