

# Uma abordagem histórica do processo de institucionalização da teoria do caos para estudantes do curso de Ciências da Natureza

## Autores:

### Larisse Braz dos Santos

Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Colegiado de Ciências da Natureza - CCINAT

### Mariele Regina Pinheiro Gonçalves

Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF - Polo 08. Colegiado de Engenharia Mecânica - CENMEC

### Marco Aurélio Clemente Gonçalves

Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Colegiado de Engenharia Agrônômica - CEAGRO

DOI: 10.58203/Licuri.21641

## Como citar este capítulo:

SANTOS, Larisse Braz; GONÇALVES, Mariele Regina Pinheiro; GONÇALVES, Marco Aurélio Clemente. Uma abordagem histórica do processo de institucionalização da teoria do caos para estudantes do curso de Ciências da Natureza. In: OLIVEIRA, Habyhabanne Maia (Org.). **Perspectivas e Reflexões sobre a Educação**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 1-9.

ISBN: 978-65-85562-16-4

## Resumo

Entender como ocorre o progresso da ciência é de fundamental importância para compreensão dos conteúdos de Física, visto que a Filosofia e História da Ciência possibilitam uma visão crítica em relação as “descobertas” científicas e sobre as informações que permeiam o cotidiano. Entender o percurso histórico da Física na transição dos séculos XIX e XX, nos permite ter um panorama de boa parte das descobertas científicas na área da Física ocorridas no respectivo período. O presente trabalho teve como objetivo levar aos alunos do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF - Campus Serra da Capivara, São Raimundo Nonato, Piauí), um recorte histórico sobre o processo de institucionalização da Teoria do Caos. Para atingir tal objetivo foi aplicada uma sequência didática (SD), que abordou as características das revoluções científicas, bem como, a história da física no século XIX e XX e a institucionalização da Teoria do Caos. Os resultados obtidos nos levam a refletir sobre a importância dessas abordagens no âmbito da formação de professores de Ciências Naturais.

**Palavras-chave:** Sálvia. Fitoterápico. Substratos. desenvolvimento.

## INTRODUÇÃO

O advento da ciência moderna, por volta do século XVII, com Galileu e outros cientistas, permitiu que os fenômenos naturais fossem sistematizados e expressos através de relações matemáticas, vindo a tornar a ciência mais criteriosa em relação ao método científico, permitindo assim um maior discernimento de cientificidade (PIETROCOLA, 2002).

É importante destacar que a mudança de método científico não ocorreu somente a partir dos séculos XVI e XVII, mas sim que foi um processo lento e gradual, iniciado muitos séculos antes (MARTINS, 2001), o período que sucedeu os séculos XVI e XVII foi um período de intensas transformações nas ciências, haja vista que seja considerado um período de revolução científica, de valorização da observação e da experimentação dos fenômenos naturais, assim como da compreensão da importância do uso da matemática nas descrições desses fenômenos (ROCHA, 2009).

No fim do século XIX cientistas acreditavam que a física já estivesse pronta, que não havia mais nada a ser descoberto, pois a mesma se encontrava com uma base muito sólida. No início do século XX em 1905, Einstein publica a Teoria da relatividade, tempos mais tarde por volta de 1927, é lançada a teoria da física quântica, resultando da contribuição de vários cientistas como Albert Einstein, Werner Heisenberg, Max Born, Pascual Jordan, Paul Dirac e outros (PATY, 2009). O século XX foi o marco no desenvolvimento da ciência (HOBBSAWM, 1995), uma vez que, presenciaram as três grandes revoluções na física, a Relatividade, o estabelecimento da Física Quântica e a Teoria do Caos (GLEICK, 1990).

A descoberta de inúmeros manuscritos que ligavam o estudo da ciência à filosofia mística no nascimento da ciência moderna, provocou um novo olhar sobre a Revolução Científica. Ao longo do século XX, desde um amplo e complexo processo de interação entre inúmeros fatores decorreram as transformações na história da ciência (FORATO, 2008). O Brasil acordou tardiamente para o desenvolvimento científico, somente a partir do século XIX é que começou a despertar-se para as ciências (SAMANIEGO, 1994). Nos últimos 30 anos o interesse de várias áreas do conhecimento tem se voltado para a questão do aparecimento de comportamento caótico nas soluções de problema que anteriormente parecia simples e sem relevância científica (AGUIAR, 1994).

