

Sistemas-de-Sistemas

Rosana T. Vaccare Braga

Parte dos slides traduzida de:

Milena Guessi Margarido

Prof. Dr. Elisa Yumi Nakagawa

Prof. Dr. José Carlos Maldonado



Definições

- Sistema de Sistemas (SoS - System of Systems): sistemas compostos por sistemas constituintes independentes, que agem juntos em direção a um objetivo comum por meio do sinergismo entre eles (Nielsen, 2012)
- Um sistema é considerado um SoS quando (Maier, 1998):
 - (1) Seus componentes satisfazem propósitos válidos por si só e continuam a operar para satisfazer outros propósitos quando não fazem mais parte do SoS e
 - (2) os constituintes são gerenciados (pelo menos em parte) para seus propósitos próprios ao invés do propósito do todo

SoS

■ SoS é qualquer sistema que:

- Resulta da interoperação de constituintes independentes tanto gerencialmente quanto organizacionalmente, tem sua missão individual e participam cientes ou não para atender uma missão global
- Possui desenvolvimento evolucionário resultante da evolução dos constituintes e/ou mudanças no ambiente
- Apresenta comportamento emergente, esperado ou não esperado em tempo de projeto, resultante da interação entre os constituintes em tempo de execução
- Depende de software como forma de tecnologia habilitadora para seu projeto e desenvolvimento evolucionário.



- Sistemas constituintes independentes
 - Ação e tomada de decisão
- Distribuição geográfica
- Desenvolvimento Evolucionário
- Comportamento emergente



EXEMPLOS DE SOS

- **SoS em residências:** sistemas de segurança ligados a empresas de segurança e a *smartphones*;
- **SoS em empresas:** integração de vários sistemas *back office*, como sistemas de funcionários, e também alguns sistemas voltados ao cliente, como um sistema de assistência médica;



SoS de assistência médica, adaptado de Lane e Epstein (2013)

