

Sistemas



EPUSP

PRO3480

Gestão Integrada de Cidades Inteligentes

Marcelo Schneck de Paula Pessôa
EPUSP-PRO 2020

Agenda de hoje

- ❑ Sistema
- ❑ Sistemas Complexos
- ❑ Pensamento Sistêmico
- ❑ Ecossistemas Digitais
- ❑ Dinâmica de Sistemas



EPUSP

Sistema

□ Video: cosmic zoom

<https://www.youtube.com/watch?v=Z9OUKA6w7zs>

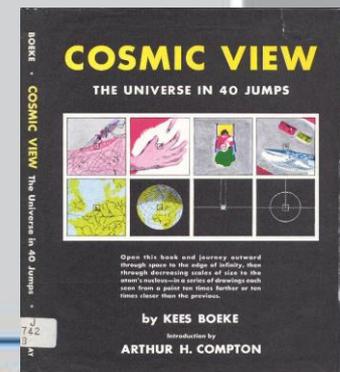


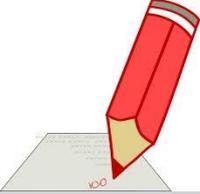
EPUSP

Cosmic Zoom

❑ Filme elaborado por National Film Board of Canada e elaborado por Eva Szsasz uma animadora de filmes

❑ Inspiração em Kees Boeke educador reformista holandês que publicou um livro denominado Cosmic View em 1957





Sistema

2 perguntas: responder por grupo

O que é um sistema?

Um sistema é formado por elementos de interação entre si

Escolha 4 sistemas diferentes e liste 3 elementos desse sistema

5 minutos



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Sistema

- ❑ Um sistema é mais do que a soma das partes

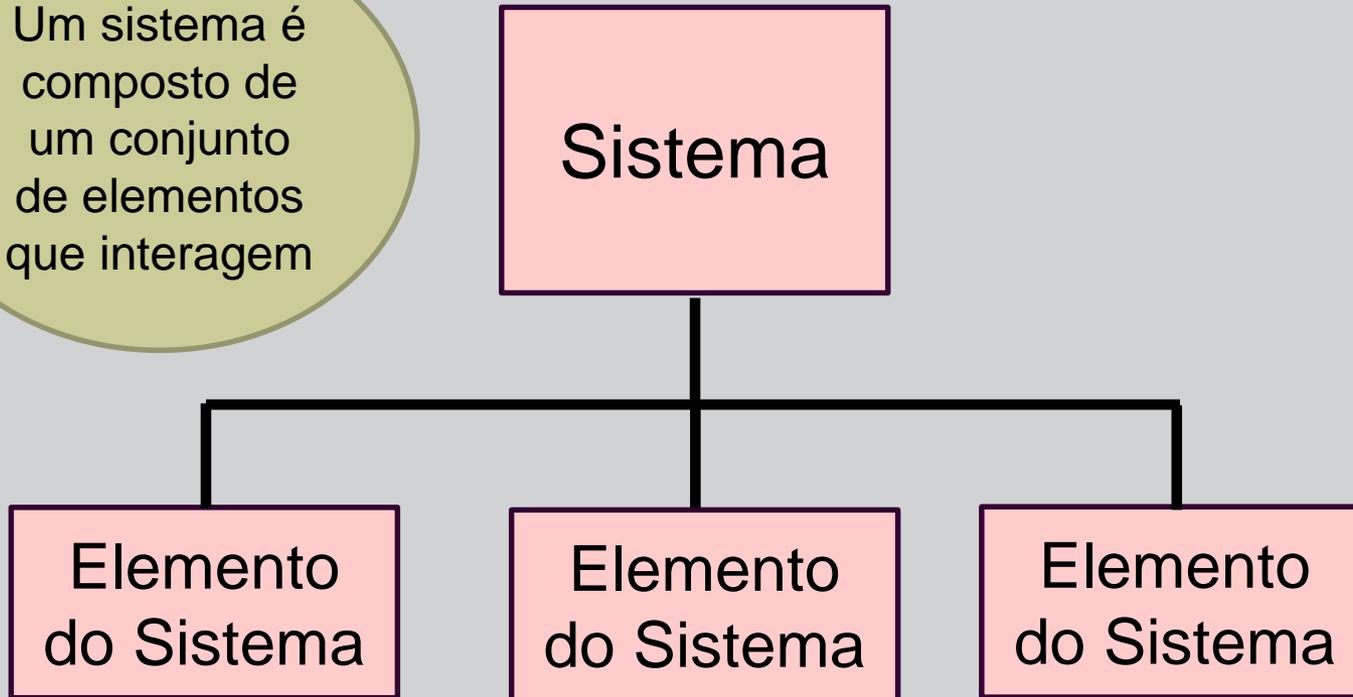
A interação dos elementos quando combinados produzem um efeito total que é melhor do que cada um agindo individualmente.

