

# UMA DISCUSSÃO SOBRE O MAPEAMENTO CONCEITUAL DA RELATIVIDADE E DA COSMOLOGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

## A DISCUSSION ON CONCEPTUAL MAPS OF THE RELATIVITY AND COSMOLOGY FOR MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS TEACHING

Marcos Cesar Danhoni Neves

Fabiana Ribeiro, Franciana Pedrochi, Jorge Henrique Lopes de Oliveira, Marcio Zolin,  
Monica Bordim Sanches, Raquel Carmem de Oliveira Scoaris, Roberto Barbosa, Sandra  
Romero, Sílvia Oliveira Resquetti, Vaníria Bianchi

Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática  
Centro de Ciências Exatas – CCE / Universidade Estadual de Maringá  
macedane@yahoo.com

### Resumo

O presente trabalho é a síntese de uma atividade de pesquisa sobre a questão da história da Relatividade (e da Cosmologia), aproveitando o 'Ano Mundial da Física' (cem anos de comemoração do *annus mirabilis* de Albert Einstein de 1905). O trabalho foi desenvolvido com professores do Ensino Médio durante as atividades de uma disciplina de Mestrado do curso de Pós-Graduação *stricto sensu* em Educação para a Ciência. O objetivo era analisar o comportamento dos professores a partir da leitura de textos críticos sobre a Teoria da Relatividade (com atenção especial para o desvio da luz nas proximidades do sol medido durante um eclipse solar total na cidade cearense de Sobral) e sobre a Cosmologia Moderna (enfocando a teoria do 'Big Bang' e as teorias reunidas sob o nome genérico de 'Teoria(s) do Estado Estacionário'). Mapas conceituais foram usados em abundância para que os professores pudessem exprimir não somente sobre o novo conteúdo advindo da leitura crítica dos textos como, também, para possibilitar o aparecimento de obstáculos epistemológicos e a possibilidade de exploração destes no Ensino de Física Moderna e Contemporânea.

**Palavras-chave:** Relatividade, ensino de física moderna e contemporânea, mapas conceituais, epistemologia, história da ciência

### Abstract

The present work is the synthesis of an activity of research on the question of the history of the Relativity (and Cosmology), taking the 'World Year of Physics' (the commemoration of the *annus mirabilis* of Albert Einstein - 1905). The work was developed with teachers of high school level during the activities of a Master course *stricto sensu* in Science Education. The principal aim was analyze the behavior of the teachers from the reading of the critic texts about the Theory of Relativity (with special attention for the bending of the starlight beam in the proximities of the sun measured during a total solar eclipse in Sobral city-Ceará) and about the Modern Cosmology (focusing the Big Bang theory and the theories under the generic name of 'Steady-State' cosmologies).

**Keywords:** Relativity, modern and contemporary physics teaching, conceptual maps, epistemology, history of science.

## INTRODUÇÃO

O ano de 2005 comemora os cem anos do assim denominado *annus mirabilis* (o “ano miraculoso”) de Albert Einstein, quando o eminente físico alemão publicou cinco artigos) que acabaram revolucionando a física logo no início do século XX. Os cinco trabalhos foram: i) “O quantum e o efeito fotoelétrico”; ii) “Uma nova determinação das dimensões moleculares”; iii) “O movimento browniano”; iv) “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” e v) “A inércia de um corpo depende de sua energia?” (é este o artigo onde aparece a famosa expressão  $E = m \cdot c^2$ ) [CIÊNCIA & AMBIENTE, 2005]. A publicação de cinco trabalhos que representariam a síntese de todo um movimento de ‘renovação’ na concepção de mundo iniciada na segunda metade do século XIX, após os trabalhos de Maxwell, Hertz, Stokes, Mach, Poincarè, Lorentz, foi, é e será sempre o marco referencial não somente da física mas da ciência como um todo. O paralelo natural que surge daí é o também denominado *annus mirabilis* de Newton, quando outra grande síntese foi feita (após os trabalhos de Copérnico, Brahe, Kepler, Galileu e Huyghens) pelo físico inglês Sir Isaac Newton, com seus *Principia* (NEWTON, 1960).