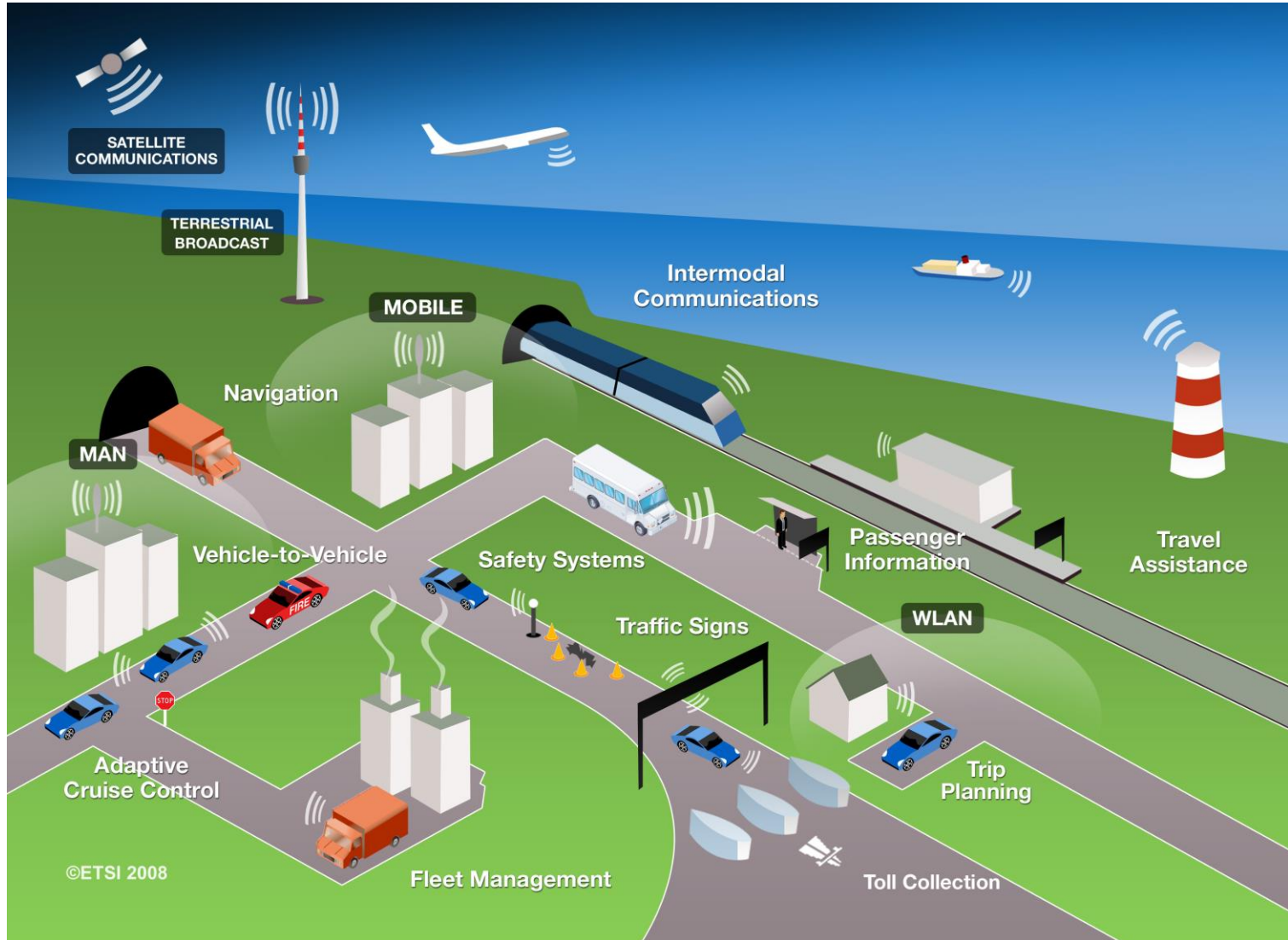
EXEMPLOS DE SOS

- **SoS de exploração do espaço:** vários sistemas de pesquisas sobre plataformas de exploração interoperando uns com os outros.

