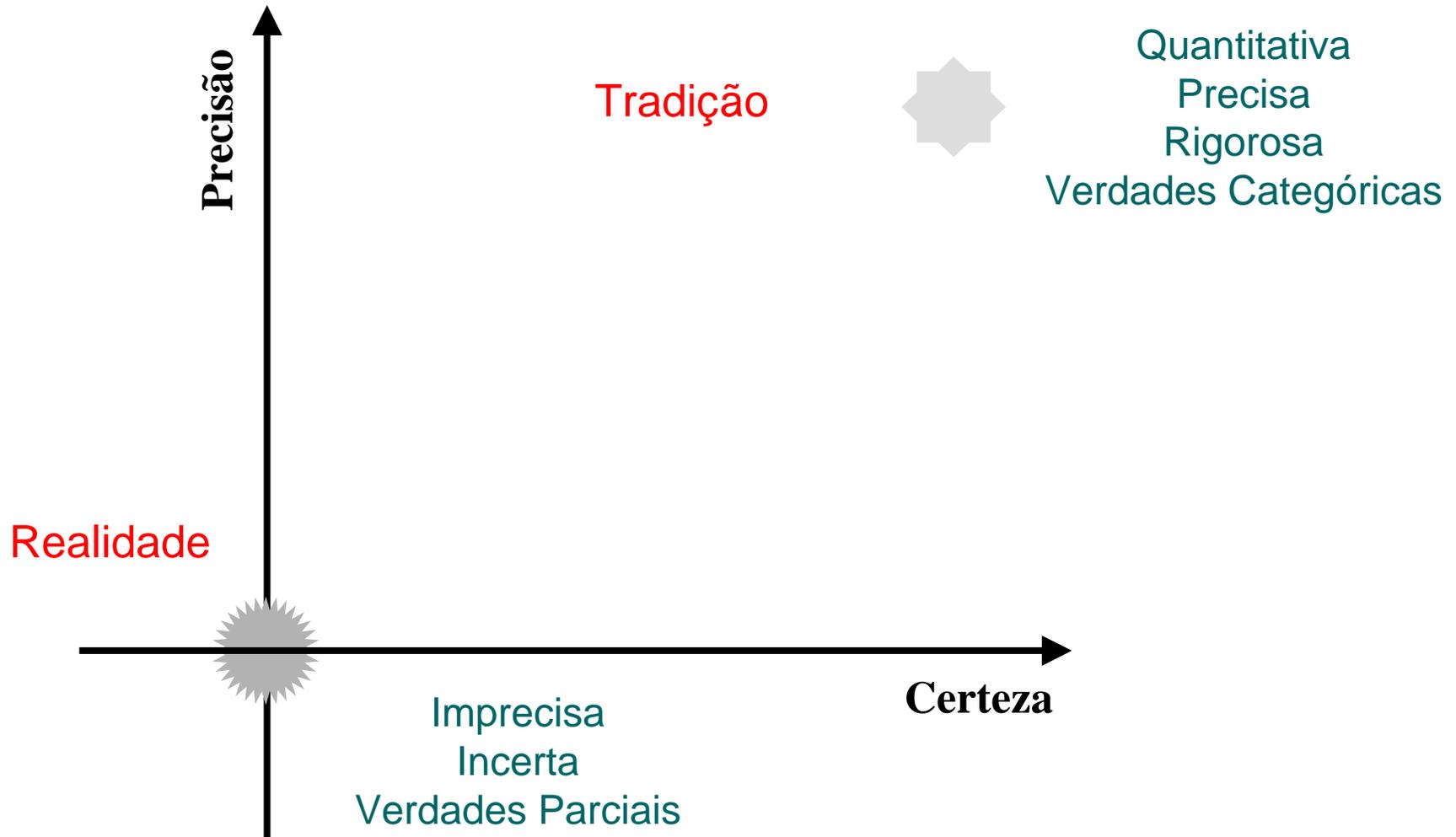


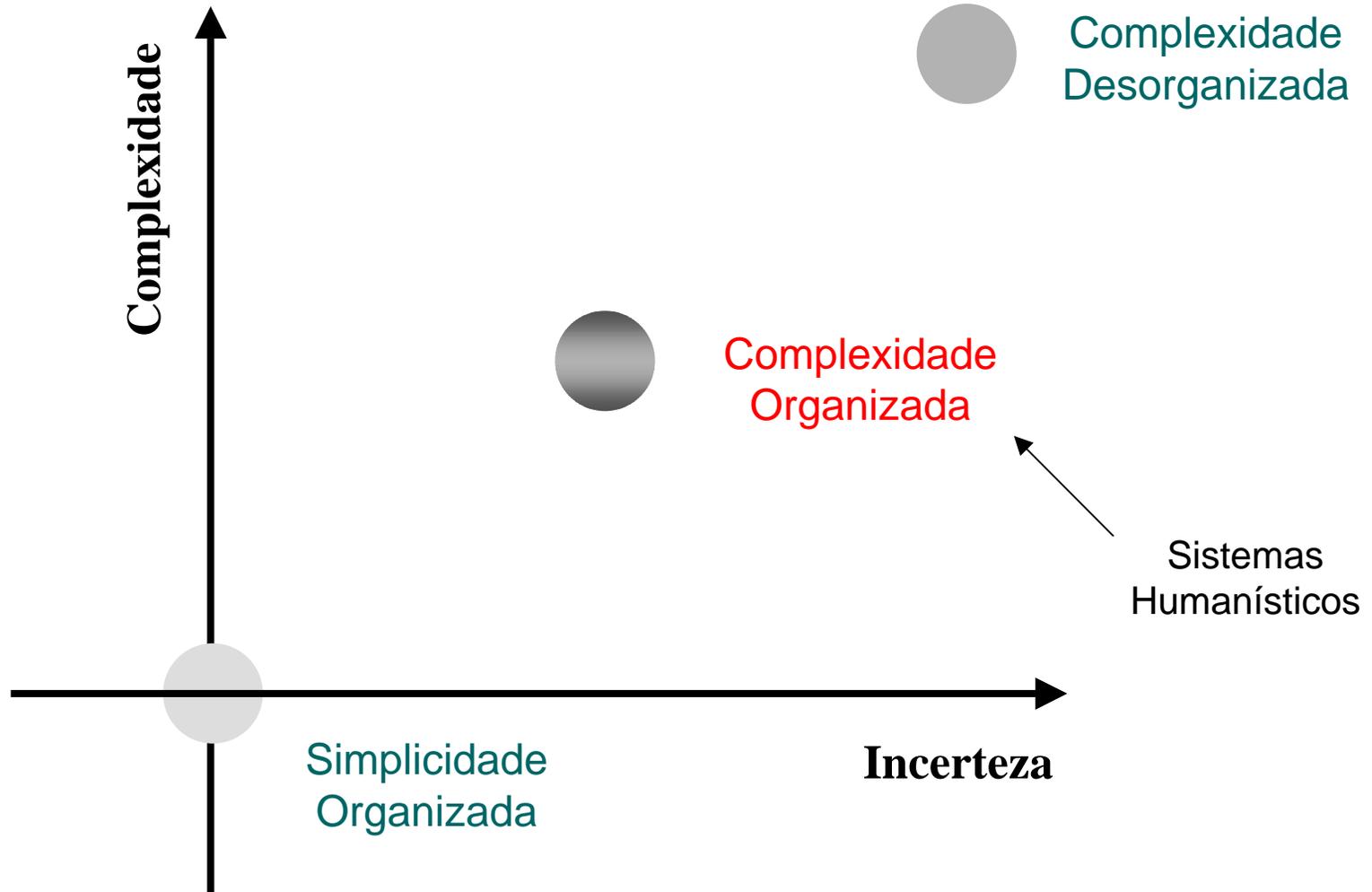
IA 861 Sistemas Nebulosos

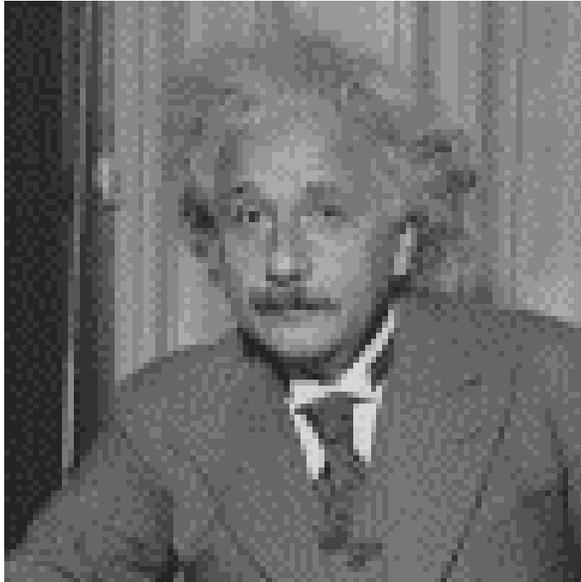
Introdução

Ciência: Tradição e Realidade



Ciência e Complexidade (Warren Weaver, 1948)





“As far as the propositions of mathematics refer to reality, they are not certain; and as far as they