É a sinergia



Sistema - elementos

Um sistema é composto de um conjunto de elementos que interagem



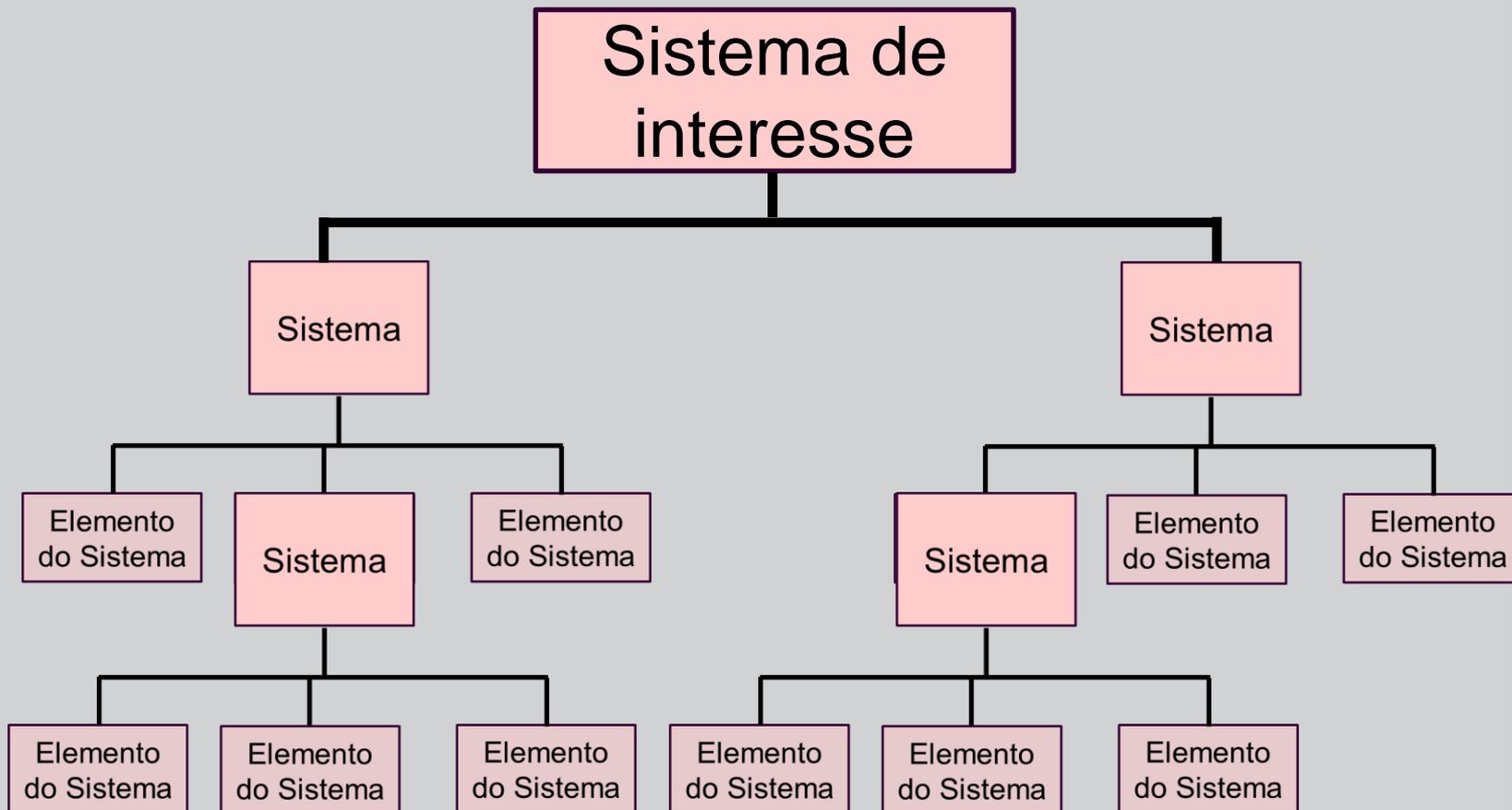
..para atingir um ou mais propósitos estabelecidos