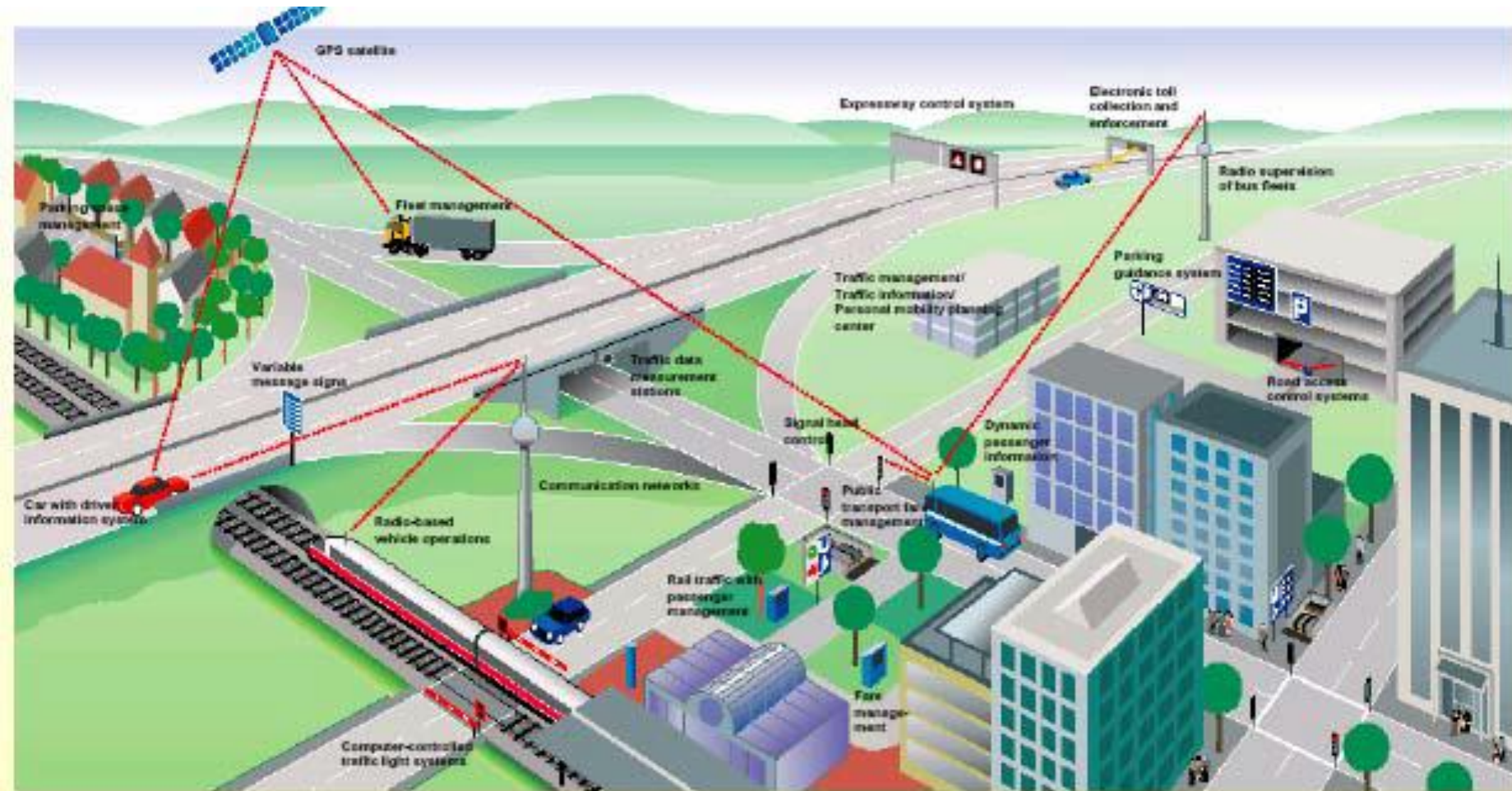


Rover MastCam, disponível em:
<http://mars.jpl.nasa.gov/msl/mission/rover/>

Exemplos de SoS



Exemplos de SoS



Exemplos de SoS



Características principais de um SoS

System-of-Systems

Emergent behavior

Evolutionary development

Distribution

Software-intensity

Constituents

Operational Independence

Managerial Independence



Características de um SoS

- Características relacionadas à natureza dos constituintes:
 - *Independência operacional*
 - Constituintes operam independentemente, tendo suas próprias missões e recursos
 - *Independência gerencial*
 - Constituintes apresentam gerenciamento independente e evoluem de forma não prevista inicialmente quando se juntaram a um SoS em particular



