

UTILIZANDO SOFTWARE GEOGEBRA PARA COMPREENSÃO DO CONCEITO DE CRITICALIDADE AUTO ORGANIZADA.



Universidade Federal de Pernambuco/ CIN

ada2@cin.ufpe.br / profalceudominguesalves@gmail.com

Resumo

A criticalidade auto-organizada é um fenômeno que ocorre em sistemas complexos, onde um estado de equilíbrio crítico é alcançado através de uma interação dinâmica entre os elementos do sistema. A compreensão desse conceito pode ser facilitada pelo uso de ferramentas educacionais interativas, como o software GeoGebra. Neste artigo, exploramos como o GeoGebra pode ser utilizado para ajudar os alunos a compreenderem a criticalidade auto-organizada, por meio de visualizações, simulações e manipulação de parâmetros.

Introdução

A criticalidade auto-organizada é um conceito que tem ganhado destaque na área de estudos de sistemas complexos. Esses sistemas são compostos por múltiplos componentes interconectados, nos quais pequenas perturbações podem desencadear mudanças significativas em sua dinâmica global. A criticalidade auto-organizada refere-se a um estado em que o sistema está na fronteira entre a ordem e o caos, exibindo comportamento crítico e propriedades emergentes. Compreender esse conceito é essencial para estudar fenômenos complexos, como redes neurais, comportamento coletivo de animais, economia e física de partículas.

Objetivo

Introduzir o conceito de criticalidade auto organizada no ensino médio.

O Geogebra

O papel do GeoGebra na compreensão da criticalidade auto-organizada:

O GeoGebra é um software educacional gratuito que integra recursos de geometria, álgebra, cálculo e estatística. Sua interface interativa permite aos usuários criar construções geométricas, explorar relações matemáticas e realizar simulações dinâmicas. Essas características tornam o GeoGebra uma ferramenta valiosa para auxiliar os alunos a compreenderem conceitos abstratos, como a criticalidade auto-organizada.

Visualizações interativas:

Uma das principais vantagens do GeoGebra é sua capacidade de criar visualizações interativas. Ao representar graficamente sistemas complexos em tempo real, os alunos podem observar como pequenas mudanças nos parâmetros do sistema afetam seu comportamento global. Por exemplo, é possível simular um modelo de rede neural simples e permitir que os alunos ajustem os pesos sinápticos ou a taxa de disparo dos neurônios. Ao observar as mudanças nos padrões de atividade, os alunos podem explorar os limites entre estados ordenados e caóticos, desenvolvendo uma compreensão intuitiva da criticalidade auto-organizada.

Simulações dinâmicas:

Outro recurso poderoso do GeoGebra é a capacidade de criar simulações dinâmicas. Por meio da manipulação de parâmetros e equações, é possível construir modelos computacionais que representam sistemas complexos e observar seu comportamento ao longo do tempo. Os alunos podem interagir com essas simulações, experimentando diferentes configurações e observando os efeitos resultantes. Ao explorar as mudanças nas propriedades emergentes do sistema, eles podem ganhar insights sobre como a criticalidade auto-organizada surge a partir das interações entre os componentes individuais.

Manipulação de parâmetros:

A flexibilidade do GeoGebra também permite que os alunos manipulem os parâmetros dos modelos, permitindo uma análise mais detalhada da criticalidade auto-organizada. Por exemplo, um aluno pode investigar como a conectividade da rede afeta a probabilidade de eventos críticos. Ao ajustar o número de conexões entre os nós, o aluno pode observar como a rede passa de um estado estável para um estado crítico e vice-versa. Essa exploração interativa permite que os alunos experimentem e testem hipóteses, desenvolvendo uma compreensão mais profunda da relação entre os parâmetros do sistema e sua dinâmica.

