



COLÉGIO JOÃO PAULO I
INTRODUÇÃO À METODOLOGIA CIENTÍFICA
TURMA:9B

COMO A TEORIA DO CAOS FUNCIONA?

Ana Dantas
Orientador: Kelvin Silva

Porto Alegre/RS
2025

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1.	Justificativa	3
1.1.	Objetivo	3
1.1.1.	Objetivo Geral	3
1.1.2.	Objetivo Específico	3
2.	METODOLOGIA	4
3.	RESULTADOS	5
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	6
5.	PROPOSTAS FUTURAS	7
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8

1. INTRODUÇÃO

A Física clássica, até o século XIX, estabelecia uma correspondência exata entre causa e efeito. Os cientistas naquela época tinham certeza de serem capazes de reduzir as situações mais complexas às simples, prevendo, assim, sistemas dos mais complexos ao longo do tempo. Porém, mais recentemente, a ciência estendeu a mensagem de incerteza e imprevisibilidade, gerada por conta da aleatoriedade com a relação de extremos muito grandes (espaço intergalático) e muito pequenos (partículas subatômicas) (Siffert, 2011).

O caso que estabeleceu a implantação dessa teoria na Física e na Matemática foi de Edward Lorenz, do MIT, no início da década de 60, que, ao estudar o problema da previsão meteorológica para tempos longos, analisou as equações associadas a processos físicos envolvendo convecção térmica bidimensional, concluindo pela impraticabilidade de tais previsões devido a imprecisões na determinação das condições iniciais (Fiedler, 1994). Já que Lorenz descobriu que mudanças infinitesimais nas entradas podem ocasionar alterações drásticas nas condições futuras de tempo, entende-se que, se houvessem pequenas modificações nas condições iniciais, haveria pequenas alterações da evolução do quadro como um todo, o que leva à sua teoria mais conhecida, que é sempre diretamente relacionada à Teoria do Caos, isto é, o “efeito borboleta”. Este diz que, hipoteticamente, o bater de asas de uma borboleta na Califórnia pode ocasionar um furacão na Flórida um mês depois.

Assim, veio a constatação de que mudanças diminutas podem acarretar desvios radicais no comportamento de um sistema, o que reforçou a nova visão probabilística da Física. A ideia de que a natureza seja fundamentalmente aleatória vai contra nossa intuição. No entanto, a segunda constatação é ainda mais estranha: há padrões, regularidades, por trás do comportamento aleatório dos sistemas físicos mais complexos (Siffert, 2011). Na verdade, o estado final de um sistema não é um ponto qualquer, são percursos que parecem ter mais sentido que outros, ou ocorrem com mais frequência. Denominados *strange attractors* ou “atratores estranhos”, eles permitem que cientistas prevejam o estado mais provável de um sistema.

Teoria do Caos, que, como vimos, é conhecida por “efeito borboleta”, é um campo de estudo originado na Matemática com ampliações em várias outras disciplinas, que afirma que pequenas alterações iniciais podem gerar resultados

imprevisíveis. Inicialmente, era relacionada com áreas como a Matemática e a Física, hoje em dia, pode ser relacionada a áreas como Meteorologia, Economia, Biologia, Engenharia e até Filosofia.

Logo, tendo em vista a crescente da Teoria do Caos, esta pesquisa tem como objetivo explorar os seus conceitos fundamentais, destacando exemplos hipotéticos de sistemas caóticos. Busca mostrar, também, por meio da metodologia filosófica fornecida pelo estoicismo, que o caos não significa necessariamente desordem absoluta, mas sim uma forma de ordem sensível, regida por padrões sutis e interconectados.

1.1. Justificativa

A presente pesquisa busca analisar a Teoria do Caos e exemplificá-la. Além disso, pretende demonstrar como ela pode ser utilizada, a exemplo do que ocorreu neste estudo feito pela Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto-FAMERP (De Godoy, 2003), que a usou como ferramenta de previsibilidade, visto que a Teoria do Caos aborda o comportamento não linear que predomina no ser humano em razão de sua natureza dinâmica complexa que não pode ser descrita adequadamente por métodos lineares:

Estudos recentes mostram que uma variabilidade da frequência cardíaca baixa (VFC) é uma indicação clara de aumento no risco de arritmia ventricular grave e morte cardíaca súbita. No entanto, as técnicas tradicionais de análise de dados no domínio da frequência e do tempo não são suficientes para caracterizar as dinâmicas complexas da geração dos batimentos cardíacos. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a importância da análise dinâmica não-linear (Teoria do Caos), para prever a morbidade à mortalidade em um grupo de pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica.

Esta pesquisa busca também exemplificar esse ramo da ciência que estuda ramos complexos e dinâmicos que apresentam comportamentos imprevisíveis no dia a dia e compreender como essa teoria funcionaria se aplicada na nossa vida cotidiana. Por essa razão, este estudo caracteriza-se como relevante para o desenvolvimento científico, porque visa servir como base para futuros estudos que possam utilizar a Teoria do Caos.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é difundir, explicar e exemplificar para as pessoas em geral como a Teoria do Caos funciona e como ela pode ser utilizada para trabalhos e pesquisas científicas futuras, como na Medicina.