Norma ISO 15288

ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO

Sistema de interesse



Norma ISO 15288

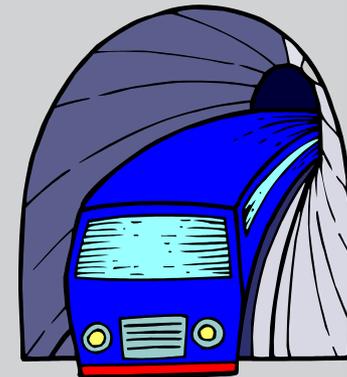
Modelo de sistema

- ❑ A representação dos sistemas e elementos depende do objeto a ser estudado
- ❑ Exemplo: automóvel
 - Como é para um engenheiro mecânico de projeto
 - Como é para um engenheiro civil de estrada
- ❑ Sistema de interesse é aquele a ser estudado, a ser modelado

Modelo

□ modelo

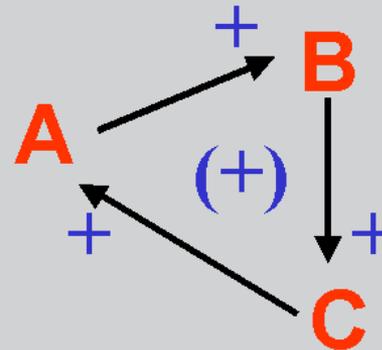
- **Representação abstrata** de um sistema real
- **Simplificação**: a essência da construção de um modelo
- composto por:
 - um conjunto de **definições** que permitem identificar os elementos que constituem o modelo
 - um conjunto de **relações** que especificam as interações entre os elementos que aparecem no modelo



Tipos de modelo

□ modelo pode ser:

- físico
- concepção mental
- matemático
- computacional
- uma combinação destes



Modelo físico CTH – hidráulica Poli

<https://jornal.usp.br/ciencias/simulador-fisico-de-ondas-apoiara-estudos-portuarios-e-costeiros/>



ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO

Modelo físico



ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO

Modelo físico



Modelo físico



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP



ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO

Modelo físico

- ❑ **Modelo físico é a construção real de alguma coisa que represente o sistema de interesse**
- ❑ **Tem como objetivo estudar seu comportamento**
- ❑ **Normalmente é parte de um projeto que está definindo a construção desse sistema**



Modelo computacional – naval Poli

https://www.youtube.com/watch?v=z_fZSRD647E



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP



ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO

Modelo computacional

- ❑ Utiliza técnicas de elementos finitos que consiste em aplicar as fórmulas em um pequeno elemento de volume e depois expandir fazer a integração para o sistema todo
- ❑ Técnicas estatísticas também podem ser aplicadas na construção desses modelos



Modelo computacional

- ❑ O resultado desses cálculos normalmente é uma matriz numérica difícil de avaliar
- ❑ Uma camada de animação cria uma interface gráfica que faz um filme com os resultados para ficar “agradável” para ver

Modelo computacional

- ❑ **Modelo computacional é a construção de software** que simula o sistema real
 - ❑ Esse software é um modelo matemático que simula o comportamento do sistema real
 - ❑ Normalmente incorpora as leis da física que representam os fenômenos estudados:
 - Mecânica dos fluidos
 - Transmissão de calor
 - Eletromagnetismo
 - ❑ O software também possui uma camada de apresentação
- Software construído a partir de elementos

...nunca se esqueçam que..

All models are wrong, some are useful

Todos os modelos são errados, alguns são úteis

George Edward Pelham Box

- ❑ *Os modelos são sempre uma simplificação do mundo real e possuem limitações*

ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO



EPUSP



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Engenharia de Sistemas

Engenharia de Sistemas

- ❑ Norma ISO 15288 – Systems Engineering
- ❑ INCOSE – International Council on Systems Engineering – handbook
- ❑ IEEE - 15288
- ❑ NASA – Systems Engineering Handbook
- ❑ Systems of Systems - DoD

Abordam principalmente o projeto de grandes sistemas de engenharia

Aplicação limitada a cidades (talvez em subsistemas!)

