

Materialismo Histórico e Teoria de Sistemas

Benedito Silva Neto

Disciplina de Dinâmicas de sistemas agrários

Curso de Agronomia – Linha de Formação em Agroecologia

Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo

Introdução

- Ciência e materialismo histórico
 - Os cientistas explicam fenômenos e processos, em última instância, a partir da sua materialidade.
 - Porém, a realidade é dinâmica e mutante, ou seja, histórica.
- O materialismo histórico (MH) é uma forma científica, por excelência de conceber a natureza da realidade que nos cerca.
- Alternativas ao MH
 - Materialismo mecanicista
 - Idealismo objetivo
 - Idealismo subjetivo

Materialismo histórico e sistemas (I)

- Realidade e história
 - Não apenas as sociedades humanas possuem uma história
 - Como explicar o caráter histórico da natureza?
 - Dialética = ?
- Teoria de Sistemas
 - Concebida inicialmente como uma abordagem da realidade sem um conteúdo em si (?!)
 - Inicialmente se limitou, essencialmente, em uma teoria com forte apelo discursivo, mas com poucas aplicações práticas
- A partir do final dos anos 1960
 - Matemática: teoria das catástrofes, teoria do caos, dinâmica de sistemas não lineares
 - Físico-química: sistemas dissipativos que se mantêm longe do equilíbrio

Materialismo histórico e sistemas (II)

- As teorias mais recentes sobre sistemas podem ser aplicadas para explicar o caráter histórico da realidade a partir das suas características mais elementares (ser inorgânico)
- Mas a especificidade do ser social só pode ser compreendida a partir do materialismo histórico
- O estudo da teoria de sistemas pode servir como uma introdução ao do materialismo histórico.
- Este, por sua vez, é imprescindível para a compreensão do que é um **sistema agrário** e, conseqüentemente, como aplicar esta abordagem para a análise da agricultura

Sistemas

- Noção associada ao fato de muitos objetos a serem estudados são conjuntos cujos componentes relacionam-se entre si.
- Ênfase nas propriedades do conjunto de elementos inter-relacionados, em detrimento da análise dos elementos considerando-os de forma isolada.
- ✓ *Questão básica: a noção de sistema é apenas uma forma de interpretar a realidade ou o caráter sistêmico é uma característica da própria realidade?*
 - ✓ *Caso da agricultura?*

Estudo de sistemas: apenas um método?

- É possível estudar a realidade sem pressupostos sobre a sua natureza?
- “Ausência de pressupostos” = pressuposto de sistemas simples
 - Exemplo: estatística probabilística
- ✓ *Os primeiros teóricos do enfoque sistêmico pretendiam que este fosse usado tal como a estatística (probabilista) é empregada! (de forma pretensamente neutra de um ponto de vista ontológico...)*
- ✓ *Contradições com a própria noção de sistema, pois esta é importante porque revela características da realidade em si que devem ser consideradas na atividade científica...*

- A teoria de sistemas possui um caráter *ontológico*, isto é, que diz respeito a própria natureza da realidade.
- Não é apenas uma questão *epistemológica*, que implica apenas em como conhecer a realidade.

Complexidade ontológica

- Ordem de complexidade ontológica
 - Sistemas físico-químicos < biológicos < sociais
- Isto refere-se apenas as características gerais dos sistemas, não ao comportamento de sistemas específicos
 - Sob determinadas circunstâncias, um sistema físico pode apresentar maior complexidade (relação entre estrutura e função; imprevisibilidade, p.ex.) do que um sistema social => característico da própria complexidade!
 - Por outro lado, sistemas sociais são mais complexos (caráter histórico mais pronunciado, menor previsibilidade, p. ex.) que os demais

A historicidade dos seres inorgânicos (minerais)

- Não pode haver história nos demais níveis de complexidade ontológica, se os seres inorgânicos não possuísem um caráter histórico
- Em seu nível de complexidade ontológica mais elementar, os subsistemas que compõe a biosfera são “estruturas dissipativas”. Subsistemas da biosfera:
 - Populações, sociedades humanas, ecossistemas e biomas

A Terra: um sistema evolutivo

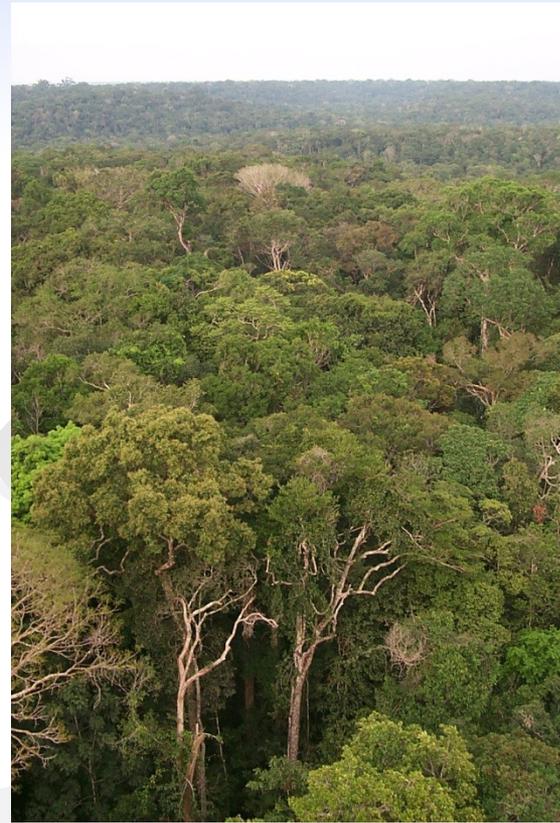


As transformações do planeta Terra



Inf...zação

Exemplos de sistemas termodinâmicos organizados (estruturas dissipativas)



Planeta Terra e evolução

- Desde antes da vida, a Terra evolui (!?)
 - A Biosfera evolui (desde 3,5 bilhões de anos atrás).
 - Os Biomas evoluem.
 - Os Ecossistemas evoluem.
 - As Sociedades evoluem...
-
- ✓ *Mas o que é evolução?*
 - ✓ *Evolução = “progresso”?*
 - ✓ *Evolução x História?*

Algumas características da evolução

- No longo prazo, a evolução não apresenta uma tendência clara!
 - Mudança
 - Irreversibilidade
 - Novidade
 - Surpresa
- O que os sistemas evolutivos têm em comum?
 - **TODOS SÃO SISTEMAS TERMODINÂMICOS QUE SE MANTÊM LONGE DO EQUILÍBRIO!**
 - “ESTRUTURAS DISSIPATIVAS”
 - **TODOS SÃO SISTEMAS COMPLEXOS AUTO-ORGANIZADOS**
 - “COMPLEXIDADE” (= ?)