1.1.2. Objetivo Específico

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre a Teoria do Caos, identificando e sintetizando o que dizem os principais teóricos sobre o tema.
- Identificar o recente estado da arte, ou seja, de que modo a Teoria do Caos está sendo compreendida e/ou utilizada por teóricos atualmente.

2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido com base em pesquisas bibliográficas em sites, livros e artigos científicos, tendo como principal base de dados o site Google Acadêmico. O foco foi difundir, explicar e exemplificar como a Teoria do Caos funciona e como ela pode ser aplicada em estudos futuros, relacionando-a com outros setores do conhecimento, como a filosofia estoica, e compreendendo como ela é entendida por teóricos atualmente. Para a pesquisa, foram utilizadas as principais palavras-chave: Teoria do caos, sistemas caóticos, filosofia estoica, efeito borboleta. Os critérios de inclusão das fontes foram: credibilidade e clareza em relação a pesquisas e livros que abordavam o tema e textos nas línguas inglesa, portuguesa e espanhola.

3. RESULTADOS

Como resultados obtidos da pesquisa, tem-se que a Teoria do Caos pode ser aplicada em futuros estudos e pode servir como suporte para várias situações presentes na formação de estratégias para esses estudos. Ao perceber os conceitos de diversos autores relevantes que tratam sobre a Teoria do Caos, nota-se uma evolução do pensamento estratégico em relação aos ambientes complexos e a

ênfase na “incerteza” dos desdobramentos e nas consequências das estratégias a serem implementadas, considerando a Teoria do Caos como interlocutora na formação de estratégias para futuros estudos. Porém, para a aplicabilidade da teoria a futuros estudos, sugere-se que a formulação de estratégias, utilizadas futuramente, que se apoiarão sobre ela devem considerar, segundo Marietto (2011):

1. Resultados não aleatórios, mas complexos;
2. Ocorrência somente em sistemas não-lineares: a relação entre fatores-resultados é altamente impactada por múltiplas e imponderáveis variáveis;
3. Movimentação ou padronização aparecem de maneira desorganizada e irregular: é necessário ajustar as estratégias do experimento a cada movimento de sua implementação;
4. Estratégias são fortemente influenciadas por aquilo que influenciam;
5. Formulação de estratégias deve ser feita considerando variáveis adequadas sobre quais a organização tenha ampla possibilidade de controle;
6. Planejamento estratégico deve levar em conta o mais amplo espectro de cenários;
7. Escala no espaço-fase (representação das variáveis dinâmicas relevantes de um sistema) deve ter em conta um atrator (limites finos que restringem as escalas variáveis), o ponto em torno do qual a estratégia se estrutura.
8. Séries caóticas são hipersensíveis a mudanças quando ainda estão em sua condição inicial.

A Teoria do Caos atualmente é compreendida por estudiosos como modo particular de produzir e interpretar o conhecimento científico, desequilibrando a crença excessiva na capacidade de previsão da Ciência (Ferrari, 2008).

Como exemplo de como a Teoria do Caos é desenvolvida em outras áreas, pode-se citar a corrente filosófica estoica. Antes de se ter uma compreensão dessa doutrina relacionada à Teoria do Caos, é necessário entender que ela surgiu na Grécia e Roma antiga e busca compreender o valor da razão, propondo que emoções destrutivas são resultados de erros na nossa forma de ver o mundo (Vasconcelos, 2024). O estoicismo, ainda, tenta responder à pergunta de como viver uma boa vida, e a resposta para esse questionamento, segundo a corrente filosófica,

está relacionada a vários fatores, sendo um deles a tomada de decisões de maneira racional.

Logo, a filosofia estoica pode ser relacionada com a Teoria do Caos no sentido de que ambos se complementam no entendimento e na busca por ordem e harmonia no mundo. Também podemos aplicá-las em situações do cotidiano, como em momentos de crise, para ajudar a manter calma e clareza mental, e em situações de desafios pessoais, para controlar a ansiedade.

A Teoria do Caos pode ser vista também como uma metáfora cultural, que nos permite questionar algumas de nossas mais acalentadas suposições e suscita indagações sobre a própria realidade. O caos nos leva a crer que o certo não é resistir às incertezas da vida, mas antes aproveitar as possibilidades que elas nos proporcionam (Briggs, 2000). Segundo o livro “Sabedoria do Caos”, há sete modos de enfrentar o caos cotidiano:

1. Usar a criatividade;
2. Usar o poder demonstrado pela metáfora da borboleta;
3. Nadar com a corrente;
4. Explorar o que se insinua nas entrelinhas;
5. Observar o que o mundo tem em comum com as artes;
6. Viver no âmago do tempo; e
7. Reintegrar-se ao todo.