are certain, they do not refer to reality”. [Einstein, 1928]

Princípio da Incompatibilidade (Zadeh, 1973)



Lotfi Zadeh

“State informally, the essence of this principle is that as the complexity of a system increases, our ability to make precise and yet significant statements about its behavior diminishes until a threshold is reached beyond which precision and significance (or relevance) become almost mutually exclusive characteristics.”

Limite de Bremermann

“No data processing system, whether artificial or living, can process more than 2×10^{47} bits per second per gram of its mass” [Hans Bremermann, 1962]

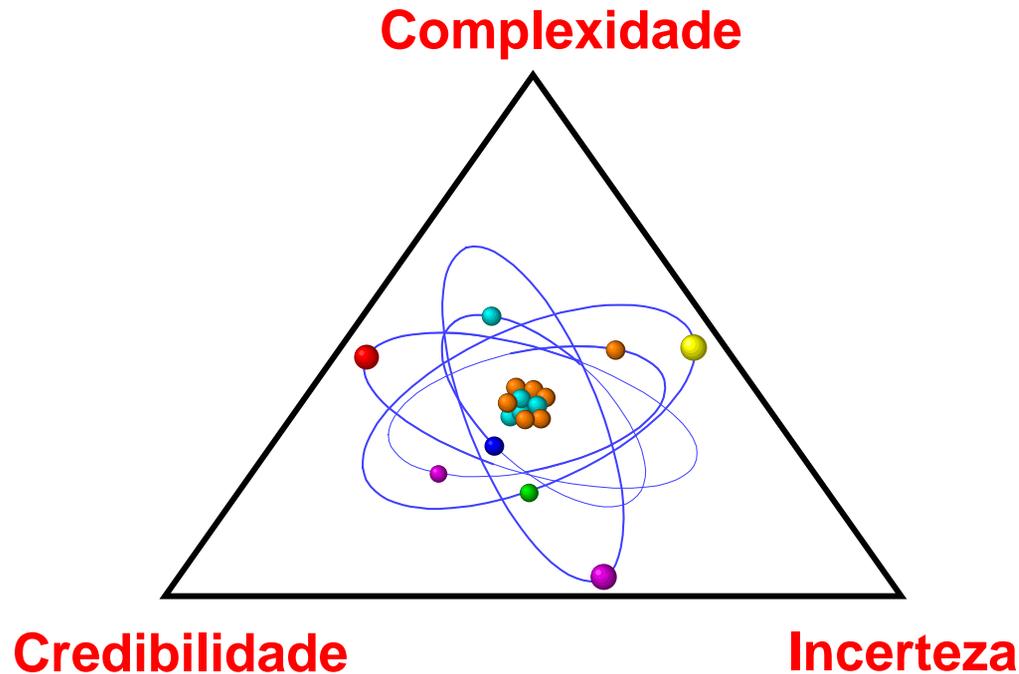
Computador do
tamanho da terra:

$$m = 6 \times 10^{27} \text{ gramas}$$

$$10^{10} \text{ anos} \approx 3,14 \times 10^7 \text{ segundos}$$

$$\text{Limite} = 2,56 \times 20^{92} \approx 10^{93} \text{ bits}$$

Modelos, Realidade e Utilidade (George Klir, 1995)



“Although usually (but not always) undesirable when considered alone, uncertainty becomes very valuable when considered in connection to the other characteristics of systems models: in general, allowing more uncertainty tends to reduce complexity and increase credibility of the resulting model.”

Exemplo: Problema do Caixeiro Viajante

Número	Precisão	Tempo
Cidades	(%)	Computação
100.000	1	2 dias
100.000	0.75	sete meses
1.000.000	3,5	3,5 horas

Fonte: New York Times, 12/03/91

Conjuntos

Utilizados para classificar elementos em conceitos gerais:

- **números pares**
- **idades que são capitais na América do Sul**
- **carros esportes**
- **números ímpares**
- **times de futebol**
- **...**

- mas na realidade existem situações como estas:
 - *grandes* cidades da América do Sul
 - *baixa* temperatura
 - *alta* taxa de inflação

- e termos como os seguintes:
 - *pequeno* erro de aproximação
 - *rápida* resposta de um sistema dinâmico
 - *mal condicionamento* de um sistema de equações lineares

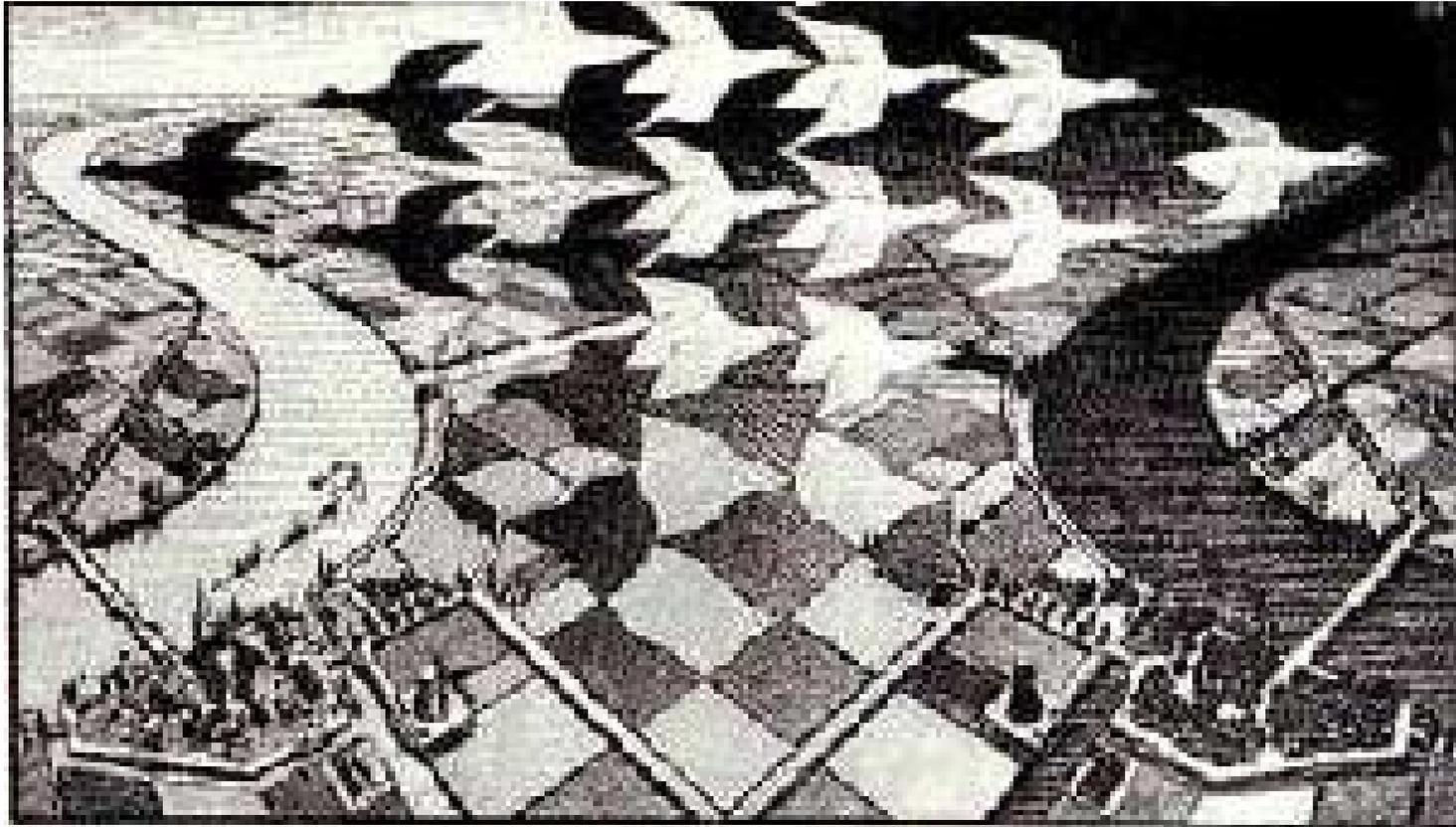
Conjuntos ??????