Por volta de 1930 cientistas começaram a estudar os sistemas dinâmicos com uma visão matemática e, somente mais tarde, físicos começaram a explorar sistemas não lineares (PATY, 2009). A partir da década de 70, século passado, esses estudos foram batizados como a Teoria do Caos (GEICK, 1990; PATY, 2009). Nesse período o Caos estava no auge das publicações, também já havia um grande número de cientistas interessados pelo assunto (RUELLE, 1993). Observando a natureza verifica-se instabilidades e bifurcações em todas as partes, mas até o século XX acreditava-se no ideal da física associada a certezas (PRIGOGINE, 2004).

Ao longo do desenvolvimento da Teoria do Caos podemos dar ênfase a pesquisas de alguns cientistas de destaque que contribuíram para a formulação dessa teoria, como Prigogine, Smale e Lorenz (GLEICK, 1990). O marco no estudo dos sistemas dinâmicos foi a criação do Instituto Santa Fé, nos Estados Unidos, no decorrer das décadas de 1970 a 1980 (FREIRE-JUNIOR et al, 2014), o Instituto Santa Fé tinha como objetivo, inicialmente, trazer cientistas com experiência em física não linear e transição de fase para o estudo dos sistemas complexos, promovendo a interdisciplinaridade. As primeiras pesquisas eram voltadas somente para física devido, sobretudo, a formação dos cientistas que ali se encontravam, tais como: dinâmica de fluidos, ótica, transição de fase e reações químicas. Mais tarde começou a se expandir para outras áreas da ciência, começando assim a interdisciplinaridade (NÓBREGA, 2014).

Os séculos XIX e XX, notadamente, período de inúmeras descobertas nas ciências, em especial na física, também se notabilizou pelo avanço da história da ciência e, por conseguinte, de extrema importância para compreensão da natureza da ciência.

É extremamente importante que professor de ciência em formação, tenha conhecimentos da história da ciência e que busque desenvolver um olhar crítico para a construção do conhecimento científico. Neste sentido desenvolvemos uma sequência didática que traz um panorama da construção científica na transição do século XIX para o século XX, como se caracteriza uma revolução científica e a história da Teoria do Caos, objetivando trabalhar a visão panorâmica da produção científica neste período ao mesmo tempo que discute sobre o processo de institucionalização da Teoria do Caos.

## **METODOLOGIA**

A sequência didática foi aplicada na turma de 3º período do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza do Campus Serra da Capivara, em São Raimundo Nonato, Piauí, formando um grupo de 12 (doze) estudantes.

É importante destacar que na matriz curricular do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza os alunos são contemplados com as disciplinas de Epistemologia da Ciência (1º período), História, Sociologia e Filosofia da Ciência I (3º período).

A sequência didática foi dividida em 4 (quatro) momentos, sendo que cada um deles teve duração de 90 minutos. Na primeira etapa foi realizada uma avaliação diagnóstica composta por 5 (cinco) questões que têm como objetivo, verificar o grau de entendimento dos estudantes sobre revolução científica, e como a ciência progride. Na segunda etapa foi realizado um trabalho sobre a ciência na transição do século XIX para o século XX, citando as principais revoluções científicas ocorridas nesse período. A terceira, por sua vez, fez-se abordagem sobre os primeiros estudos voltados para Teoria do Caos, dando ênfase aos estudos de Poincaré, Smale e Lorenz, até o processo de institucionalização da Teoria do Caos. Na quarta e última etapa, os estudantes apresentaram seminários sobre: O Sistema de Três Corpos, Ferradura de Smale e Atratores de Lorenz e, ao final do encontro, foi aplicado um questionário com 5 (cinco) questões sobre o conteúdo trabalhado no transcorrer das referidas etapas.

Etapa I: Para dar início a sequência didática foi aplicado um questionário com perguntas simples para entender o grau de conhecimento dos estudantes sobre o conteúdo a ser trabalhado, o questionário foi composto de 5 (cinco) questões dissertativas. A avaliação diagnóstica consistiu em entender o que os estudantes já estudaram sobre revolução científica e sobre as descobertas científicas que ocorreram no fim do século XIX e início do século XX, bem como, verificar se os mesmos conhecem a Teoria do Caos ou, ao menos, se já ouviram falar a respeito.