Características de um SoS

- Características relacionadas a natureza dos constituintes:
 - *Comportamento emergente*
 - Novos comportamentos dos constituintes
 - Comportamentos não previsto em tempo de projeto podem emergir apenas em tempo de execução
 - *Desenvolvimento evolucionário*
 - Constituintes evoluem continuamente, implicando na evolução do SoS
 - SoSs evoluem devido a mudanças em seu ambiente



Características de um SoS

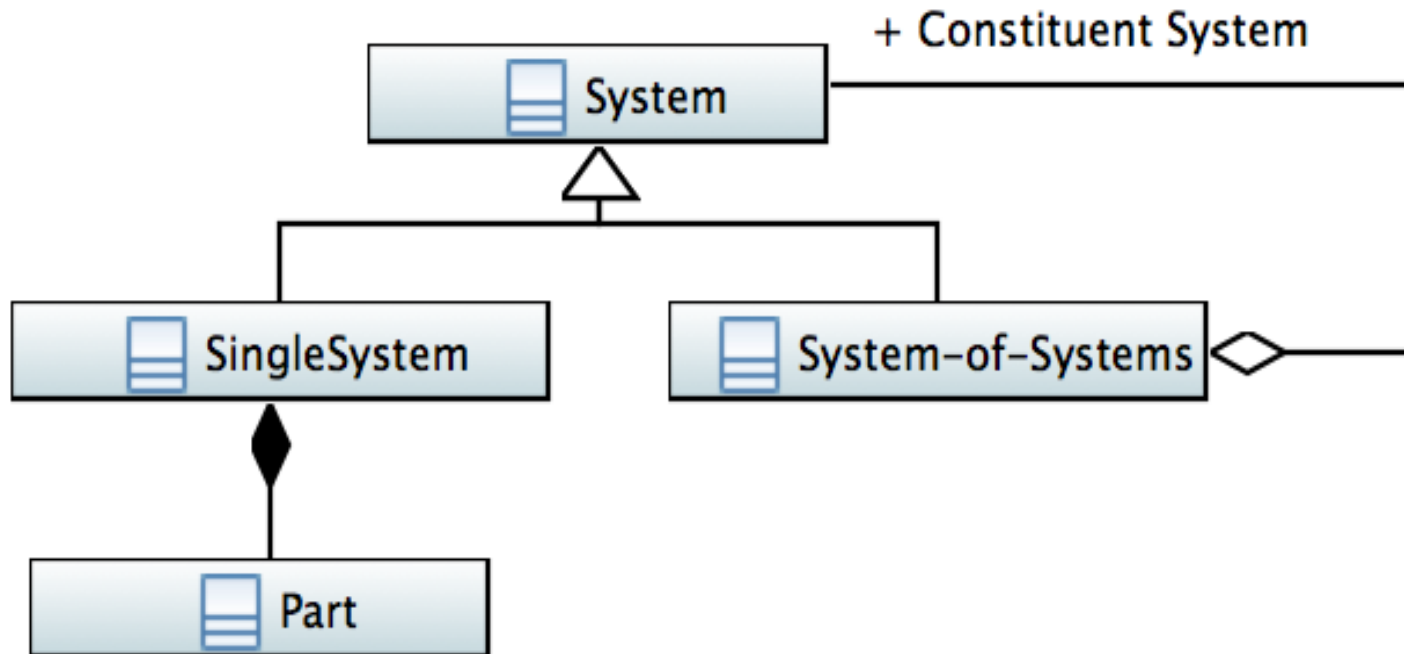
- Características relacionadas a natureza dos constituintes:
 - *Distribuição*
 - Constituintes distribuídos, geograficamente ou não
 - *Intensidade de software*
 - Influência no projeto, construção, entrega e evolução do SoS e seus constituintes