No entanto, para a educação e a divulgação científica, o grande problema (que não se estabelece como tal) das comemorações do ‘ano miraculoso’ de Einstein está na ‘imagem científica de mundo’ em torno da imagem cristalizada pela Teoria da Relatividade e por suas conseqüências. Esta imagem liga-se, metaforicamente, a uma espécie de *tsunami* científico que varreu para sempre todas as demais visões alternativas dos mesmos fenômenos físicos descritos. Assim, na imagem da estrutura dessa revolução científica (KUHN, 1987), impunha-se na mente de todos a noção do *certo* e do *errado*, confusa na temporalidade *pré-Einstein – pós-Einstein*.

Esse *estado d’arte* da ciência já havia sido apreendido desde as análises sobre a natureza da ciência nas obras de Kuhn e Feyerabend. Este último, por exemplo, já afirmava:

*A sociedade moderna é ‘copernicana’, mas não porque a doutrina de Copérnico haja sido posta em causa, submetida a um debate democrático e então aprovada por maioria simples; é ‘copernicana’ porque os cientistas são copernicanos e porque lhes aceitamos a cosmologia tão arcaicamente quanto, no passado, se aceitou a cosmologia de bispos e cardeais.”* (FEYERABEND, 1985, p.456)

Se trocarmos a palavra *copernicana* por *einsteiniana*, percebemos que a crítica epistemológica continua válida. Nesse sentido, durante um curso sobre “História e Epistemologia da Ciência” de um Programa de Mestrado em Educação para a Ciência, buscamos, entre os alunos presentes, todos trabalhando no Ensino Médio, as representações de mundo físico que permeavam suas visões sobre a relatividade e a cosmologia. A primeira descoberta foi aquela de que, tanto a relatividade quanto a cosmologia, estão encerradas dentro de um quadro cheio de poucos ícones infinitamente explorados pela cultura científica da atualidade, muito repetidos, mas muito pouco compreendidos:  $E = m.c^2$ ; bombas atômicas; paradoxo dos gêmeos; eclipse em Sobral;; big bang; buracos negros; morte do universo.

Este quadro, obtido através dos inúmeros depoimentos dos cursistas, mostram que a educação e a ‘mídia’ científica (ou melhor, de divulgação científica) ajudaram a simplificar um

quadro excessivamente complexo dado pelo advento da teoria da Relatividade e do Universo Inflacionário. Mas essa simplificação mostra o excessivo distanciamento da visão científica de mundo presente nos textos originais responsáveis pela gênese de novos paradigmas. A esse respeito, Kuhn afirmava:

*As coleções de ‘textos originais’ têm um papel limitado na educação científica. Igualmente, o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos de história do seu campo – obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizadas que a sua futura profissão há muito pôs de lado e substituiu. Whitehead apreendeu esse aspecto bastante específico da ciência quando escreveu algures: ‘uma ciência que hesita em esquecer os seus fundamentos está perdida’.*

Para recuperar os fundamentos da relatividade e da cosmologia e de seu *status* epistemológico, foi proposta a leitura de textos críticos da ciência, presentes em CAPRIA (1999, 2003) e LERNER (1994), além da exibição do documentário de MEYERS (2004), *Universe: The Cosmology Quest*. Estes textos, hipertextos e o documentário colocaram os cursistas em crise devido aos inúmeros obstáculos epistemológicos e da cisão entre a visão cristalizada pelos paradigmas (CAMPANARIO, 2004) da física moderna e contemporânea e as novas informações disponíveis e valoradas como legítimas para a educação em física no Ensino Médio.

## MAPAS CONCEITUAIS E CONCEPÇÕES DE MUNDO

Para demonstrar mais claramente, ou seja, para ilustrar a nova compreensão dos cursistas a partir da leitura de uma bibliografia mais complexa foi usado o recurso dos *mapeamento conceitual*. Mapas conceituais, segundo Moreira (1980),

*podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas. Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, mapas conceituais não são auto-instrutivos: devem ser explicados pelo professor. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo é preferível usá-los quando os alunos já têm uma certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos.*

A estratégia de utilização de mapas conceituais veio dos trabalhos de Novak (*apud* MOREIRA, 1999), que buscava enfatizar conceitos e relações entre conceitos. Assim, estabelecidos os mapas conceituais como instrumentos didáticos ilustrativos de concepções criadas a partir da leitura e da compreensão desta diante de velhas estruturas de inculcação educacional, científico e cultural, os cursistas passaram a elaborar “âncoras” ou referências da “nova física”, de seus autores e da ‘história desconhecida’ (quando a comparavam com a ‘ciência pausterizada’ presente em livros didáticos ou de divulgação científica de física moderna e contemporânea).