Conclusão:

A criticalidade auto-organizada é um conceito fundamental para compreender os sistemas complexos presentes em diversas áreas de estudo. O uso do software GeoGebra como ferramenta educacional pode facilitar a compreensão desse conceito, proporcionando visualizações interativas,

simulações dinâmicas e manipulação de parâmetros. Através dessas abordagens, os alunos podem explorar as propriedades emergentes da criticalidade auto-organizada e desenvolver uma compreensão intuitiva do equilíbrio entre ordem e caos nos sistemas complexos. O GeoGebra, portanto, desempenha um papel importante na educação sobre a criticalidade auto-organizada e na promoção de uma aprendizagem mais significativa e envolvente na área de sistemas complexos.

Criticalidade auto-organizada na **química**:

Reações em Cascata:

Em sistemas químicos complexos, como reações em cadeia, é possível observar a criticalidade auto-organizada. Considere uma reação química em que um composto A reage com B para formar C, e C reage com B para formar D, e assim por diante. Se as concentrações iniciais de A e B estiverem abaixo de um determinado limite crítico, a reação não ocorrerá. No entanto, quando as concentrações atingem esse limite crítico, pequenas flutuações na concentração de uma das espécies podem desencadear uma reação em cascata, levando ao consumo rápido de todas as espécies e à formação de produtos finais. Essa reação em cascata exemplifica a criticalidade auto-organizada, em que pequenas mudanças podem desencadear uma mudança global no sistema.

Criticalidade auto-organizada na **física**:

Transição de Fase em Materiais Magnéticos:

Um exemplo clássico de criticalidade auto-organizada na física ocorre nas transições de fase em materiais magnéticos, como o ferromagnetismo. Em um material ferromagnético, os spins magnéticos dos átomos individuais interagem entre si e podem se alinhar em uma mesma direção, resultando em um estado de magnetização global. Próximo à temperatura crítica de transição, chamada de temperatura de Curie, pequenas flutuações térmicas podem causar uma mudança repentina na direção de magnetização, levando a uma transição rápida de um estado não magnético para um estado magnético. Essa transição de fase exibe a criticalidade auto-organizada, onde pequenas perturbações podem desencadear uma mudança global na ordem magnética do sistema.

criticalidade auto-organizada na **matemática**:

1. Conjunto de Mandelbrot:

O Conjunto de Mandelbrot é um exemplo clássico de criticalidade auto-organizada na matemática fractal. Ele é definido como o conjunto de pontos c no plano complexo para os quais a sequência de números complexos $z_{n+1} = z_n^2 + c$ não diverge quando iterada a partir de $z_0 = 0$. O conjunto de Mandelbrot exibe uma incrível complexidade e estruturas fractais, com regiões altamente detalhadas e intrincadas. Pequenas perturbações nos parâmetros, como a adição de um valor complexo pequeno a c , podem levar a mudanças dramáticas na forma e na estrutura do conjunto. Essas mudanças exemplificam a criticalidade auto-organizada, onde pequenas variações nos parâmetros resultam em grandes diferenças na aparência global e na estrutura do conjunto.

Referências

- Bak, P., Tang, C., & Wiesenfeld, K. (1987). Self-organized criticality: An explanation of the $1/f$ noise. *Physical Review Letters*, 59(4), 381-384.
- Jensen, H. J. (1998). *Self-Organized Criticality: Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems*. Cambridge University Press.
- Pruessner, G. (2012). *Self-Organised Criticality: Theory, Models and Characterisation*. Cambridge University Press.
- Drossel, B. (2002). Self-organized criticality and nature of earthquakes. *Advances in Physics*, 51(1), 209-290.
- Christensen, K., & Moloney, N. R. (2005). *Complexity and Criticality*. Imperial College Press.
- Newman, M. E. J. (2005). Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemporary Physics*, 46(5), 323-351.
- Luque, B., Lacasa, L., Ballesteros, F. J., & Luque, J. (2009). Horizontal visibility graphs: Exact results for random time series. *Physical Review E*, 80(4), 046103.
- Aqui estão algumas referências relacionadas ao uso do software GeoGebra que podem ser úteis para o seu artigo:
- Hohenwarter, M., & Preiner, J. (2007). Dynamic mathematics with GeoGebra. *Journal of Online Mathematics and its Applications*, 7.