Fundamentos termodinâmicos

- Algumas relações e conceitos básicos:

$$\Delta E = \Delta G + T\Delta S$$

onde

E = energia total do sistema (joules)

G = energia livre (joules)

T = temperatura (graus Kelvin)

S = entropia (joules/graus Kelvin)

(Δ = *mudança, alteração*)

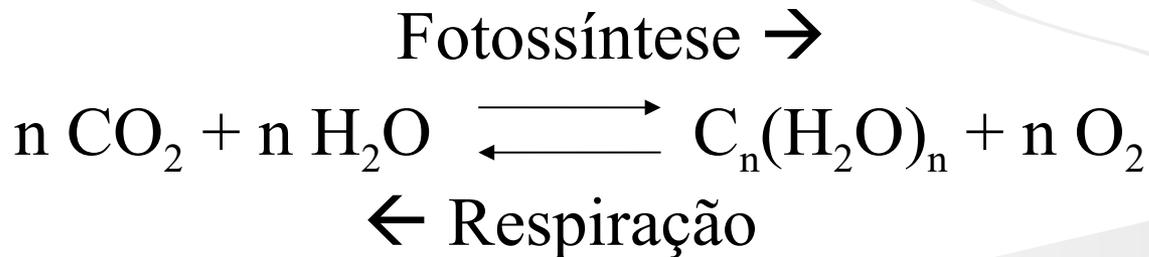
Quanto menor a organização de um sistema, maior é a sua entropia.

- A entropia (S) indica a quantidade de energia que não pode produzir trabalho (grosso modo, trabalho = alterações de volume e de pressão), dissipando-se na forma de calor.
- Assim a entropia é definida por: $S = Q/T$
onde Q = calor e T = temperatura

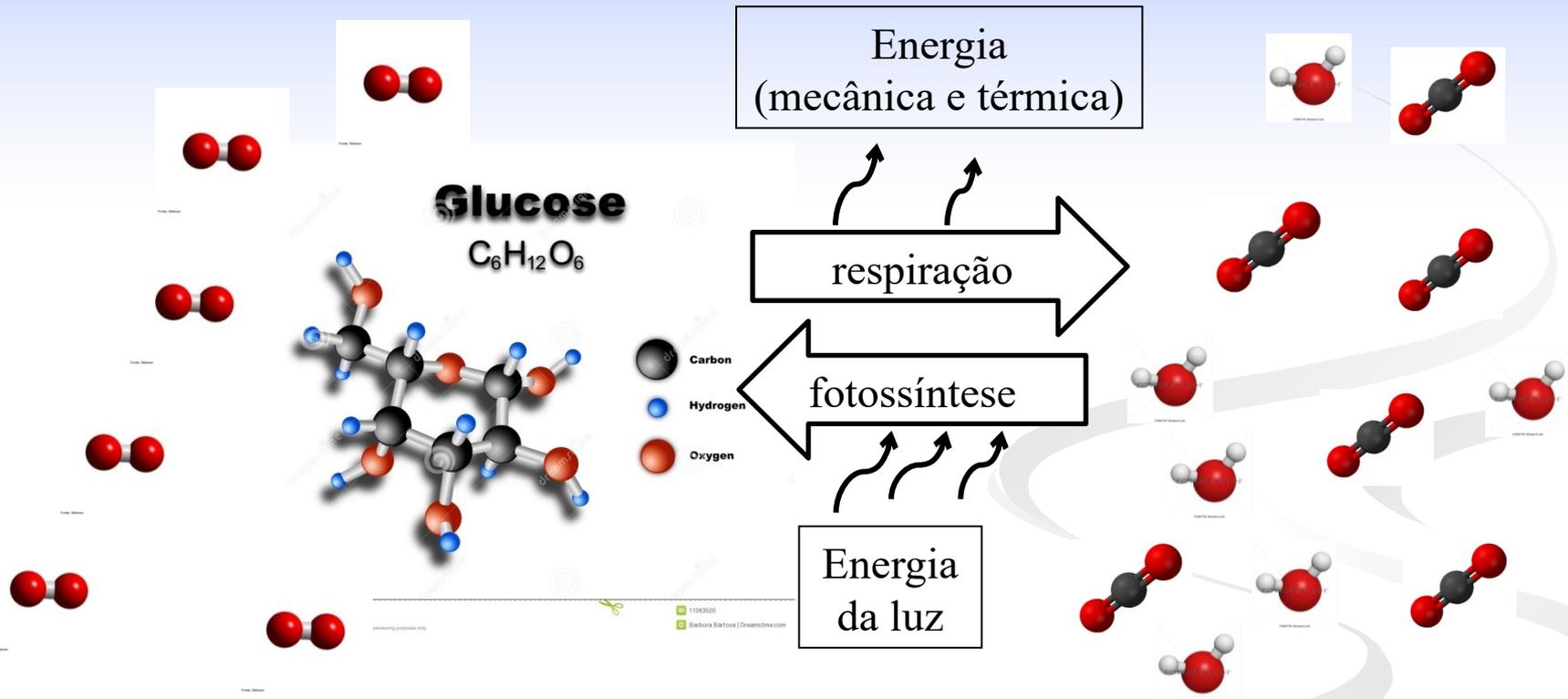
O planeta Terra: um sistema termodinâmico longe do equilíbrio

■ Atualmente:

- Concentração elevada de gás oxigênio (altamente reativo).
- Baixa concentração de gás carbônico (pouco ativo quimicamente).
- Água líquida.



Exemplo: fotossíntese e respiração



Entropia da molécula de glicose (carbono):
 $S \sim \ln(1) = 0$

Entropia das moléculas de gás carbônico:
 $S \sim \ln(6) = 1,792$

Estrutura Dissipativa



Observação: todo sistema termodinâmico isolado tende ao equilíbrio, atingindo um máximo de entropia

Estruturas dissipativas

- Origem fundamental da complexidade
- Complexidade:
 - Sistemas com estruturas simples podem apresentar comportamento complexo (imprevisível).
 - Sistemas com estruturas complicadas podem apresentar comportamento simples (previsível).
 - Historicidade
- *Estrutura x comportamento*
- *Mudanças qualitativas de comportamento*
- *Formalização matemática:*
 - ➔ *sistemas não-lineares (não aditivos = interações)*

Aspectos matemáticos dos sistemas complexos

- Caracterizam-se por relações não lineares (ou não aditivas) e, em geral exponenciais

- Relação aditiva (lineares)

$$6 + 3 = 9$$

- Relações não lineares polinomiais

$$6 * 3 = 18$$

$$6 / 3 = 2$$

$$6 ^ 3 = 216$$

- Relação não lineares exponenciais

$$e_t = (e_{(t-1)})^x$$

Observação importante:

O fato de um sistema não ser linear, NÃO significa que relações lineares entre seus componentes não sejam válidas ou que ele possa transgredir relações matemáticas, como por exemplo: $6 + 3 \neq 9$ (?!?!??)