Problema da Dicotomia

One seed does not constitute a pile nor two nor three... from the other side everybody will agree that 100 million seeds constitute a pile. What therefore is the appropriate limit? Can we say that 325 647 seeds don't constitute a pile but 325 648 do?

Borel, 1950

Convivência dos Opostos



Escher, 1938

Convivência dos Opostos



Fuzzy em inglês significa:

“indistinct, blurred, not sharply delineated or focused”.

Tecnicamente, *fuzzy* representa imprecisão ou incerteza baseada na intuição humana e não na teoria de probabilidade

Conjuntos Nebulosos e Lógica Nebulosa

Lógica Nebulosa: esclarecimento sobre o significado do termo

- **Sentido restrito**: sistema lógico que visa o raciocínio aproximado
- **Sentido amplo**: teoria de conjuntos nebulosos

Lógica Nebulosa

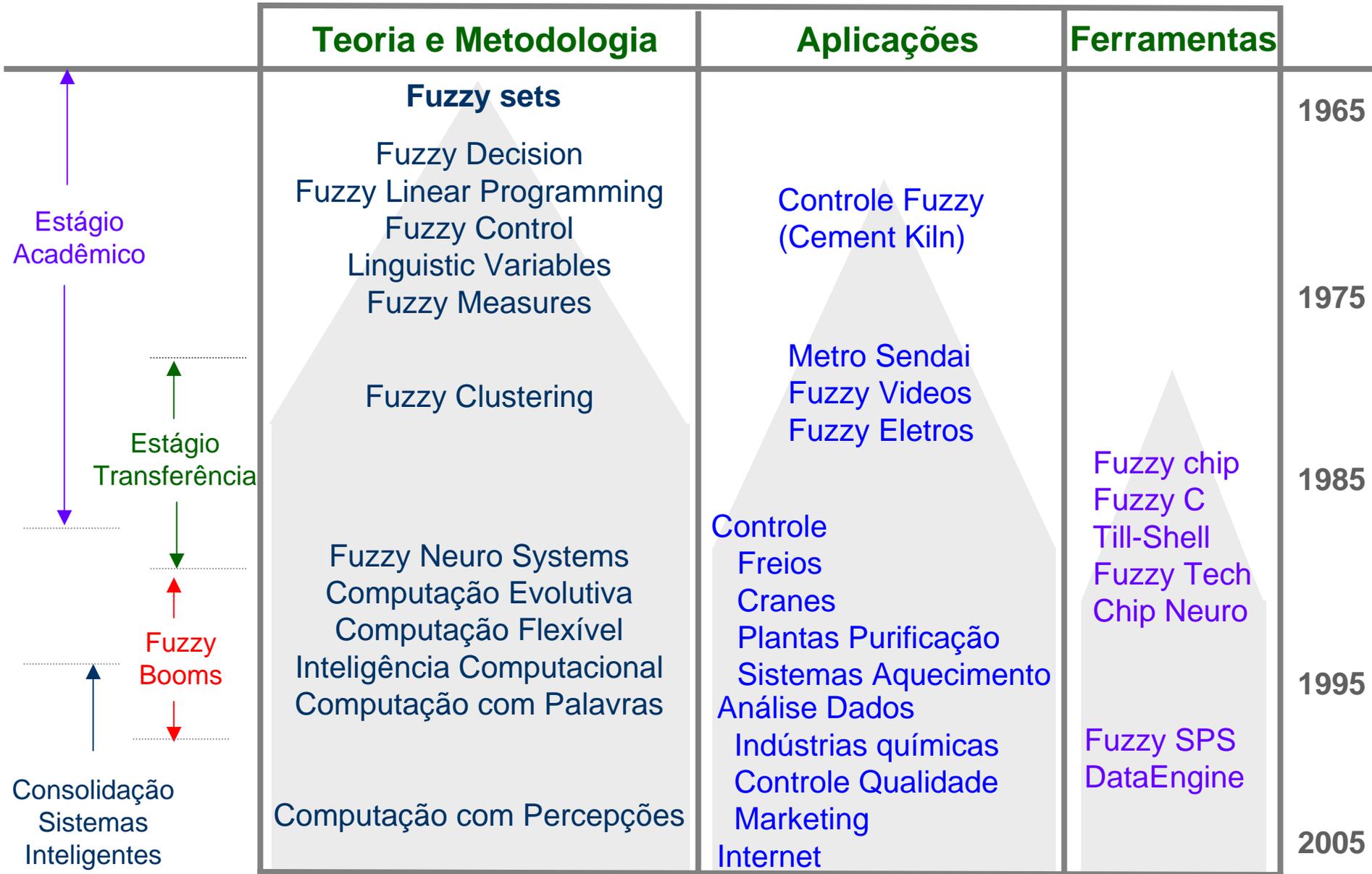
- Lógica Nebulosa: sistema lógico que formaliza o raciocínio aproximado
 - variáveis linguísticas
 - formas canônicas
 - regras se-então
 - quantificadores nebulosos
 - raciocínio interpolativo, silogismo, disposicional
- Estes elementos não são comuns em lógicas multivalores