Os marcos referenciais para autores, definidos pelos mapas conceituais elaborados pelos cursistas, foram: Maxwell, Gauss, Heavside, Neumann, Hertz, Stokes, Fresnel, Michelson, Morley, Kelvin, Miller, Thomson, Lorentz, Poincarè, Di Pretto, Finlay-Freundlich, Einstein, Eddington, Hubble, Friedmann, Slipher, Gamow, Arp, Lerner, Assis.

Os marcos referenciais – verdadeiros obstáculos epistemológicos - para ‘temáticas’ foram: i) o enigma de Sobral, com chapas fotográficas onde não foram constatadas as deflexões previstas pela teoria da relatividade geral de Einstein; ii) a detecção, na década de 30, por Miller de um efeito de interferência – ‘vento de éter’; iii) o papel epistemológico ‘esquecido’ desempenhado por Lorentz e Poincarè; iv) a previsão de Olinto Di Pretto, um agrônomo italiano que, em 2003, previu a equivalência massa-energia; v) o *estado d’arte* da relatividade pré-Einstein; vi) as previsões da temperatura do espaço antes da descoberta de Penzias e Wilson com modelos de universo infinito no espaço e no tempo; vii) a previsão da CBR (radiação cósmica de fundo); viii) a controvérsia das distâncias intergaláticas e *quasars*; ix) o paradoxo da determinação da idade das estrelas e do tempo recíproco de Hubble (*estrelas mais velhas que o Universo*); x) a questão controversa da matéria e energia escuras; xi) universo inflacionário ou infinito no espaço e no tempo?

O volume de informação e sua complexidade fez com que os primeiros mapas, bastante sintéticos, começassem a ganhar informações outrora julgadas irrelevantes ou consideradas somente periféricas. Esse deslocamento, da periferia para uma posição de destaque no mapa demonstra uma ação cognitiva significativa, uma vez que demonstra, se não a superação, ao menos, a identificação de alguns obstáculos epistemológicos.

Os mapas conceituais que se seguem mostram a riqueza dos detalhes apreendidos a partir de inúmeras leituras e dos debates que se seguiram durante o curso. Mais que detalhes, os mapas demonstram um processo no qual informações novas se interrelacionam de forma não arbitrária, revelando um aspecto relevante da estrutura cognitiva dos indivíduos que os produziram.

Dos mapas iniciais aos finais (os que aqui estão apresentados) podemos depreender que a idéia, ou conceito já existente, fruto da educação científica ou midiática (no caso da relatividade e da cosmologia que são tratadas de forma paupérrima no processo educacional), e que, portanto, subjaz na estrutura cognitiva de cada sujeito, serve como um ‘ancoradouro’ (MOREIRA, 1999, p.11) para informações novas, nas concepções dos sujeitos. Essas, por sua vez, passam para um novo *status*, adquirindo significados bastante novos e ‘revolucionários’ naquele momento, no referencial dos sujeitos. Portanto, à essa condição de atribuição de significados novos a uma estrutura já existente (ou sedimentada), podemos atribuir um processo de aprendizagem significativa, quando o sujeito ancora as novas informações em conhecimentos especificamente relevantes preexistentes na estrutura cognitiva (pré-existência entendida aqui como aquela derivada do processo de inculcação educativa, midiática, cultural na contingência do mundo-vida dos sujeitos).