SoS distinguishing characteristics

Element	System	System of Systems
Autonomy	Autonomy is ceded by parts in order to grant autonomy to the system	Autonomy is exercised by constituent systems in order to fulfill the purpose of the SoS
Belonging	Parts are akin to family members; they did not choose themselves but came from parents. Belonging of parts is in their nature.	Constituent systems choose to belong on a cost/benefits basis; also in order to cause greater fulfillment of their own purposes, and because of belief in the SoS supra purpose.
Connectivity	Prescient design, along with parts, with high connectivity hidden in elements, and minimum connectivity among major subsystems.	Dynamically supplied by constituent systems with every possibility of myriad connections between constituent systems, possibly via a net-centric architecture, to enhance SoS capability.
Diversity	Managed i.e. reduced or minimized by modular hierarchy; parts' diversity encapsulated to create a known discrete module whose nature is to project simplicity into the next level of the hierarchy	Increased diversity in SoS capability achieved by released autonomy, committed belonging, and open connectivity
Emergence	Foreseen, both good and bad behavior, and designed in or tested out as appropriate	Enhanced by deliberately not being foreseen, though its crucial importance is, and by creating an emergence capability climate, that will support early detection and elimination of bad behaviors.

Relacionamento entre Sistema e SoS



Um SoS é um sistema também!!!

Podemos ter Sistemas de Sistemas-de-Sistemas!!!



Tipos

- **Direcionado - Directed SoS**
 - SoS são gerenciados centralmente
 - Constituintes são desenvolvidos ou adquiridos para servir a propósitos específicos
 - Constituintes operam sob subordinação estrita.

- **Reconhecido - Acknowledged SoS**
 - SoS são gerenciados centralmente
 - Constituintes mantêm sua independência operacional
 - Constituintes operam sob subordinação leve