O ser social

- Os seres humanos modificam intencionalmente a natureza, ao se relacionar com ela
 - Intenção consciente (“posição teleológica”) que mobiliza relações de causa e efeito (“processos causais”)
 - Posições teleológicas são determinadas por escolhas entre alternativas (liberdade) de sujeitos conscientes sobre a manipulação de objetos, ou sobre posições teleológicas de outros sujeitos
 - ⇒ caráter contingente, porém racional, das escolhas (necessidade “post festum”...)
 - Posições teleológicas sobre outras posições teleológicas (relações sociais) geram processos sociais causais.
 - Os sistemas sociais são os que apresentam maior complexidade ontológica

Propriedades emergentes e Totalidade

- Bertalanfy: “O sistema é maior do que a soma das partes que o compõe”.
- As relações não lineares entre os componentes de um sistema podem gerar propriedades do mesmo não encontradas em nenhum dos seus componentes.
= PROPRIEDADES EMERGENTES
- ✓ *Química: substâncias x átomos*
- ✓ *Biologia: células x tecidos; tecidos x órgãos*
- ✓ *Sociedade: indivíduos x critérios de decisão*
- As propriedades de um sistema são determinantes das propriedades de seus componentes = TOTALIDADE
- ✓ *Sociedade: preços; reprodução social de unidades de produção*

Exemplos

The background features a blue-to-white gradient. On the right side, there are several thick, light gray wavy lines that curve and flow downwards, creating a sense of movement and depth.

Sistema inorgânico: a atmosfera

- O **Atrator de Lorenz** foi desenvolvido por [Edward Lorenz](#) em [1963](#), que o derivou a partir das equações simplificadas de rolos de convecção que ocorrem nas equações da [atmosfera](#). É um mapa caótico que mostra como o estado de um [sistema dinâmico](#) (contínuo) evolui no tempo num padrão complexo, não-repetitivo e cuja forma é conhecida por se assemelhar a uma borboleta.
- Trata-se de um sistema não-linear, tridimensional e determinístico que exhibe comportamento caótico e demonstra aquilo a que hoje se chama um [atrator estranho](#).

Modelo de Lorenz

$$dX/dt = s.(Y - X)$$

$$dY/dt = r.X - Y - X.Z$$

$$dZ/dt = X.Y - b.Z$$

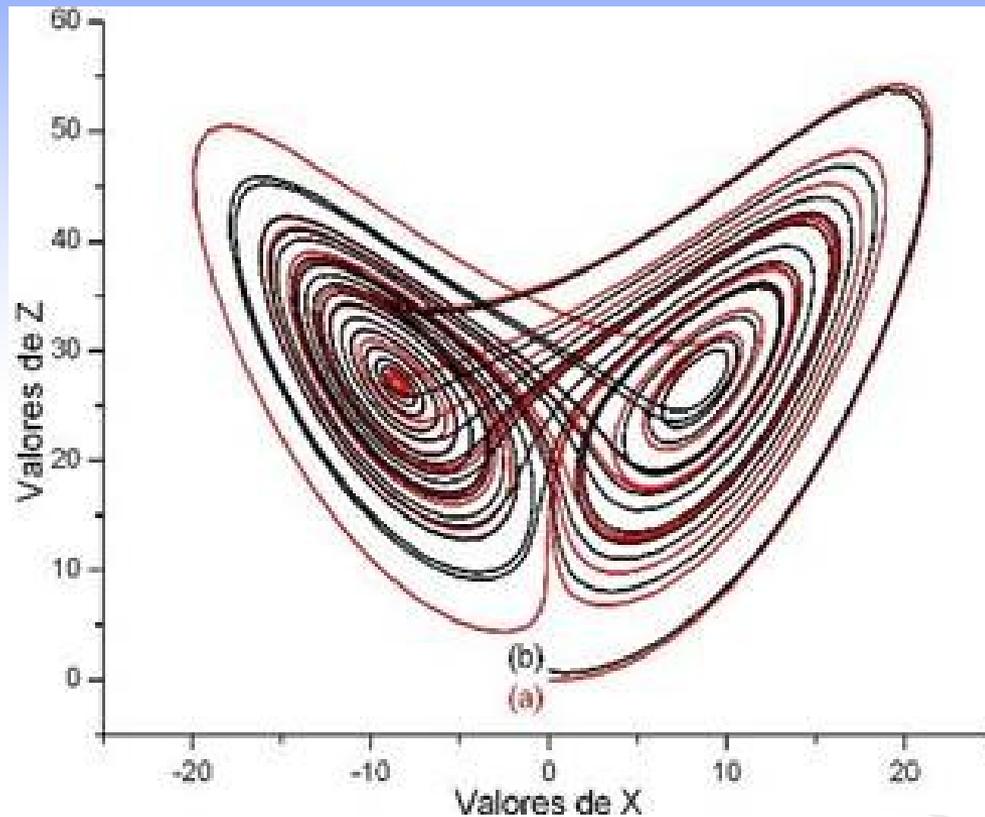
Trata-se de um sistema **contínuo tridimensional**, onde:

- "X" representa o fluxo convectivo ("vento");
- "Y" a distribuição horizontal das temperaturas;
- "Z" a distribuição vertical das temperaturas.

Os três parâmetros que intervêm nas equações são:

- . "s" relação entre a viscosidade e a condutividade térmica, ("número de Prandtl");
- . "r" proporcional à diferença de temperaturas entre os lados inferior e superior, ("número de Rayleigh reduzido");
- . "b" relação entre a altura e a largura do retângulo.