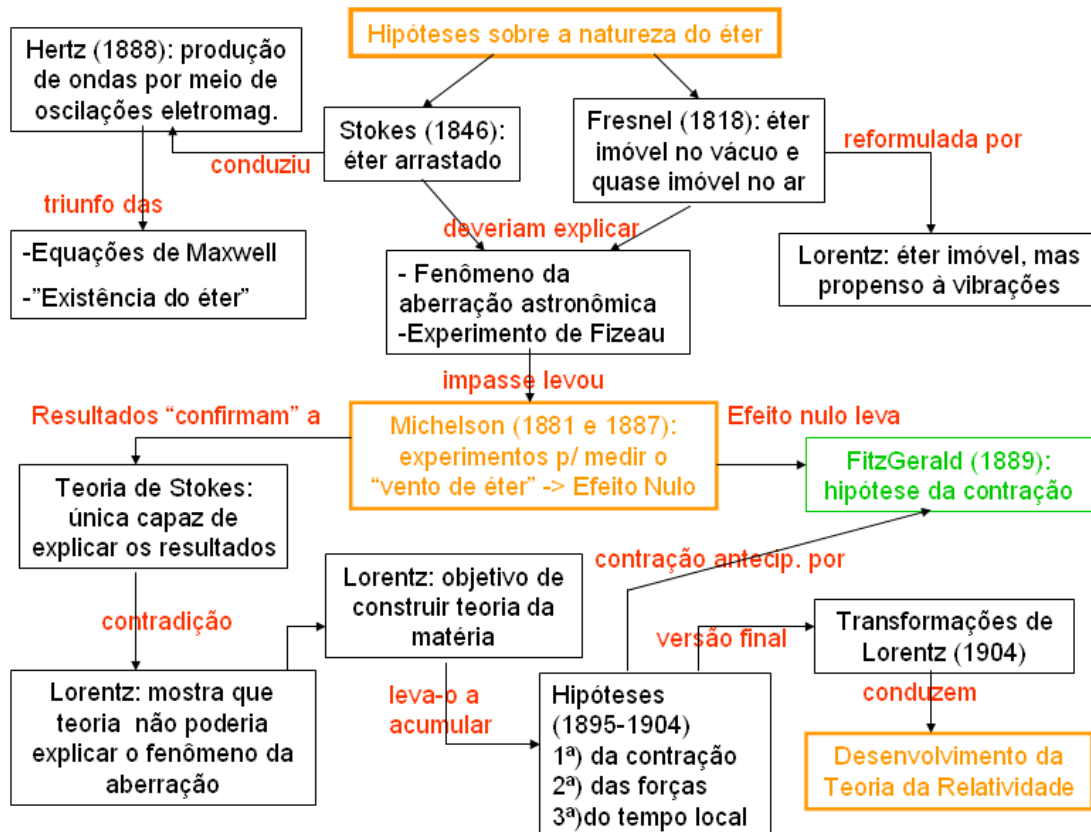


Figura 1a – Mapa conceitual da Relatividade

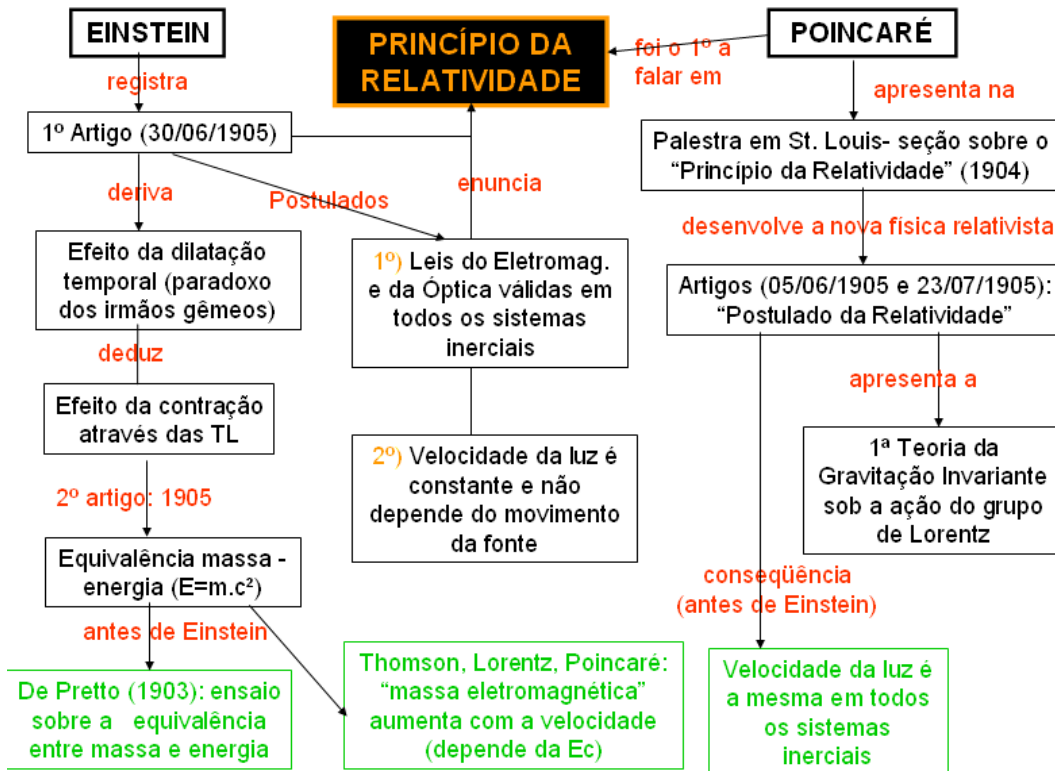


Figura 1b - Mapa conceitual da Relatividade