System Life Cycle Processes

Agreement Processes

Acquisition Process
(Clause 6.1.1)

Supply Process
(Clause 6.1.2)

Organizational Project-Enabling Processes

Life Cycle Model Management Process
(Clause 6.2.1)

Infrastructure Management Process
(Clause 6.2.2)

Portfolio Management Process
(Clause 6.2.3)

Human Resource Management Process
(Clause 6.2.4)

Quality Management Process
(Clause 6.2.5)

Knowledge Management Process
(Clause 6.2.6)

Technical Management Processes

Project Planning Process
(Clause 6.3.1)

Project Assessment and Control Process
(Clause 6.3.2)

Decision Management Process
(Clause 6.3.3)

Risk Management Process
(Clause 6.3.4)

Configuration Management Process
(Clause 6.3.5)

Information Management Process
(Clause 6.3.6)

Measurement Process
(Clause 6.3.7)

Quality Assurance Process
(Clause 6.3.8)

Technical Processes

Business or Mission Analysis Process
(Clause 6.4.1)

Stakeholder Needs & Requirements Definition Process
(Clause 6.4.2)

System Requirements Definition Process
(Clause 6.4.3)

Architecture Definition Process
(Clause 6.4.4)

Design Definition Process
(Clause 6.4.5)

System Analysis Process
(Clause 6.4.6)

Implementation Process
(Clause 6.4.7)

Integration Process
(Clause 6.4.8)

Verification Process
(Clause 6.4.9)

Transition Process
(Clause 6.4.10)

Validation Process
(Clause 6.4.11)

Operation Process
(Clause 6.4.12)

Maintenance Process
(Clause 6.4.13)

Disposal Process
(Clause 6.4.14)

Norma 15288

Utilizada para o projeto e desenvolvimento de sistemas:

- Aviões
- Navios
- Aeroportos
- Cidades (?)