Após aplicação do questionário foi feita abordagem sobre o que são Revoluções Científicas e rupturas de paradigmas, como referência foi utilizado o Livro de Thomas S. Kuhn - A Estrutura das Revoluções Científicas, para um correto entendimento de como ocorre o progresso científico e como surgem as rupturas de paradigmas.

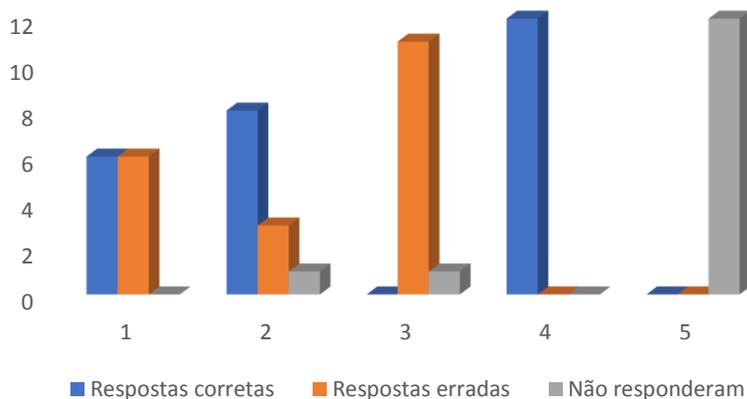
Etapa II: nesse encontro foi uma introdução a Ciência Física do Século XIX e XX, traçando-se um panorama de como se encontrava a ciência no fim do século XIX, período onde acreditava-se que as descobertas científicas na ciência estavam chegando ao fim, em especial no tangente a física, pois havia aquela concepção de que a mesma se encontrava com uma base muito sólida, e que as descobertas científicas nessa área seriam bem limitadas (algo típico da corrente denominada Positivismo Lógico). Em seguida foi abordado sobre as principais descobertas científicas na Física no século XIX e XX, como a Relatividade, Mecânica Quântica e mais tarde a Teoria do Caos. Nessa etapa foi abordado sobre os principais nomes encontrados na literatura responsáveis pelas descobertas em cada área, e um pouco da história do processo de descoberta científica.

Etapa III: Nessa etapa foi realizada uma abordagem sobre a história da Teoria do Caos, as primeiras descobertas nessa área, a importância do advento do computador nas pesquisas científicas. Também, um recorte sobre pesquisas de cientistas como Poincaré e seu estudo sobre “O sistema de três corpos”, enfatizando sua importância no processo de solidificação da Teoria do Caos. Ressaltou-se o interesse de Smale em pesquisas sobre a física não linear e uma de suas grandes contribuições para essa ciência que foi à falsa conjectura, que mais tarde resultou na “Ferradura de Smale”. Outra pesquisa apresentada nesse encontro foi sobre as observações feitas por Lorenz, em 1961, quanto a previsão do tempo, onde verificou através de observações que pequenas alterações em um sistema viriam a proporcionar resultados desproporcionais, chegando assim ao “Atrator de Lorenz”.

Na etapa IV: Os alunos apresentaram seminários, a sala foi dividida em 3 (três) grupos, onde cada grupo ficou responsável por apresentar as descobertas realizadas por Poincaré, Smale e Lorenz, mostrando suas principais descobertas na área e apresentando cada pesquisa desde seus pormenores. Para finalizar, foi aplicado um questionário sobre o conteúdo visto durante a sequência didática. O questionário foi composto por 5 (cinco) questões dissertativas que tinha como objetivo verificar o que os alunos aprenderam ou acrescentaram em seus conhecimentos sobre o que são rupturas de paradigmas e progresso científico, sobre a história da ciência na transição do século XIX para o século XX e sobre Teoria do Caos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Sequência Didática foi aplicada em julho de 2023 com os estudantes do 3º período do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (Univasf), do Campus de São Raimundo Nonato, Piauí. Na primeira etapa foi feita uma avaliação diagnóstica, como mostra a figura 1. A atividade diagnóstica era composta por 05 (cinco) questões discursivas, quais sejam: Primeira questão: Como ocorrem as revoluções científicas? Segunda questão: O que são rupturas de paradigmas? Terceira questão: Quais foram as principais revoluções científicas ocorridas na Ciência/Física nos séculos XIX e XX? Quarta questão: Você já ouviu falar em Teoria do Caos? E a quinta questão: O que é a Teoria do Caos?