Diferenças entre as teorias de Einstein, Lorentz e Poincaré

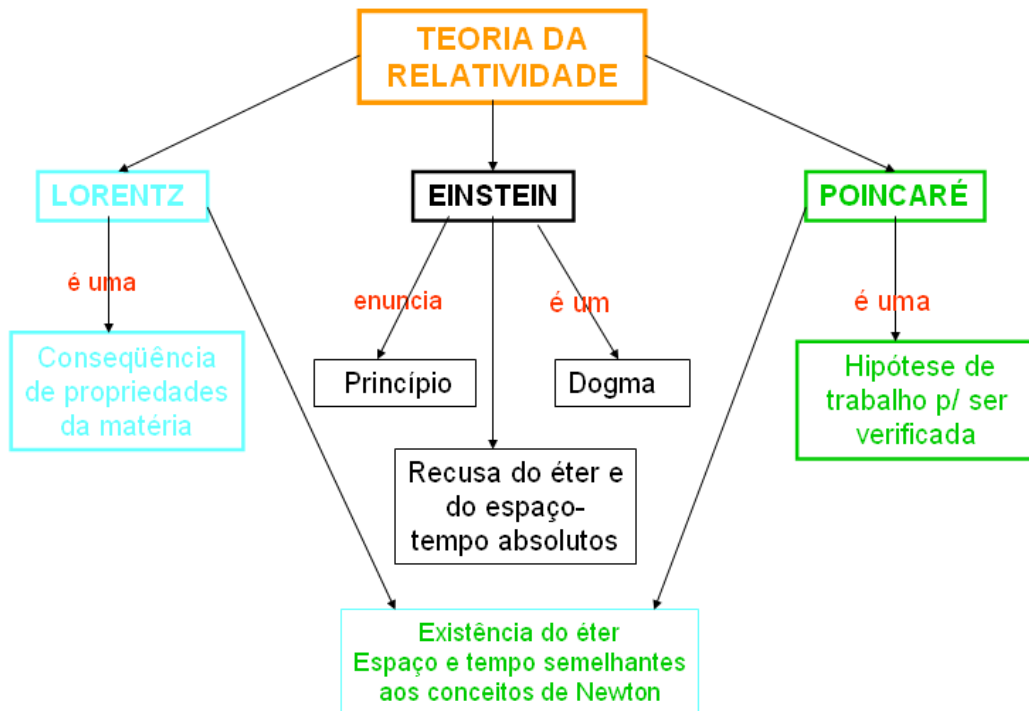


Figura 1c - Mapa conceitual da Relatividade

