

---

# **Análise da dinâmica de sistemas agrários**

## ***Fundamentos Estatísticos***

---

**Benedito Silva Neto**

**Disciplina Dinâmica de Sistemas Agrários**

**Curso de Agronomia – Linha de Formação em Agroecologia**

**Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo**

---

# Introdução

- Necessidade de considerar explicitamente a **incerteza forte** no enfoque sistêmico
  - Tipo de inferência
    - Certeza: inferência dedutiva
    - Incerteza fraca: inferência indutiva
    - ***Incerteza forte: inferência abdutiva***
  - Fundamentos estatísticos
    - Possíveis para as inferências abdutivas?
    - Insuficiência da abordagem baseada em Probabilidade (incerteza fraca)
    - Outras abordagens?
-

---

# Caracterização estatística de sistemas complexos

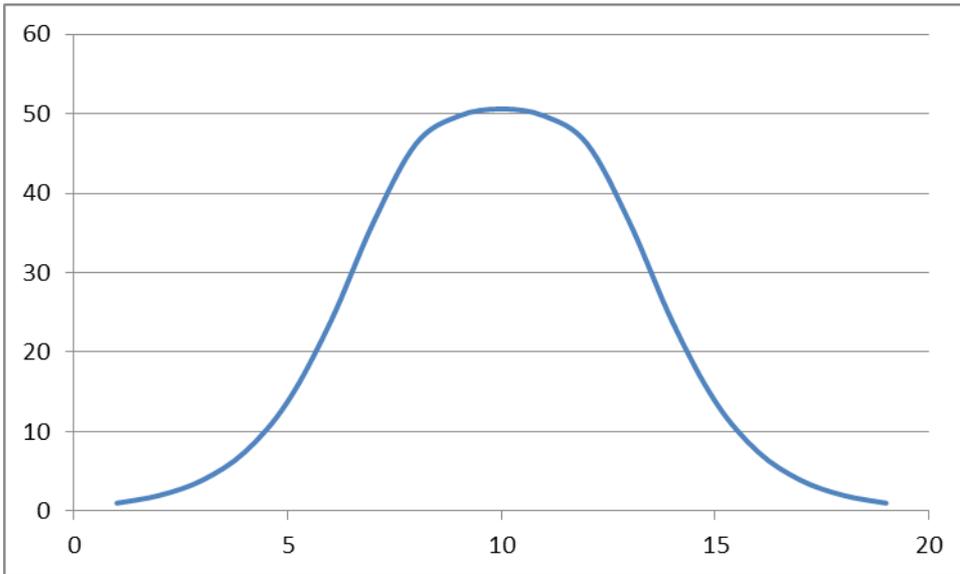
## ■ Sistemas simples

- Tendência central: média e desvio padrão
- Distribuição normal (Teorema do limite central): grande número de componentes, relações lineares, retroalimentação negativa (amortecimento)

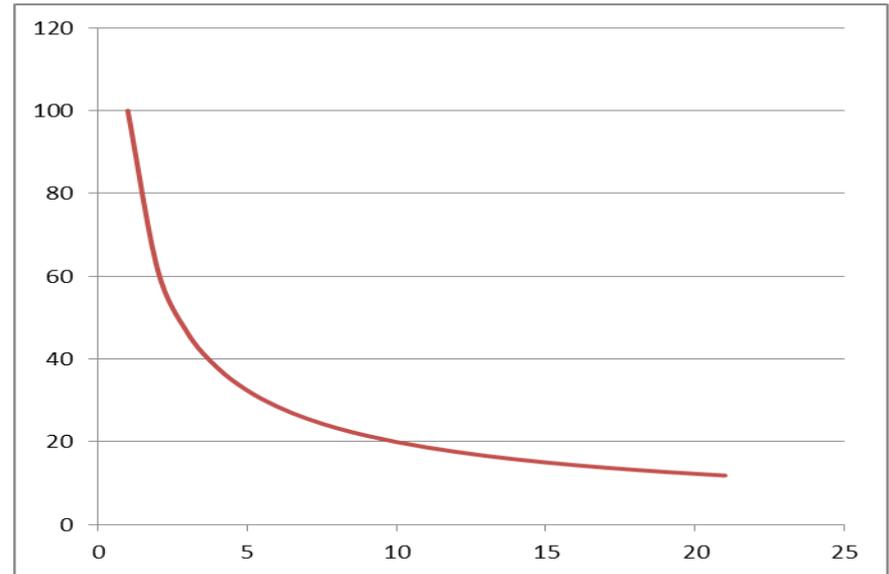
## ■ Sistemas complexos

- Medidas de tendência central? Média? Desvio padrão?
  - Distribuição da potência: relações não lineares, retroalimentação positiva
-

# Distribuições estatísticas



Distribuição normal  
(sistemas simples)



Distribuição da potência  
(sistemas complexos)

---

# Estratégias para o estudo de sistemas complexos

- Fundamentação estatística
    1. Inferências quantitativas?
    2. Diminuição progressiva da incerteza
      - Teoria?
      - Conceitos?
      - Princípios metodológicos?
      - Procedimentos?
  - Nesta disciplina utilizaremos a segunda estratégia
-

# A Teoria da Evidência de Dempster-Shafer (TE)

- Mais abrangente que a Teoria da Probabilidade (TP):
  - TP: eventos singulares com probabilidades aditivas e distribuição matemática definida => incerteza aleatória (apenas)
  - TE: conjuntos com funções não aditivas e distribuição matemática desconhecida => incerteza epistêmica (inclusive)
  - TP é um caso particular da TE (como será visto adiante)
  - Dificuldade de formalização (quantitativa) dos procedimentos da TE
  - *Conceitos estatísticos da TE podem justificar procedimentos que contradizem os princípios metodológicos da TP*
    - *Procedimento descendente*
    - *Hipóteses não previstas ...*