Atrator de Lorenz



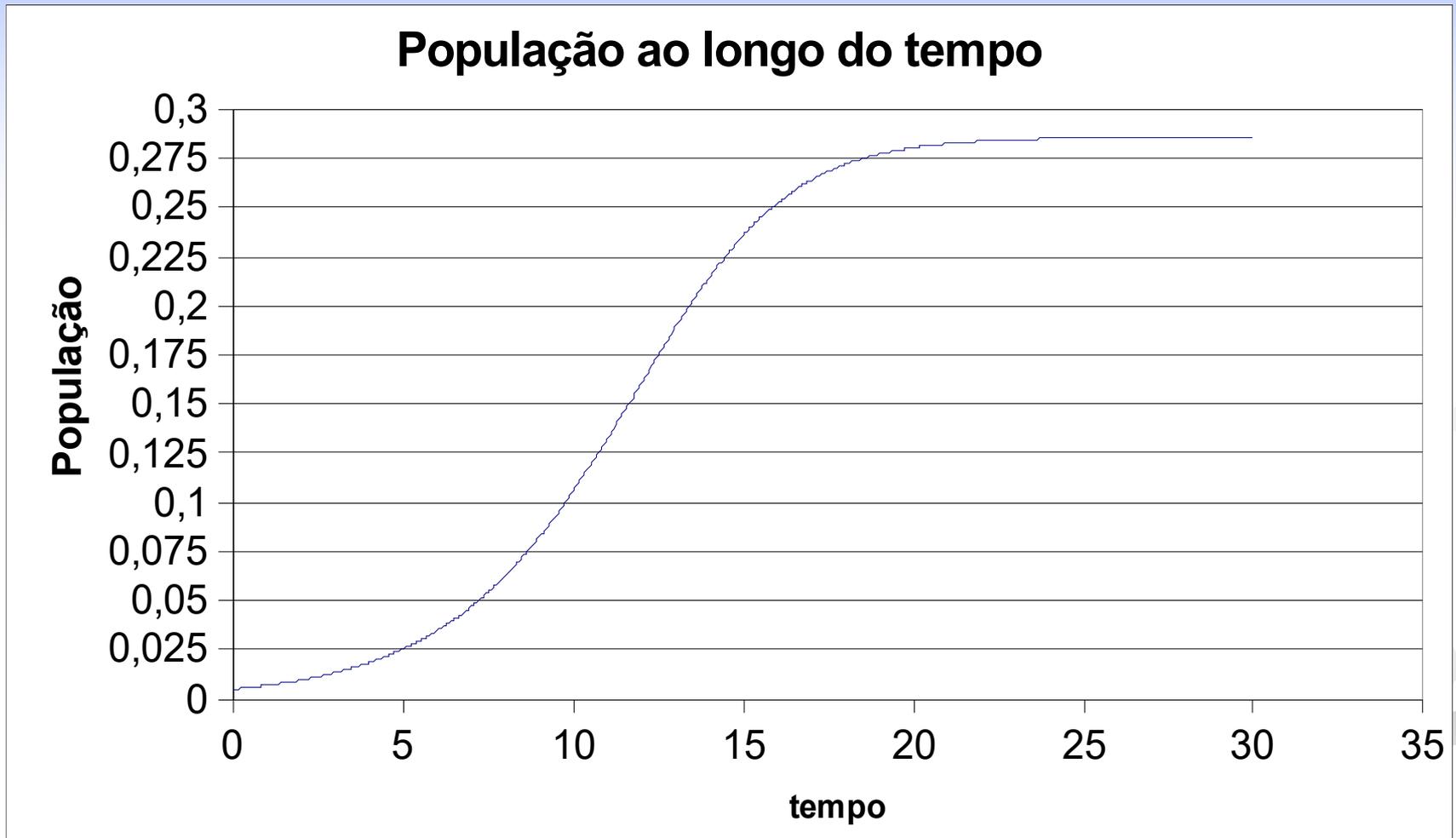
- Atrator de Lorenz no plano XZ, para os valores iniciais:
(a) $X_0 = 0,0$; $Y_0 = 0,6$; $Z_0 = 0,0$;
(b) $X_0 = 0,0$; $Y_0 = 0,6$; $Z_0 = 1,0$.

comportamento discreto

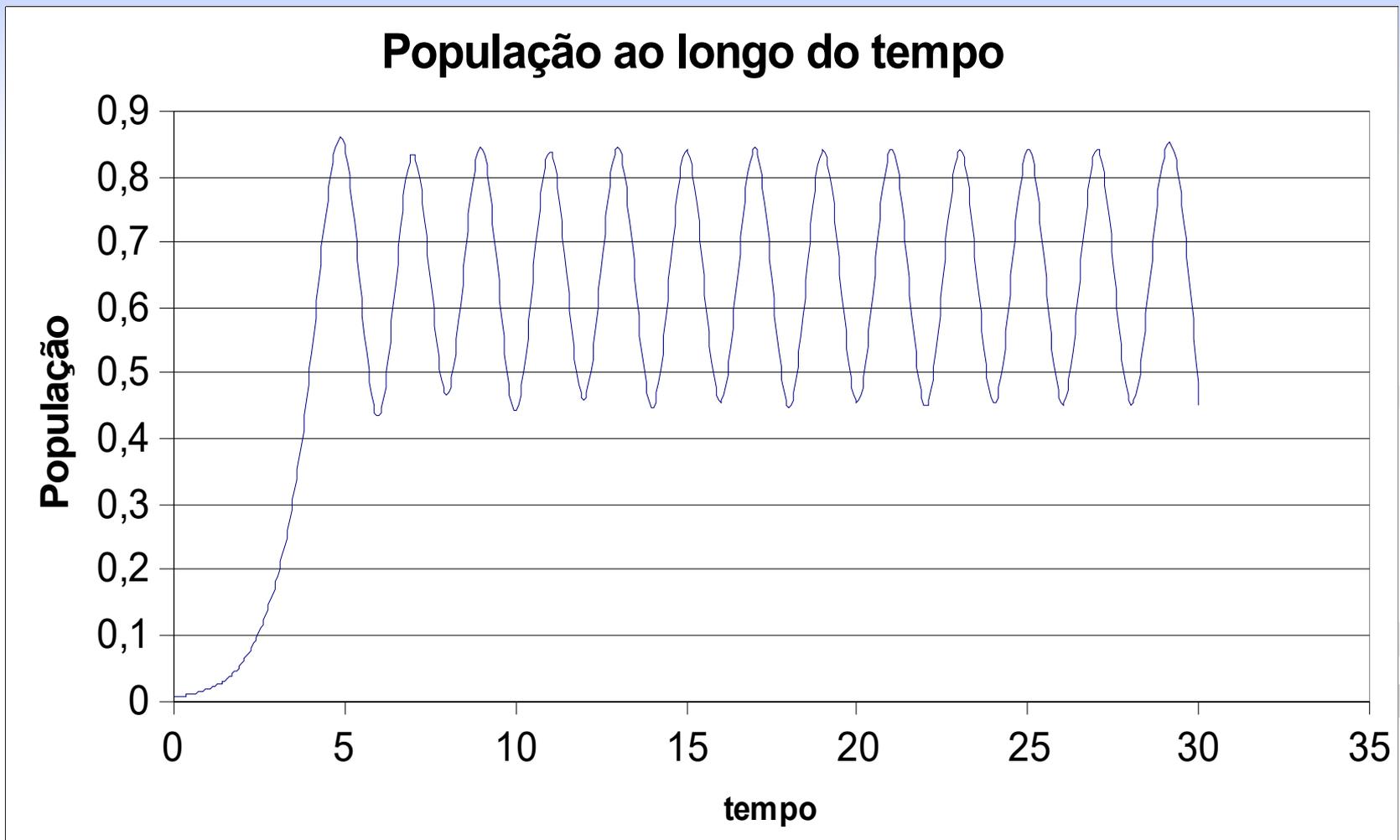
❖ Emergência

- $P_t = P_{t-1} + P_{t-1} * r * (1 - P_{t-1}/P_{\max})$
- O comportamento deste sistema depende do valor da taxa potencial de crescimento “r” (que define as relações entre os membros da população)
- Possibilidade de diferentes regimes de funcionamento, inclusive caótico-determinista