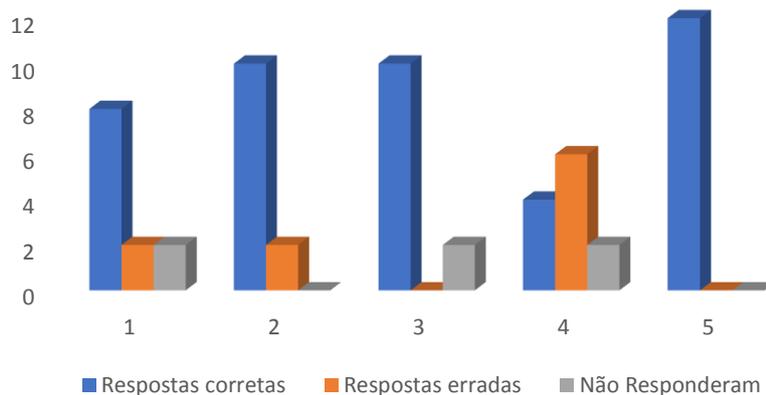
**Figura 1:** Resultado da avaliação diagnóstica.

Através da avaliação diagnóstica observa-se que, parte dos alunos, tem uma noção de Filosofia da Ciência, isso é evidenciado nas duas primeiras perguntas que são, como ocorre as revoluções científicas; e o que são rupturas de paradigmas. Na primeira pergunta metade dos alunos responderam correto e na segunda pergunta 8 dos 12 alunos responderam à pergunta de forma correta, ressaltando novamente que, na grande curricular do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, há a disciplina de Epistemologia da Ciência no primeiro período.

Quando perguntado quais foram as principais revoluções científicas ocorridas na Ciência/Física nos séculos XIX e XX, observa-se que nenhum aluno respondeu de forma correta, dentre as 11 respostas obtidas, alguns citaram as Leis de Newton, Gravitação e outras respostas aleatórias. Na quarta pergunta, você já ouviu falar em Teoria do Caos,

todos os alunos responderam que sim, mas nenhum aluno respondeu o que é Teoria do Caos.

Para finalizar a aplicação da Sequência Didática foi realizado uma avaliação final, a mesma foi composta por 05 (cinco) questões discursivas, quais sejam: Primeira: Quais as principais características das revoluções científicas? Segunda: Cite as revoluções científicas ocorridas na física do século XIX e XX? Terceira questão: A Teoria do Caos constitui-se como uma revolução científica? Por que? Quarta: Como se deu o processo de institucionalização da Teoria do Caos? e Quinta questão: Quais foram os cientistas que mais contribuíram para a descoberta da Teoria do Caos e como foram as pesquisas? Na figura 2 é possível observar as respostas obtidas na avaliação final.



**Figura 2:** Resultado da Avaliação Final.

Na figura 2 podemos observar que após a aplicação da Sequência Didática houve um avanço na compreensão de como ocorrem as revoluções científicas, assim como a maior parte dos alunos mostraram ter entendido sobre as mudanças de concepções na ciência, no período de transição dos séculos XIX e XX. Em relação a Teoria do Caos constituir-se como revolução científica, a maioria dos estudantes responderam que sim. Um dos participantes escreveu: “Sim. A Teoria do Caos nos leva a entender como funciona os sistemas dinâmicos, e revolucionou também com o método de pesquisa, a partir daí tivemos o computador como ferramenta de pesquisa”.

É possível observar através da primeira questão que houve melhoria no entendimento sobre as características das revoluções científicas, embora uma parte dos alunos não tenha demonstrado compreender as principais características das revoluções

científicas. Já em relação a segunda questão onde se pede para citar as principais revoluções científicas ocorridas na física do século XIX e XX, a maior parte dos estudantes citaram a Relatividade, Mecânica Quântica e Teorias do Caos, apesar de que, alguns insistem em respostas aleatórias, chegando a citar: Leis de Newton e Gravitação.