Marcelo Pessoa – PRO3480 - EPUSP-PRO

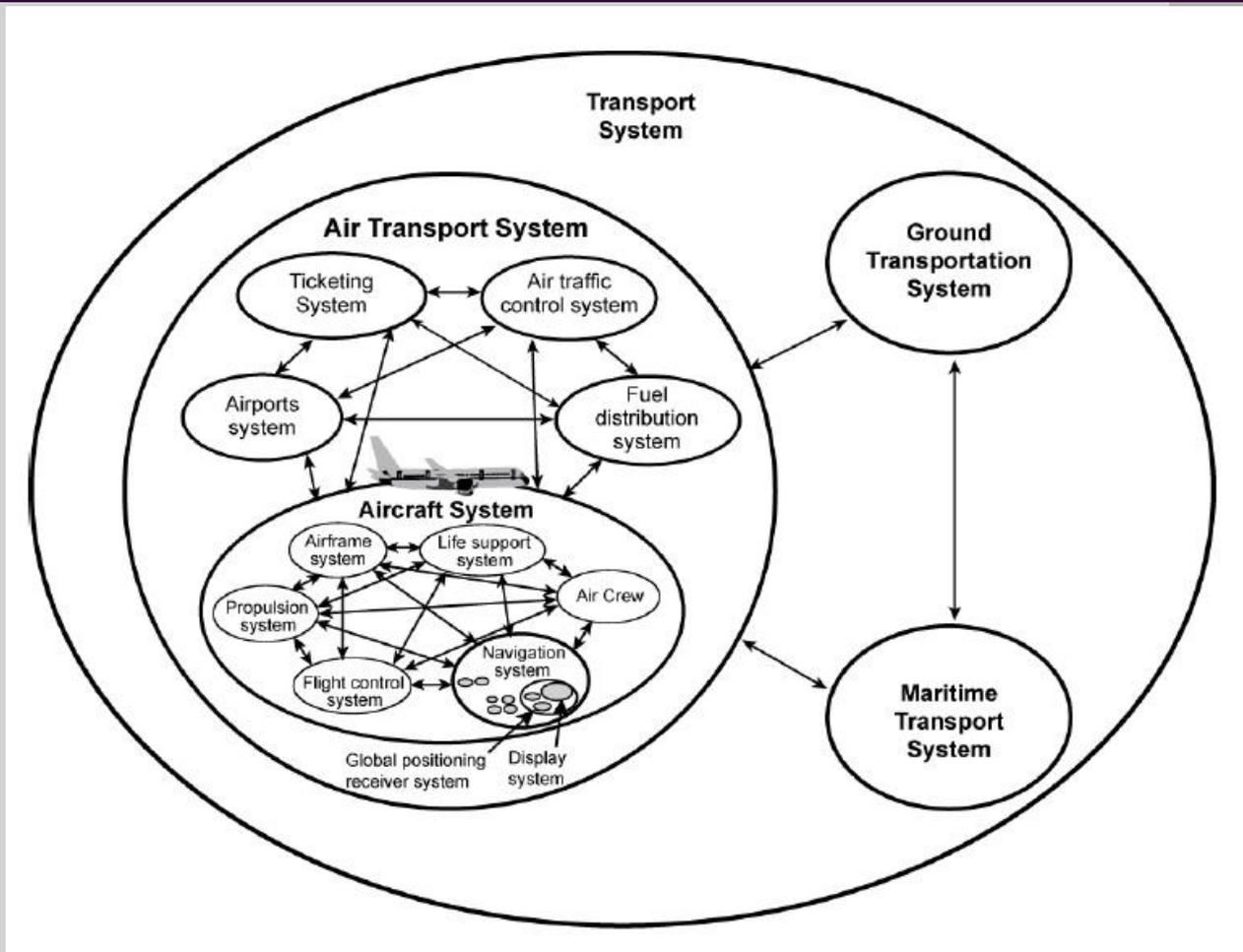
INCOSE - IEEE

- ❑ **INCOSE - International Council on Systems Engineering**
- ❑ **Associação de engenheiros de sistemas**
- ❑ **Adotou a Norma ISO 15288**
- ❑ **Realiza congressos para discutir aspectos de engenharia de sistemas**

- ❑ **IEEE também adotou a Norma 15288**



Diversas facetas de sistemas



Como identifico os elementos de um sistema?



Utilizar o conceito de modularidade:

- ❑ Itens de *alta coesão* ficam em um mesmo módulo
- ❑ Itens de *baixo acoplamento* podem ficar em módulos diferentes

Modelo de um sistema

- ❑ Identificar os Elementos do Sistema
- ❑ Representar suas relações
- ❑ Definir que informações ou materiais esses elementos trocam entre si
- ❑ Desenhar um diagrama representando esse sistema

Exemplos de falta de visão sistêmica

Energia eólica é desperdiçada por falta de linhas de transmissão no NE

Desperdício dos parques eólicos já virou prejuízo para o governo federal. Produção seria suficiente para abastecer 3,3 milhões de pessoas.



No Nordeste, a falta de linhas de transmissão em três estados impede que a energia produzida pelo vento chegue à casa de milhares de brasileiros. Esse desperdício já virou prejuízo para o governo.

Além da paisagem exuberante, as praias do Nordeste reúnem condições ideais para mover geradores de energia limpa. Na região, não há barreiras para o vento, que é constante. Por isso, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), das



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Sistemas Complexos

Sistemas Complexos

[ALVES, 2013]



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

- ❑ **Complexidade refere-se a um grande conjunto de variáveis cujas relações entre si não podem ser mapeadas ou controladas**
- ❑ **Propriedades de sistemas complexos:**
 - Dinamicidade
 - Intensidade
 - Interação dos componentes em loops de feedback
 - Interação não linear

Sistemas Complexos

[ALVES, 2013]