Teoria de Conjuntos Nebulosos

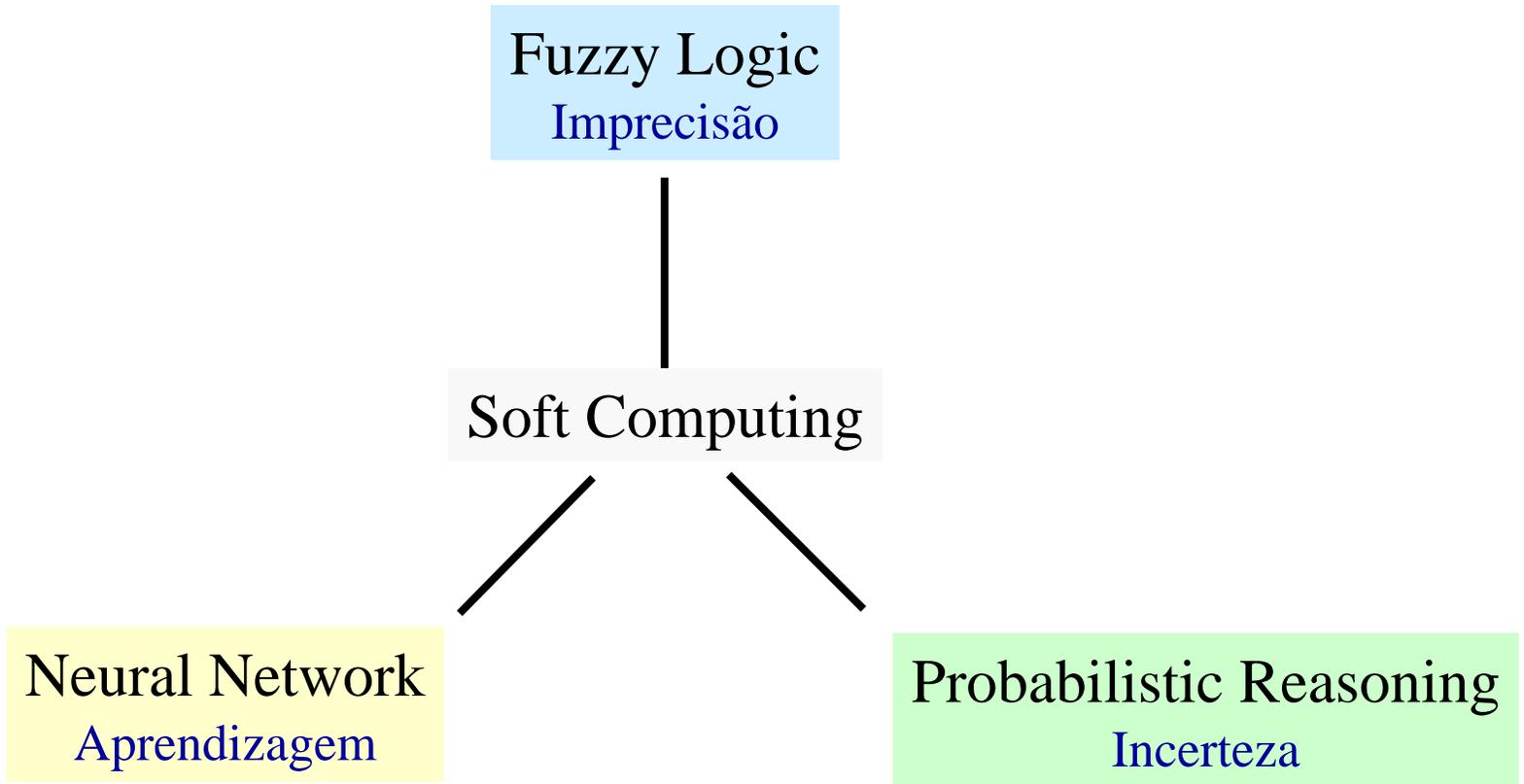
- Conjuntos nebulosos: classes cujos limites não são bem delimitados
 - aritmética nebulosa
 - programação matemática nebulosa
 - topologia nebulosa
 - grafos nebulosos
 - análise nebulosa de dados
 - fuzzificação de teorias clássicas
- A teoria de conjuntos nebulosos inclui a lógica nebulosa

- ~1920: J. Lukasiewicz, E. Post (three-valued and many valued logic)
- ~1965: L. A. Zadeh (fuzzy sets)
- ~1972: M. Sugeno (fuzzy measures)
- ~1974: E.H. Mamdani (fuzzy controller)
- ~1982: first major industrial application into operation, Denmark
- ~1986: Hitachi subway train controller
- ~1987: widespread applications of fuzzy sets in Japan
- ~1990: widespread applications of fuzzy sets worldwide

Evolução Sistemas Fuzzy



Inteligência Computational



Computação Flexível

Este material não pode ser reproduzido sem autorização prévia dos autores. Quando autorizado, seu uso é exclusivo para atividades de ensino e pesquisa em instituições sem fins lucrativos.