Além disso, a Teoria do Caos pode ser relacionada a outros setores do conhecimento, como engenharia. Tem-se como exemplo uma pesquisa feita por alunos da UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), em um programa de pós-graduação em Engenharia Civil, na qual visam analisar a aplicabilidade da Teoria do Caos para descrever o comportamento de encostas rochosas que apresentam grande potencial de instabilização por quedas de blocos, por meio de simulações de trajetórias de movimentos utilizando o programa *RocFall 6.0* (Ignácio, 2019)

Na Medicina, a Teoria do Caos também pode ser utilizada, visto que o organismo humano é um sistema de comportamento não-linear, e os sistemas complexos de comportamento não-linear obedecem à teoria. Foi apresentado no artigo de 2005 de Godoy, feito por alunos da faculdade de São José do Rio Preto (FAMERP), um embasamento teórico visando a consideração da medicina como

sistema não-linear dinâmico determinístico e, portanto, dependente das leis do caos (Godoy, 2003).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa permitiu a compreensão da Teoria do Caos, que, apesar de sua origem matemática e física, possui um alcance interdisciplinar e aplicabilidade em diversas outras áreas do conhecimento, como Engenharia, Medicina e até Filosofia. A revisão bibliográfica demonstrou que seu conceito central (sensibilidade às condições iniciais e imprevisibilidade em sistemas não-lineares) não representa ausência de ordem, mas sim a existência de padrões sutis que podem ser utilizados como base na formulação de estratégias e interpretações mais precisas de fenômenos complexos.

A relação estabelecida com a filosofia estoica mostrou-se enriquecedora, pois, embora provenientes de campos distintos, convergem. Isso porque ambas perspectivas buscam por equilíbrio e racionalidade diante de contextos imprevisíveis e seu uso pode orientar decisões mais conscientes tanto na vida pessoal quanto profissional.

Conclui-se, então, que a Teoria do Caos, quando devidamente compreendida, torna-se uma ferramenta para estudo e manejo de sistemas complexos. Contudo, sua aplicação demanda metodologias adequadas, capazes de lidar com múltiplas variáveis e com o caráter não-linear dos fenômenos. Seus exemplos de aplicação nas áreas da Engenharia e da Medicina ilustram como pode ser aplicada de forma prática, auxiliando na previsão e mitigação de riscos e na interpretação de sistemas dinâmicos de difícil modelagem por métodos lineares.

4. PROPOSTAS FUTURAS

- Analisar a Teoria do Caos com mais foco na economia: como prever e entender crises financeiras com a ajuda da Teoria do Caos.
- Relacionar a Teoria do Caos à dinâmica das redes sociais: investigar se *fake news*, memes ou tendências tem algum padrão no sistema caótico.
- Relacionar a Teoria do Caos na educação: analisar como pequenas intervenções no ambiente escolar, como o estilo de comunicação do professor ou emoção dos alunos em determinado dia, afetam no desempenho de um estudante ao longo do tempo.
- Relacionar a Teoria do Caos com filosofias orientais como Budismo que também busca a harmonia na desordem e a aceitação da impermanência.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIGGS, John; PEAT, F. David. **A sabedoria do caos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.

DE GODOY, M. F. **Teoria do Caos Aplicada à Medicina**. 2003. Tese de Doutorado. Tese de Livre Docência em Cardiologia, FAMERP, São José do Rio Preto.

FERRARI, P. C. et al. Temas contemporâneos na formação docente a distância: uma introdução à teoria do caos. 2008.

FIEDLER-FERRARA, Nelson; DO PRADO, Carmen P. Cintra. **Caos: uma introdução**. Editora Blucher, 1994.

GODOY, M. TAKAKURA, I. T. CORRÊA, Paulo R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. **A ciência da saúde**, v. 12, n. 4, p. 167-71, 2005.

IGNÁCIO, F. V. et al. Aplicação da teoria do caos no estudo da queda de blocos rochosos no Morro do Cantagalo, Rio de Janeiro RJ. 2019.

MARIETTO, M. L.; SANCHES, C.; MEIRELES, M. Teoria do caos: uma contribuição para a formação de estratégias. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v. 10, n. 3, p. 66-93, 2011.

RECUENCO, J. GDE HARO, G. **El pequeño libro de la filosofía estoica**. Alimenta Editorial, 2022.

SIFFERT, C. Teoria do caos e complexidade. Artigo disponível no site: [teoriadacomplexidade](http://teoriadacomplexidade.com.br). Acesso em 4 de setembro de 2025.

VASCONCELOS, M. V. **Estoicismo: a filosofia da antiguidade que ensina a 'aceitar o que não está no nosso controle'**. 2024. BBC News Brasil Disponível

em: <<https://www.bbc.com/portuguese/articles/c2dl6gnzde6o>>. Acesso em 2 de julho de 2025.