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

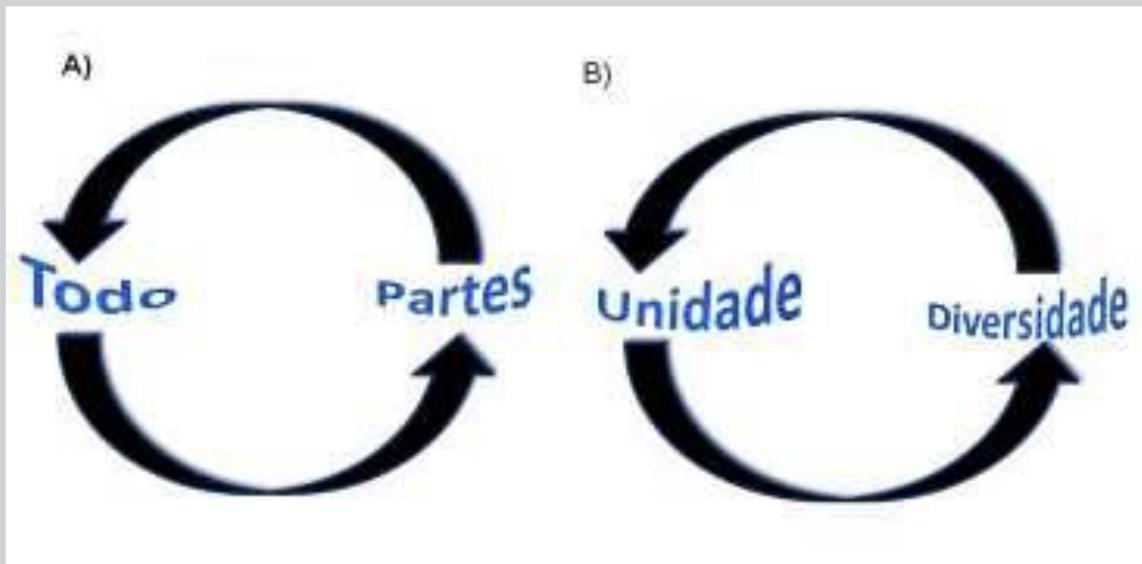
□ Características citadas na literatura:

- Emergência
- Transição de fase
- Universalidade (detalhes não são importantes)
- Adaptabilidade
- Auto-referência (respondem aos resultados da própria ação)
- Auto-organização
- Imprevisibilidade
- Redes complexas
- Causas múltiplas, efeitos não lineares, realimentação
- Invariância em escala (complexidade obtida com regras simples)

Sistemas Complexos

[ALVES, 2013]

- ❑ Referência a Morin (Teoria do Pensamento Complexo)
- ❑ Circularidade produtiva múltipla





USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Pensamento Sistêmico

Pensamento Sistêmico

[ALVES, 2013]

❑ Questionamento da aplicabilidade universal dos pressupostos do pensamento analítico:

- Todos os fenômenos podem ser compreendidos pelo seu desmembramento partes componentes e a partir de relações causais lineares.



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Pensamento Sistêmico

[ALVES, 2013]

- ❑ **Nova estrutura de pensamento para lidar com a complexidade**
- ❑ **Pensamento sistêmico é (Peter Senge, 1990)**
 - ...”uma estrutura conceitual, um conjunto de conhecimentos e instrumentos desenvolvido nos últimos cinquenta anos, que tem por objetivo tornar mais claro o conjunto e nos mostrar as modificações a serem feitas para melhorá-lo”.



USP
UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Pensamento Sistêmico

[ALVES, 2013]



USP
UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Caracterização do pensamento sistêmico (Capra, 1996)

- Mudança das partes para o todo
- Capacidade de mudar a atenção entre os níveis sistêmicos
- Inversão da relação entre as partes e o todo
- Pensar em termos de redes de relações
- Mudança epistemológica (compreensão do processo de pensar)

Pensamento Sistêmico

[ALVES, 2013]



UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

□ Níveis do pensamento sistêmico (Andrade et al., 1998)



ago-20

Marcelo Pessôa – PRO3480 - EPUSP-PRO



USP
UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Ecossistemas Digitais

Ecosystemas Digitais

[ALVES, 2013]



USP
UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

- **Por causa da presença ubíqua da web**
 - vivemos em um ambiente dual: ecológico e digital
- **Alterações provocadas pela web:**
 - Economia conectada fisicamente para economia em rede
 - Comportamento das pessoas e das organizações
 - Redes colaborativas, dinâmicas e abertas
 - Sociedade da informação => ecossistema digital

Ecosystemas Digitais

[ALVES, 2013]

□ Transição de ecossistemas biológicos para

- ecossistemas de software
- ecossistemas digitais
- ecossistemas sociais
- ecossistemas de conhecimento e