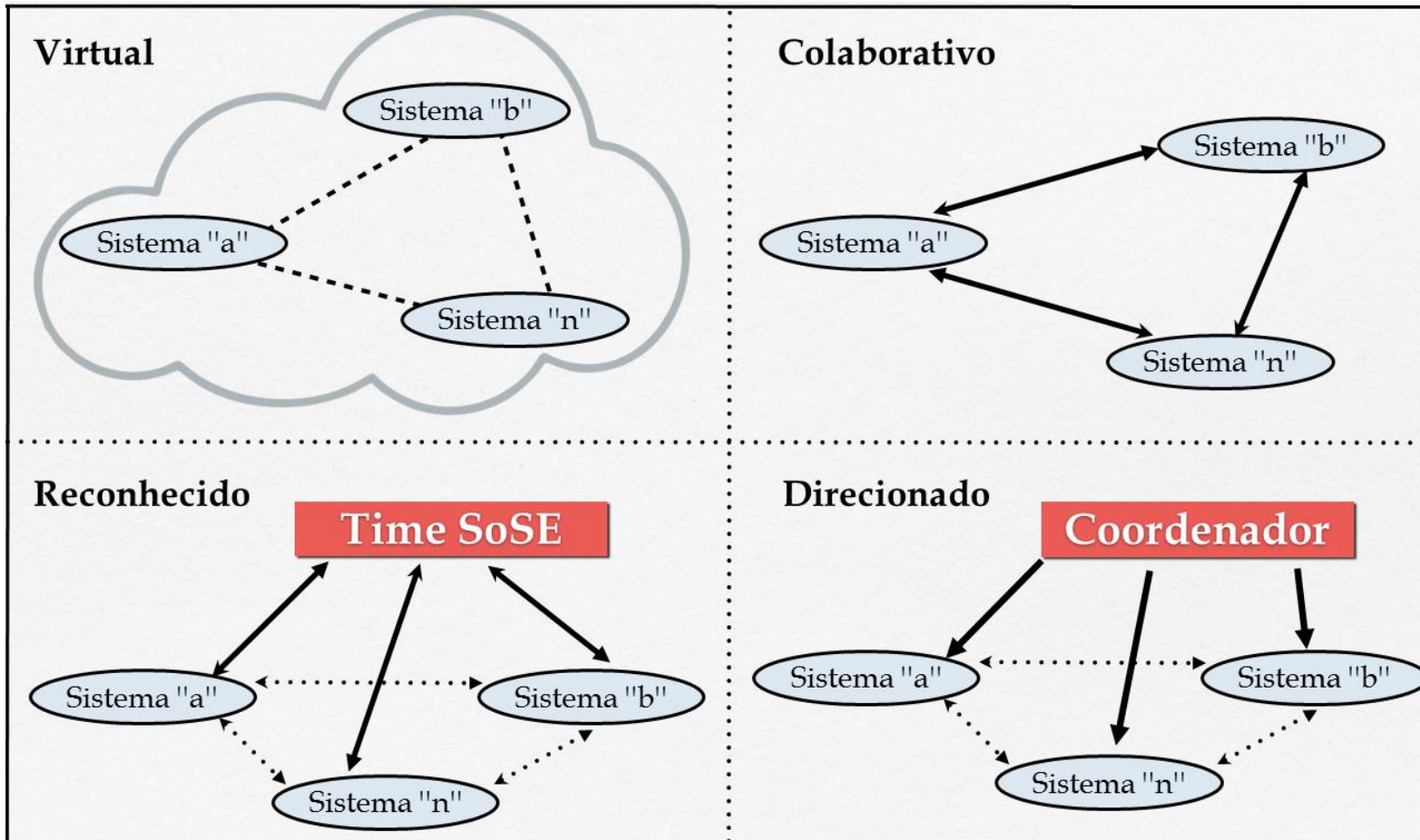


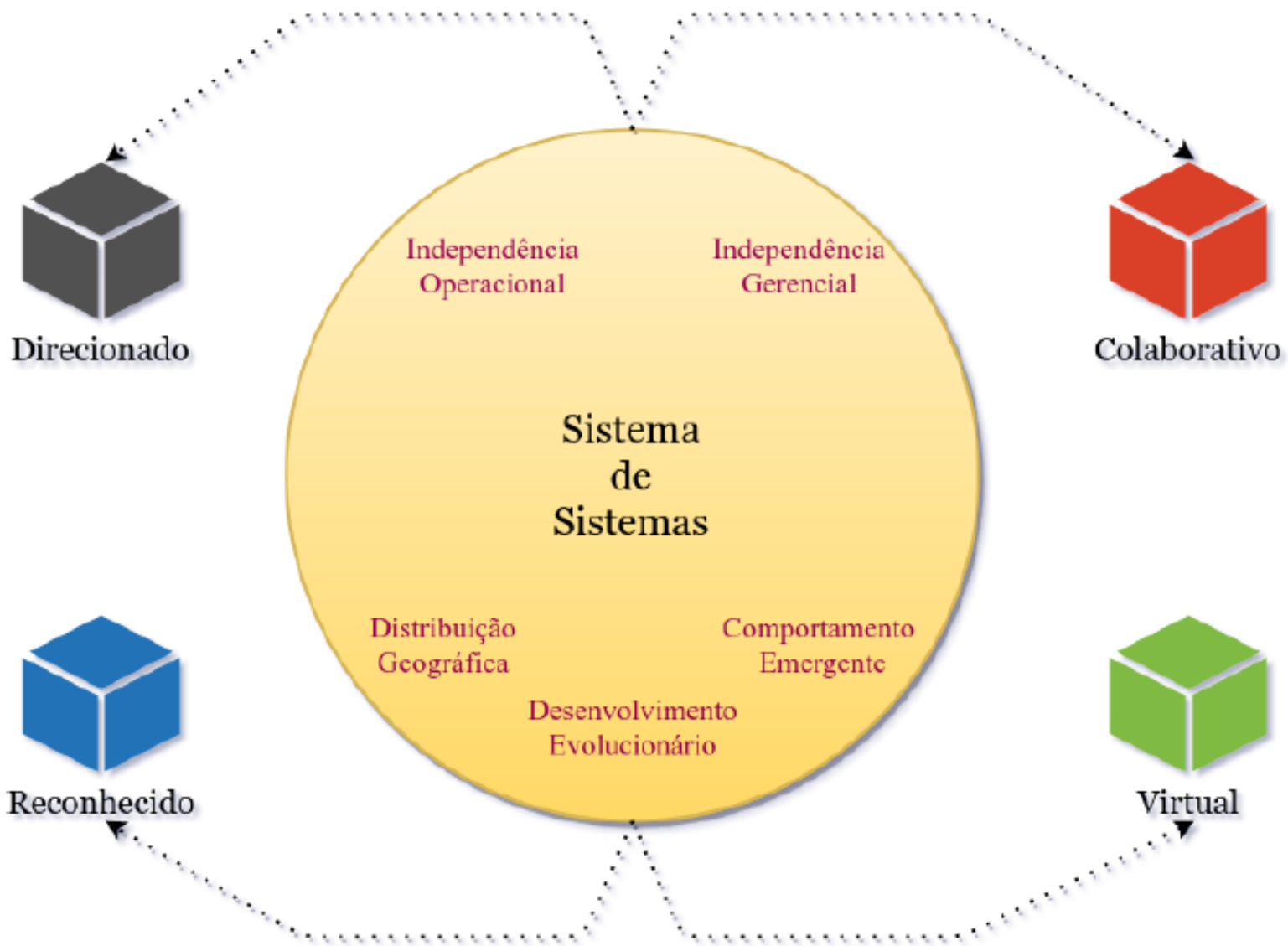
Tipos

- Colaborativos - Collaborative SoS
 - Não há uma autoridade central
 - Constituintes concordam voluntariamente em satisfazer propósito central
- Virtual - Virtual SoS
 - Não há autoridade central nem um propósito acordado