Na terceira questão, podemos verificar através do gráfico que os estudantes entenderem que a Teoria do Caos se constitui como revolução científica, já que há mudança de concepção e explicação de novos fenômenos. Na quarta questão, os estudantes demonstram entendimento em relação ao processo de institucionalização da Teoria do Caos, alguns chegaram a citar o Instituto Santa Fé e pesquisas pioneiras neste sentido. Na última questão, quais foram os cientistas que contribuíram para descoberta da Teoria do Caos e principais pesquisas, os alunos citaram os cientistas, Poincaré, Smale, Lorenz e o brasileiro Maurício Peixoto, e também, citaram pesquisas como, o sistema de três corpos, ferradura de Smale e a previsão do tempo de Lorenz.

A partir da comparação da atividade diagnóstica com a atividade avaliação final, observa-se uma mudança de concepção dos estudantes, tanto em relação a Filosofia da Ciência, quanto em relação a História da Ciência. Eles puderam compreender como ocorre o progresso científico, entender o contexto histórico do progresso científico da Física nos séculos XIX e XX, e sobre a história da Teoria Caos, que ainda é um tema pouco discutido nos cursos de licenciaturas. Essa temática não faz parte da matriz curricular do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (GONÇALVES e ADÚRIZ-BRAVO, 2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Resultado obtido com a aplicação da Sequência Didática foi satisfatório, os estudantes demonstraram interesse pelo tema, discutiu-se, a exaustão, sobre o que são revoluções científicas, utilizando como base o livro A Estrutura das Revoluções Científica, assim como, aspectos da ciência na transição dos séculos XIX e XX, sobre o processo de institucionalização da Teoria do Caos e sobre o que é a Teoria do Caos.

Após aplicação e análise dos resultados e da própria estrutura como foi organizada o conjunto de conteúdo da Sequência Didática, acredita-se que possa ser modificada para posteriormente ser aplicada com turmas futuras ou até mesmo com alunos de outros níveis educacionais.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Marcus A. M. Caos em sistemas clássicos conservativos. *Revista brasileira de ensino de física*, v. 16, n. 1-4, p. 3-20, 1994.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. A filosofia mística e a doutrina newtoniana: uma discussão historiográfica. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 3, p. 29-53, 2008.

FREIRE JUNIOR, Olival; GRECA, Ileana María Rosa; EL-HANI, Charbel Niño. *Ciências na transição dos séculos: conceitos, práticas e historicidade*. 2014.

GLEICK, James. *Caos: a criação de uma nova ciência*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

GONÇALVES, M. A. C. e ADÚRIZ-BRAVO, A. Evaluación crítica del componente epistemológico en la formación del profesorado de ciencias naturales a la luz de las nuevas concepciones de "Naturaleza de la Ciencia". Tese de Doutorado, Universidad Nacional de Tres de Febrero - UNTreF - Buenos Aires, Argentina, pp. 273, 2023.

HOBBSAWM, Eric. *Era dos extremos: o breve século XX*. Editora Companhia das Letras, 1995.

MARTINS, Roberto de Andrade. Como não escrever sobre história da física-um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n. 1, p. 113-129, 2001.

NÓBREGA, Mayane Leite da. *Complexidade: um olhar para o final do século XX*. CIÊNCIAS NA TRANSIÇÃO DOS SÉCULOS, pp. 209-220, 2014.

PATY, Michel. *A física do século XX*. Idéias & Letras, 2009.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno brasileiro de ensino de física*, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PRIGOGINE, Ilya. *O fim das certezas*. São Paulo: Unesp, 2004.

ROCHA, José Fernando Moura. O conceito de "campo" em sala de aula: uma abordagem histórico-conceitual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, p. 1604.1-1604.17, 2009.

RUELLE, D. *Acaso e caos*. São Paulo: Unesp, 1993.

SAMANIEGO, Luis Elias Q. O positivismo e as ciências físico-matemáticas no Brasil. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 11, n. 2, p. 105-114, 1994.