□ Auto-organização dos ecossistemas digitais



USP

UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Ecossistemas Digitais

[ALVES, 2013]

- ❑ **Metáfora biológica usada como modelo de interação entre pequenas empresas e seu ambiente e infra**
- ❑ **Os ecossistemas digitais transcendem os ambientes tradicionais: cada espécie é pró-ativa e responsiva para seu próprio benefício ou lucro.**
- ❑ **Um ecossistema digital é uma nova arquitetura em rede e um ambiente colaborativo que aborda a fraqueza do cliente-servidor, peer-to-peer, Grid e serviços da Web**



USP
UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO



EPUSP

Ecossistemas Digitais - procomum

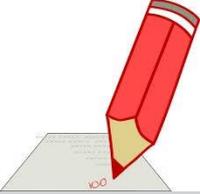
[ALVES, 2013]

- ❑ O procomum é um tipo particular de ordenamento institucional para governar o uso e disposição dos recursos.
- ❑ Sua característica proeminente, que o define em oposição à propriedade, é que nenhuma pessoa individual tem controle exclusivo sobre o uso e disposição de qualquer recurso particular.

Ecossistemas Digitais - procomum

[ALVES, 2013]

- ❑ **Em contrapartida, os recursos governados por comuns podem ser usados por qualquer pessoa que seja parte de um determinado número de pessoas (mais ou menos bem definidas) ou que estejam disponíveis para uso, de acordo com regras que podem variar de "tudo" a regras formalmente articuladas e cujo respeito é efetivamente aplicado.**
- ❑ **A discussão do procomum é consequência do fato da propriedade intelectual restringir o uso livre do conhecimento**



Exercício

Nosso sistema é uma cidade, ou uma região
Responda a seguinte pergunta:

- Dentro de sua especialidade definir um sistema de interesse que voce quer estudar**
- Como identifico os elementos desse sistema?**

5 minutos

Referências

- ❑ ISO/IEC 15288:2008, Systems and software engineering – System life cycle processes, Geneva: International Organization for Standardization, issued 1 February 2008.
- ❑ NASA Systems Engineering Handbook – https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_systems_engineering_handbook.pdf
- ❑ INCOSE - <http://www.incose.org/>
- ❑ DoD – Systems of Systems <http://www.acqnotes.com/Attachments/Systems%20Engineering%20Guide%20for%20Systems%20of%20Systems.pdf>
- ❑ Maier, M. (1998); "Architecting Principles for Systems-of-Systems"; Systems Engineering, Vol. 1, No. 4 (pp 267-284).
- ❑ Dahmann, Judith and Kristen Baldwin, (2008), "Understanding the Current State of US Defense Systems of Systems and the Implications for Systems Engineering", Montreal, Canada: IEEE Systems Conference, 7-10 April.



Referências - 2

- ❑ ALVES, Angela Maria. Proposta de uma Estrutura de Medição para Qualidade do SPB- Software Público Brasileiro. Tese de doutorado. Engenharia de Produção – 2013. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-11072014-001021/pt-br.php>
- ❑ MORIN, Edgard. The Concept of System and the Paradigm of Complexity. In MARUYAMA, Mogoroh Context and Complexity: Cultivating Contextual Understanding. Springer-Verlag, New York, 1992.
- ❑ BENKLER, Y. The Battle over the Institutional Ecosystem in the Digital Environment. Communications of the ACM. Fevereiro, 2001. Vol.44. No. 2.
- ❑ PESSOA, M.S.P; SPINOLA, M.M. Introdução à Automação. 2014. Elsevier
- ❑ BACHELS, Mark; PEET, John; NEWMAN, Peter. Using a Systems Approach to Unravel Feedback Mechanisms Affecting Urban Transport Choices
- ❑ LEONARDO, Edgard; FORERO, Duarte. El Transporte Público Colectivo en Bogotá, D.C.:Una Mirada desde la Dinámica de Sistemas.
- ❑ Duarte Forero, E. (2011). El transporte público colectivo en Bogotá, D.C.: Una mirada desde la dinámica de sistemas. En: *Ingeniería*, Vol. 16, No. 2, pág.18-34.

PRO3480

Gestão Integrada de Cidades Inteligentes

Marcelo Schneck de Paula Pessoa
EPUSP-PRO 2020