---

# Teoria da Evidência de Dempster-Shafer: principais funções

- Alocação de massa ( $m$ ):
    - conjunto de proposições relacionadas a um conjunto de hipóteses
  - Credibilidade ( $Bel$ ):
    - subconjunto de proposições que suportam um conjunto de hipóteses
  - Plausibilidade ( $Pl$ ):
    - subconjunto de proposições que não contradizem um conjunto de hipóteses
  - Incerteza epistêmica (Ignorância  $I$ ):  $I = Pl - Bel$
-

# Teoria da Evidência de Dempster-Shafer: descrição formal das principais funções

- Função de alocação de massa  $m(A)$ :

$$m : P(X) \rightarrow [0,1]$$

$$m(\emptyset) = 0$$

$$\sum_{A \in P(X)} m(A) = 1$$

- Função de credibilidade  $Bel(A)$ :

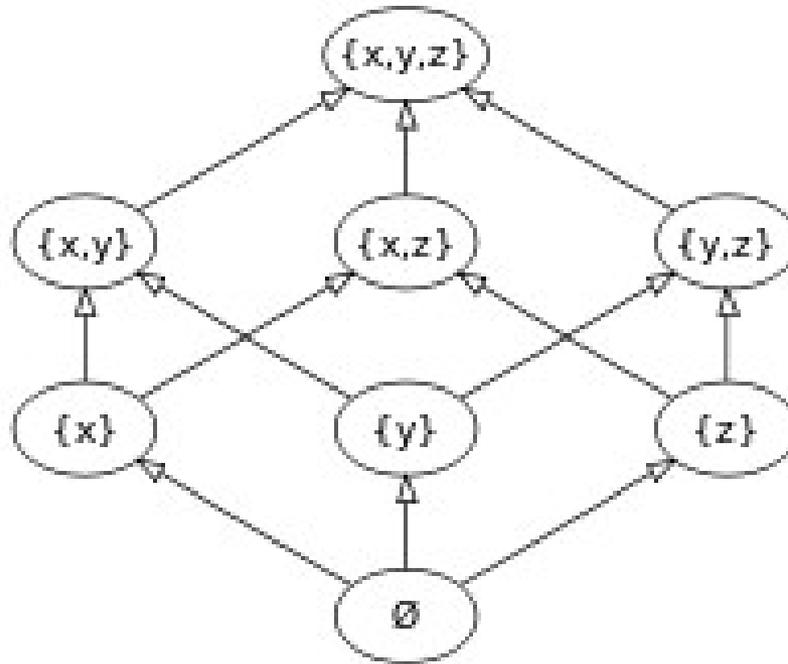
$$Bel(A) = \sum_{B|B \subseteq A} m(B)$$

- Função de plausibilidade  $Pl(A)$ :

$$Pl(A) = \sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B)$$

# Função de alocação de massa: subconjuntos de um conjunto de partes

- Um “conjunto de partes”  $A$  com  $n$  elementos singulares possui  $2^n$  subconjuntos. Por exemplo, dados 3 elementos singulares, temos 8 subconjuntos possíveis, como mostrado abaixo.



---

# Teoria da Probabilidade como um caso particular da Teoria da Evidência

- Teoria da Evidência: elementos a serem conhecidos são conjuntos, sobre os quais se admite certa ignorância (incerteza devido à falta de conhecimento, inclusive sobre quais são os subconjuntos ou elementos singulares).
  - Teoria da Probabilidade: elementos a serem conhecidos são singulares, sobre os quais, a priori, não há ignorância (apenas incerteza de qual elemento vai ocorrer).
  - TE → TP: Credibilidade = Plausibilidade, o que implica em,  
$$Pl(A) - Bel(A) = I(A) = 0$$
-

# TP x TE em uma aplicação simples

- Expressão da ignorância total em termos estatísticos
  - TP:  $P(1) = 50\%$ ;  $P(0) = 50\% \Rightarrow I = 0\%$ 
    - Não há ignorância (porque está não é prevista na TP)
    - Com o aumento de evidências as probabilidades se alteram
  - TE:  $PI = 100\%$ ;  $Bel = 0\% \Rightarrow I = PI - Bel \Rightarrow I = 100\%$ 
    - Não há evidências contrárias e nem evidências a favor
    - Como o acúmulo de evidências a ignorância diminuir até um nível considerado suficiente (mas dificilmente chegar a zero)

---

✓ *Exemplos...*

# Quadros de Discernimento e Hipóteses Imprevistas

- Os conjuntos de partes na TE podem ser transformados em “quadros de discernimento”, definidos por subconjuntos de “granulação” variável e não a partir elementos singulares como na TP.
- O refinamento sucessivo dos quadros de discernimento permite o tratamento de “hipóteses não previstas”, que não eram evidentes em subconjuntos maiores.
- *Tais conceitos permitem a análise da agricultura como um processo histórico, complexo e evolutivo (propriedades emergentes, organização, inovações...)*

---

# Considerações Finais

- Estudos em condições não controladas
    - Flexibilidade do quadro de discernimento
    - Consideração de hipóteses não previstas
    - Princípios metodológicos e procedimentos
      - Compatíveis com os princípios de uma análise estatística rigorosa.
      - Compatível com a complexidade do desenvolvimento da agricultura (contexto histórico e geográfico...).
-

---

# Referência

- SILVA NETO, B. Fundamentos estatísticos da análise-diagnóstico de sistemas agrários: uma interpretação baseada na teoria da evidência de Dempster-Shafer. *Desenvolvimento em Questão*, v. 6, n. 12, p. 121-148, 2008.
-