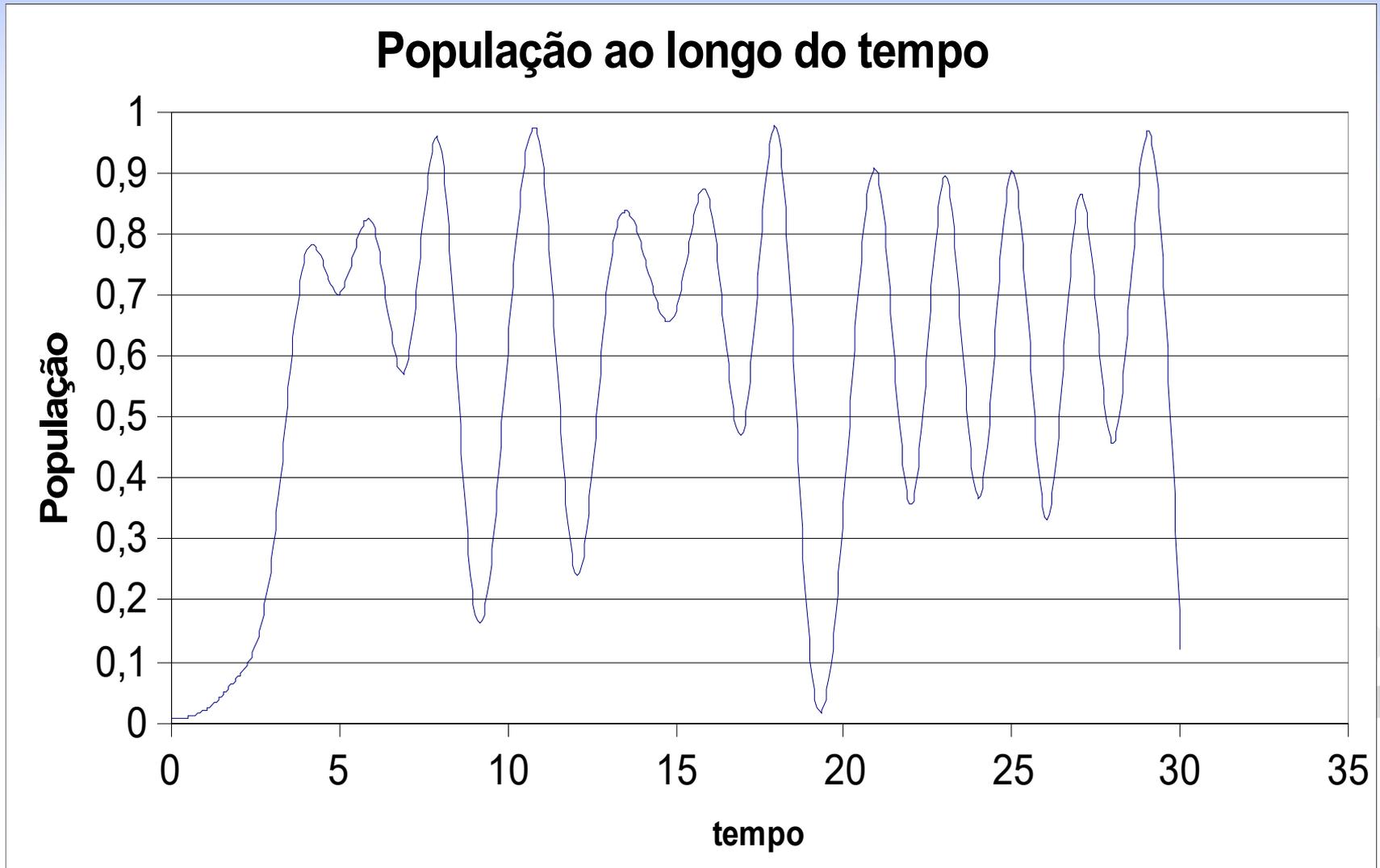
Tendência ao equilíbrio



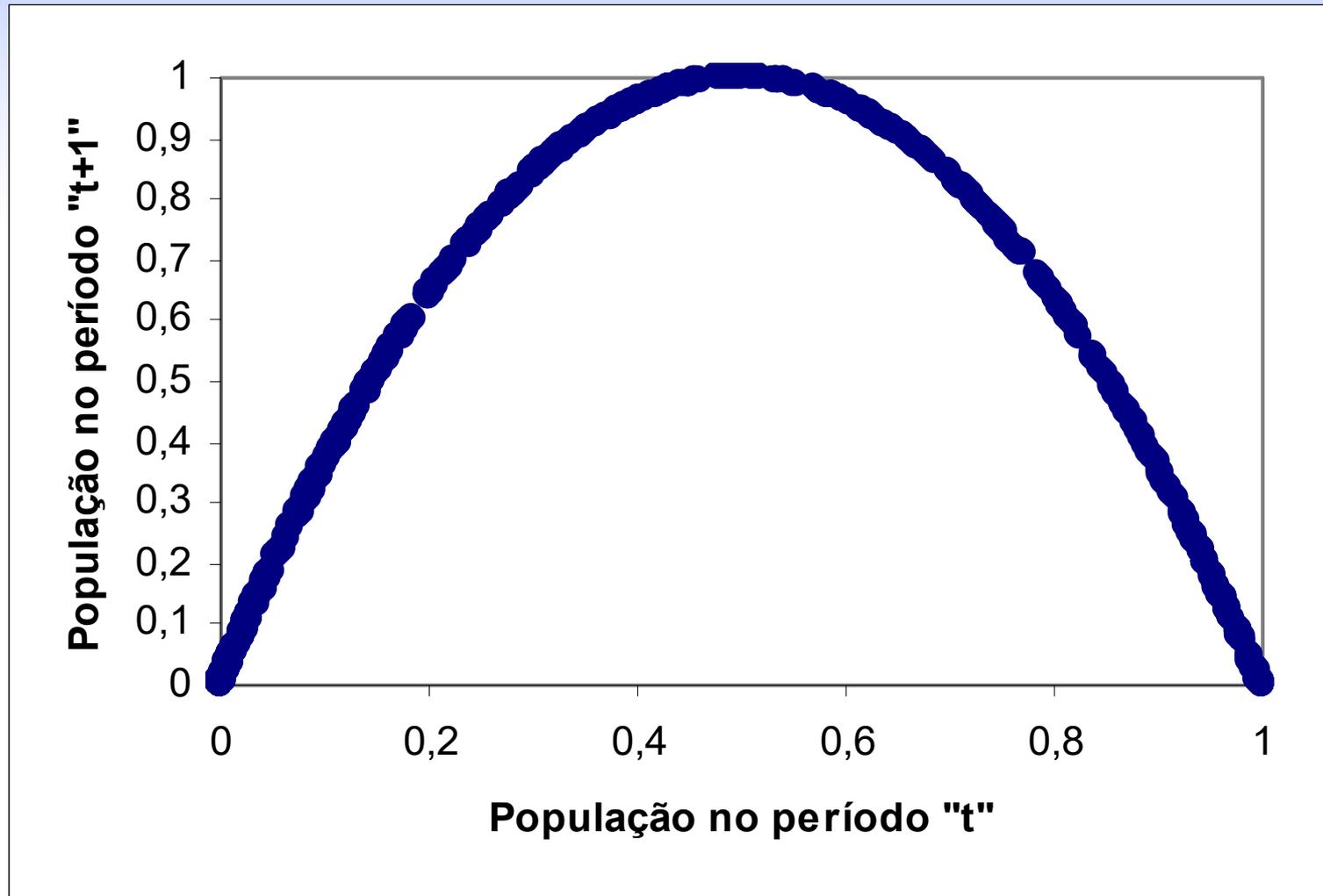
Comportamento cíclico



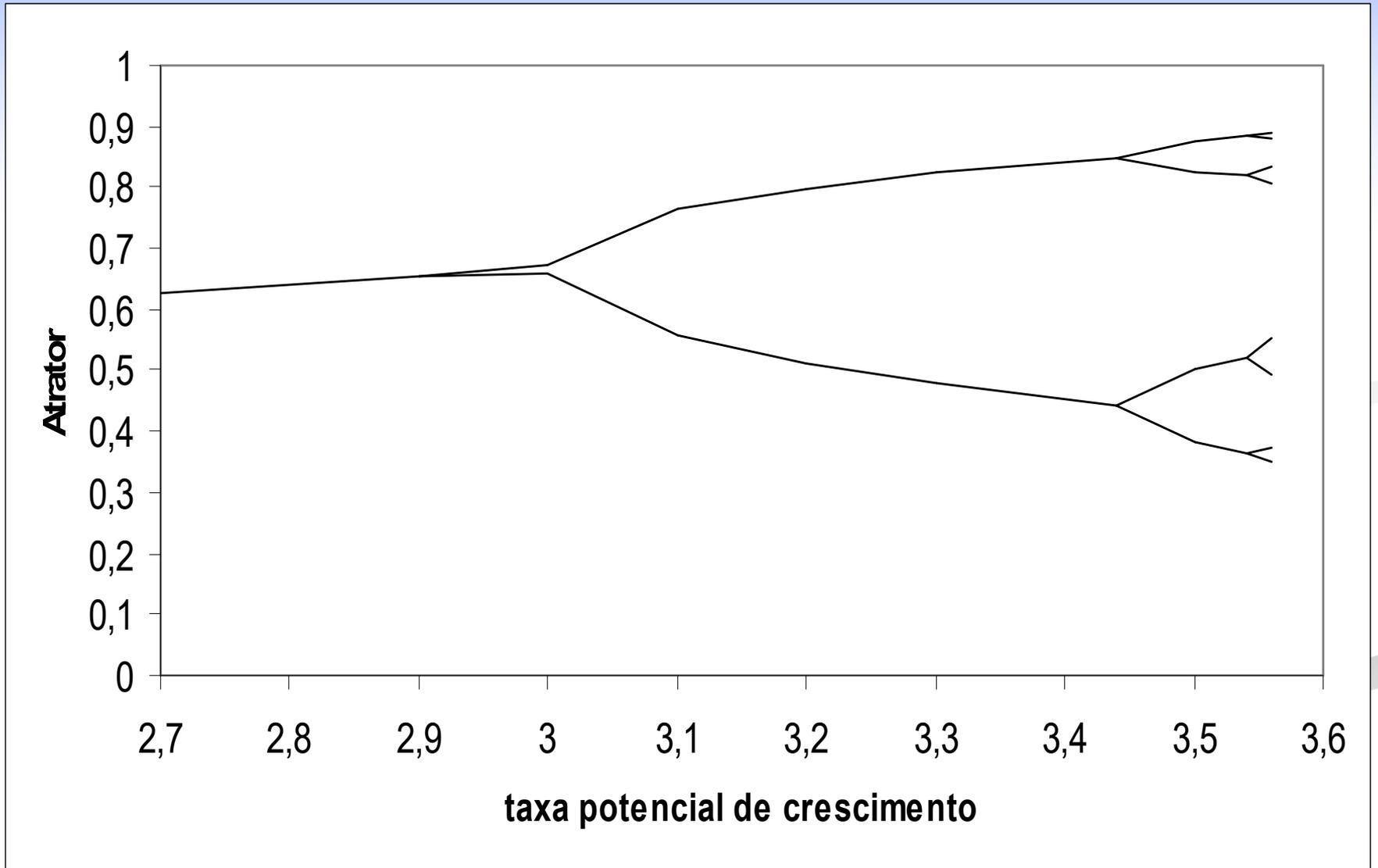
Caos-determinista – série temporal