Tipos





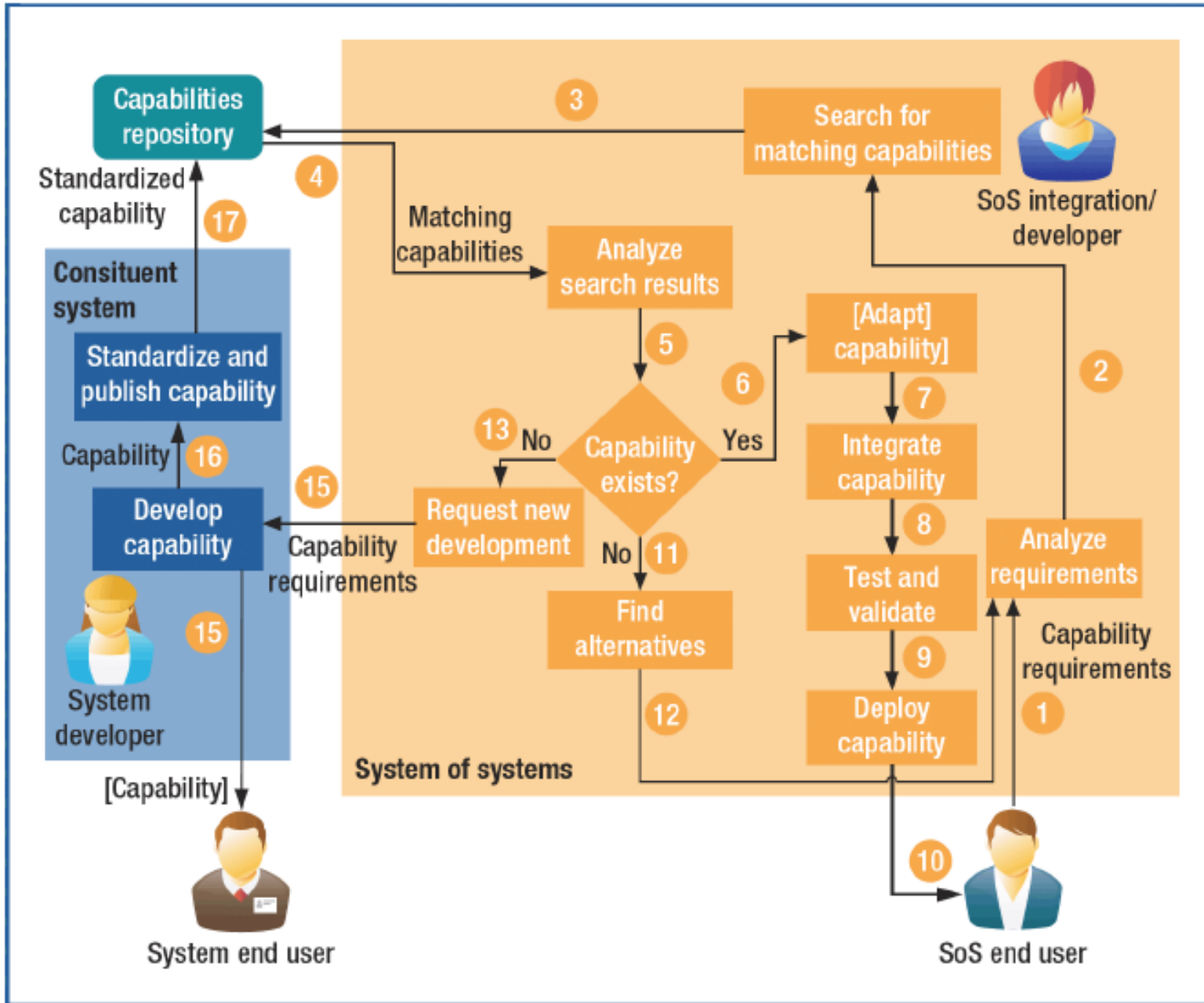
REÚSO EM SoS

- Principalmente voltado a reutilizar funcionalidades oferecidas pelos constituintes para obter o comportamento emergente do SoS
- Constituintes podem precisar implementar novas funcionalidades para atender o SoS
 - Camada de serviços ou componentes
 - Repositório de capacidades a serem reutilizadas na composição de novos SoS



SOS VERSUS SERVIÇOS

Lewis et al 2011



Referências

- B. Boehm and L.A. Lane, “21st Century Processes for Acquiring 21st Century Software-Intensive Systems of Systems”. The Journal of Defense Software Engineering, vol. 19, no. 5, 2006, pp. 4-9.
- Department of Defense, “Systems Engineering Guide for Systems of Systems”. Aug. 2008; www.acq.osd.mil/se/docs/SE-Guide-for-SoS.pdf.
- D. Firesmith, “Profiling Systems Using the Defining Characteristics of Systems of Systems (SoS)”,. Technical Report CMU/SEI-2010-TN-001, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010.
- M. Jamshidi, ed., “System of Systems Engineering: Innovations for the Twenty-first Century”. Wiley & Sons, 2009, p. 616.
- M.W. Maier, “Architecting Principles for Systems-of-Systems”. Systems Engineering, vol. 1, no. 4, 1998, pp. 267-284.
- C. B. Nielsen, P. G. Larsen, J. Fitzgerald, J. Woodcock, and J. Peleska, “Systems of systems engineering: Basic concepts, model-based techniques, and research directions”. ACM Computing Survey, 48, 2, 2015.



Referências

- Boehm, B.; Brown, W.; Basili, V. & Turner, R. Spiral Acquisition of Software-Intensive Systems-of-Systems. In: Crosstalk, 2004, p. 4-9
- LEWIS, G.; MORRIS, E.; SIMANTA, S.; SMITH, D. Service orientation and systems of systems. IEEE Software, v. 28, n. 1, p. 58–63, Jan 2011.
- Nielsen, C. B.; Larsen, P. G.; Fitzgerald, J.; Woodcock, J. & Peleska, J. Systems of Systems Engineering: Basic Concepts, Model-Based Techniques, and Research Directions. In: ACM Comput. Surv., 2015, v. 48, p. 1-41