Caos Determinista - atrator estranho



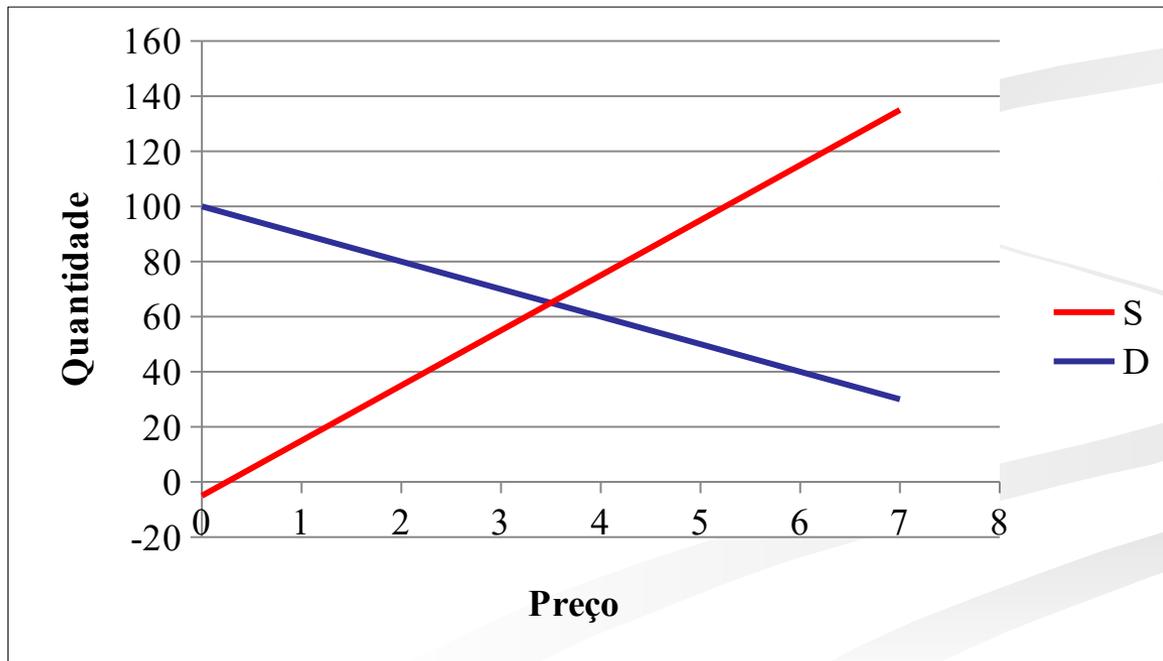
Bifurcações



Sistema social: mercado agrícola

❖ Totalidade

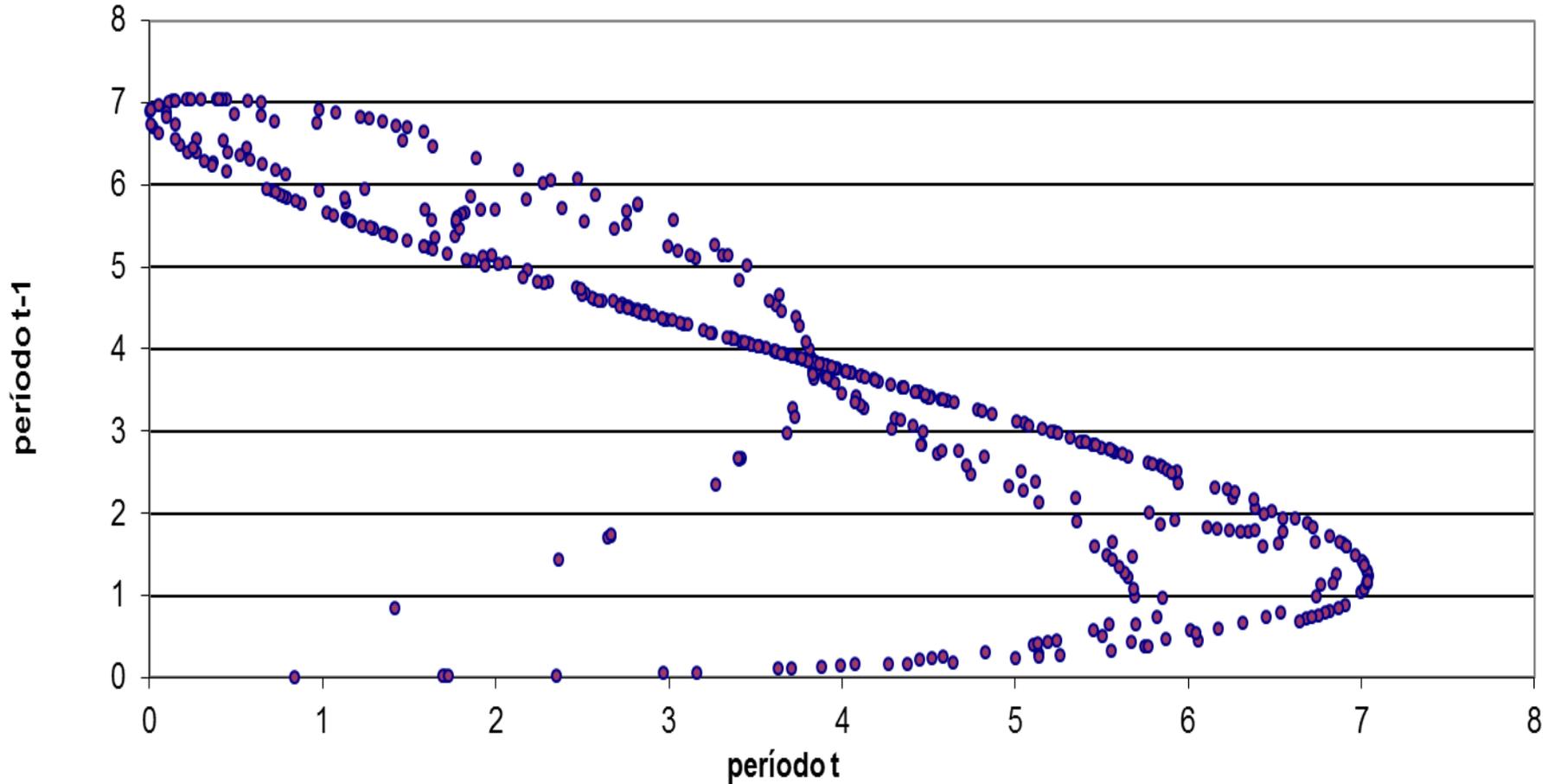
- Mercado sazonal (sistema discreto)
- Oferta = $S = s p_a - C$ (onde p_a = preço antecipado)
- Demanda = $D = - d p_r + B$ (onde p_r = preço real)
- $S = D \Rightarrow p_a = p_r = p_e$ (onde p_e = preço de equilíbrio)



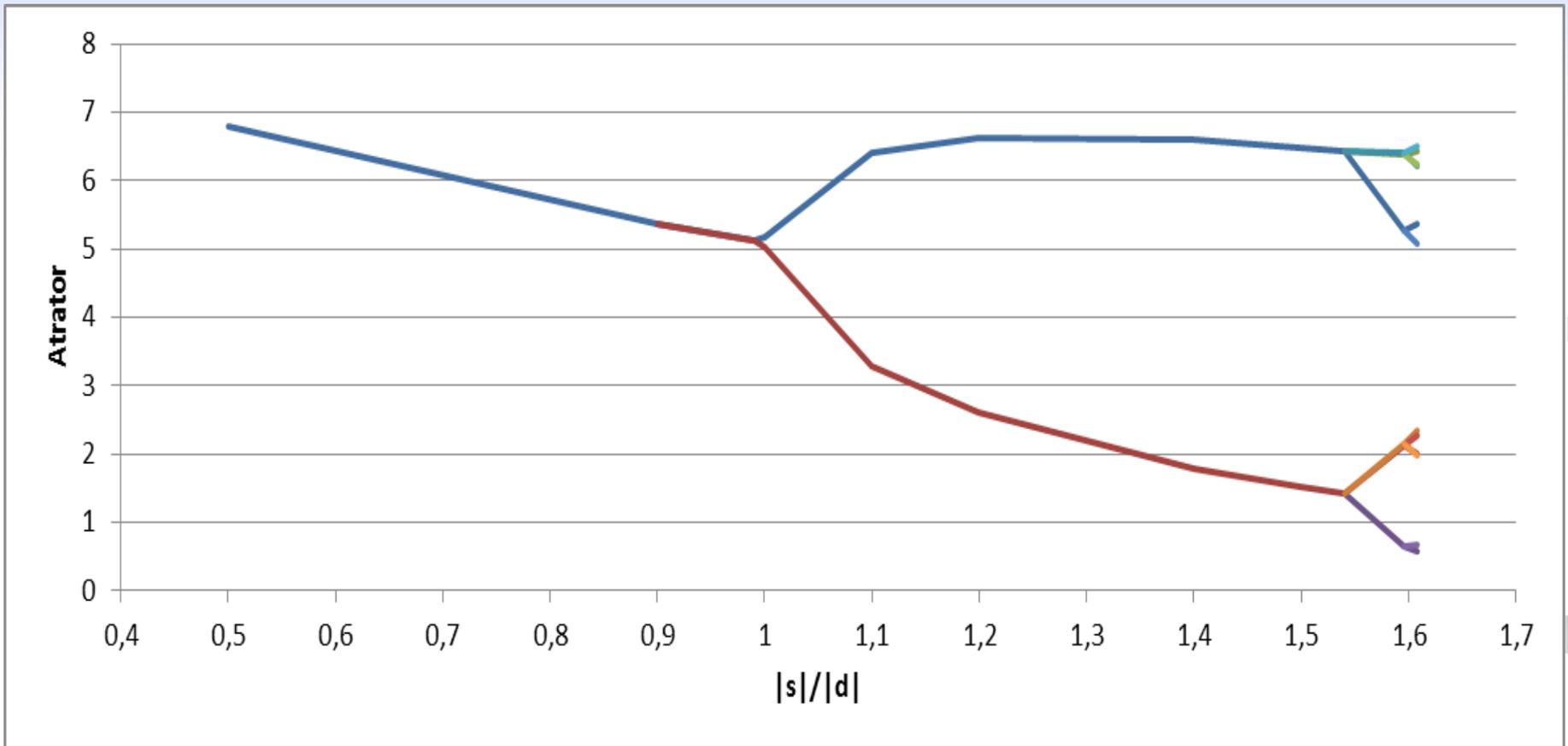
Mercado Agrícola

- Teorema da Teia de Aranha
 - ✓ Se $|d| > |s| \Rightarrow$ tendência ao equilíbrio
 - ✓ Se $|d| < |s| \Rightarrow$ tendência a se afastar do equilíbrio
 \Rightarrow Mercado não eficiente!
- Porém, os agricultores aprendem com a experiência...
- Teoria das Antecipações Adaptativas
 - $pa(t) = \text{teta} * pr(t-1) + (1 - \text{teta}) * pa(t-1)$
- Mas teta também deve mudar com a experiência do agricultor \Rightarrow possibilidade de comportamento caótico!
- Detectado empiricamente nos mercados de oleaginosas (soja inclusive!)

Atrator de um mercado agrícola com comportamento caótico



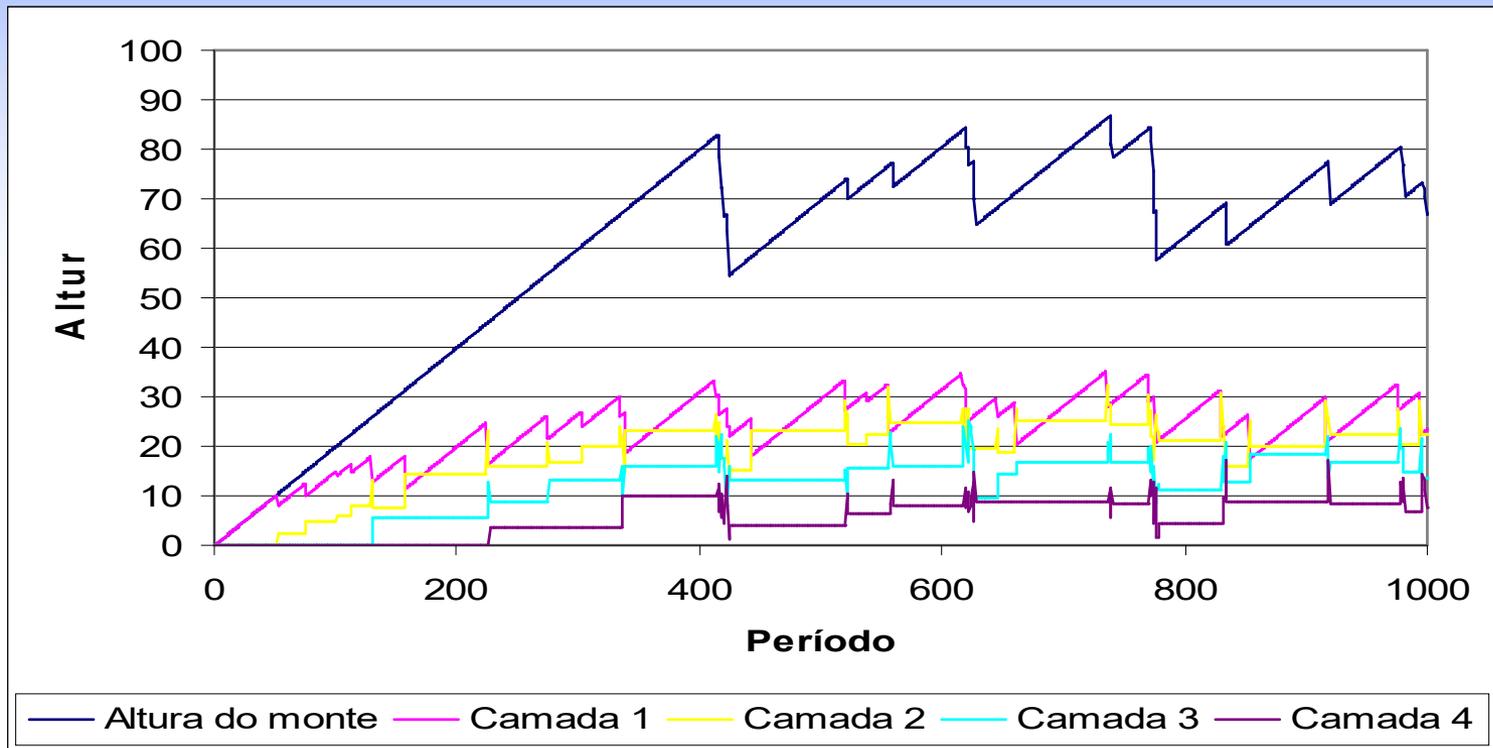
Bifurcações de um mercado agrícola



Criticalidade auto-organizada

- Acumulação de energia potencial, tendendo a um estado crítico.
- Perturbação que ultrapassa a capacidade de carga do sistema.
- Brusca liberação de energia.
- Sistema retoma uma trajetória de acumulação

Criticalidade auto-organizada



Exemplos:

- 📁 Monte de areia (gráfico) - Evolução da agricultura (sistemas agrários!)
- 📁 “Ciclos” econômicos - Civilizações ?
- 📁 Variações de preços

É possível compreender a complexidade?

- Ordem x complexidade:
 - Os estados podem ser imprevisíveis (irregulares)
 - Porém os processos que os originam são regulares, o que permite o discernimento de padrões de comportamento
 - atratores simples e complexos...
- ✓ Há uma ordem (oculta) na (aparente) desordem dos sistemas complexos.
 - ✓ Sistemas deterministas: relações de causa e efeito (porém complexas!)
- ✓ Os sistemas complexos são inteligíveis!

Complexidade: consequências metodológicas sobre o enfoque sistêmico

- Importância das características globais
- 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?
 - Insuficiência da abordagem baseada em Probabilidade

Aplicação do enfoque sistêmico por pesquisadores e técnicos

- Contribuir para explicitar as possibilidades de escolha da sociedade (as alternativas e suas conseqüências) e participar ativamente do processo de aprendizagem coletiva:
 - tornar inteligível a diversidade das práticas sociais
 - traduzir em termos científicos as questões levantadas pelos demais agentes sociais
 - “animar” o confronto de diagnósticos, sem desqualifica-los.
- ✓ *Para tanto é imprescindível efetuar um diagnóstico próprio da situação*

Como fundamentar cientificamente este diagnóstico?

- Os paradigmas dominantes da ciência contemporânea constituem-se em um obstáculo à esta tarefa:
 - Positivismo nas ciências da natureza.
 - Hermenêutica pós-moderna nas ciências sociais (interpretação de textos baseadas em observações genéricas da realidade).
- *Fundamentos estatísticos?*
- *Fundamentos metodológicos?*