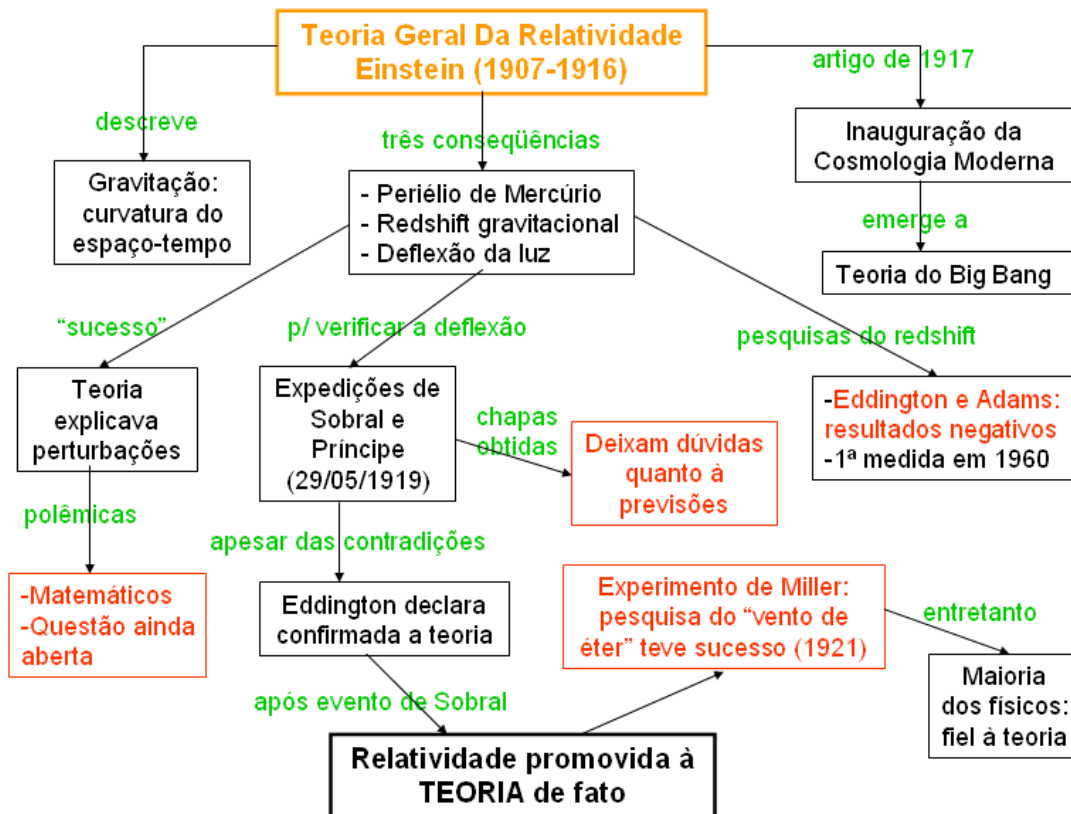


Figura 1d - Mapa conceitual da Relatividade

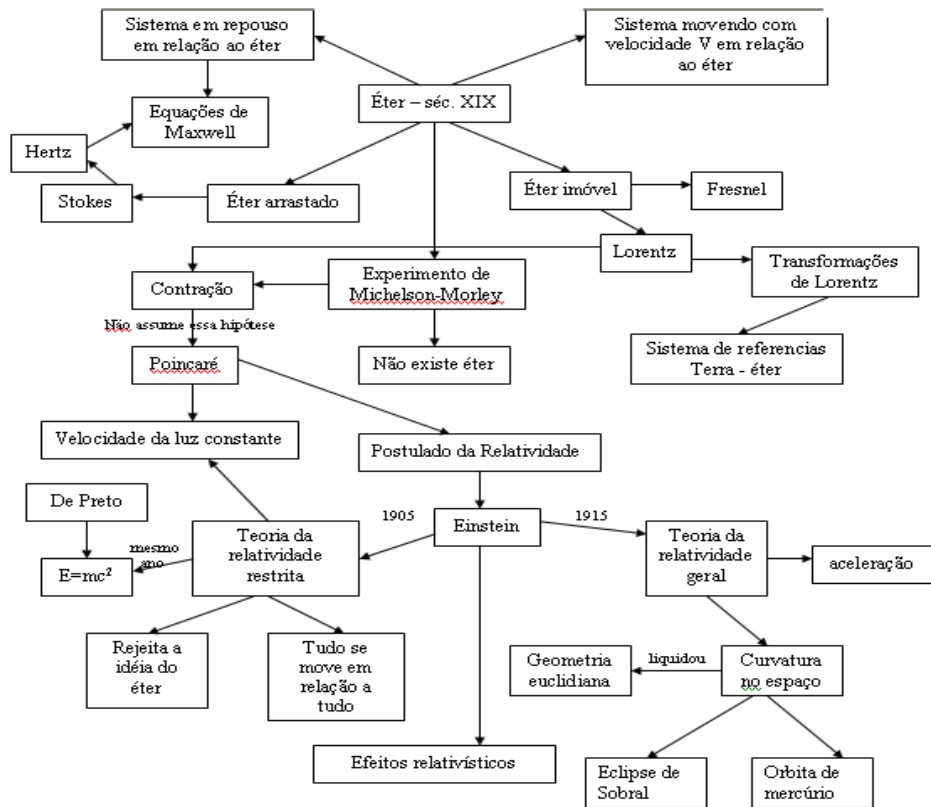


Figura 2 - Mapa conceitual da Relatividade

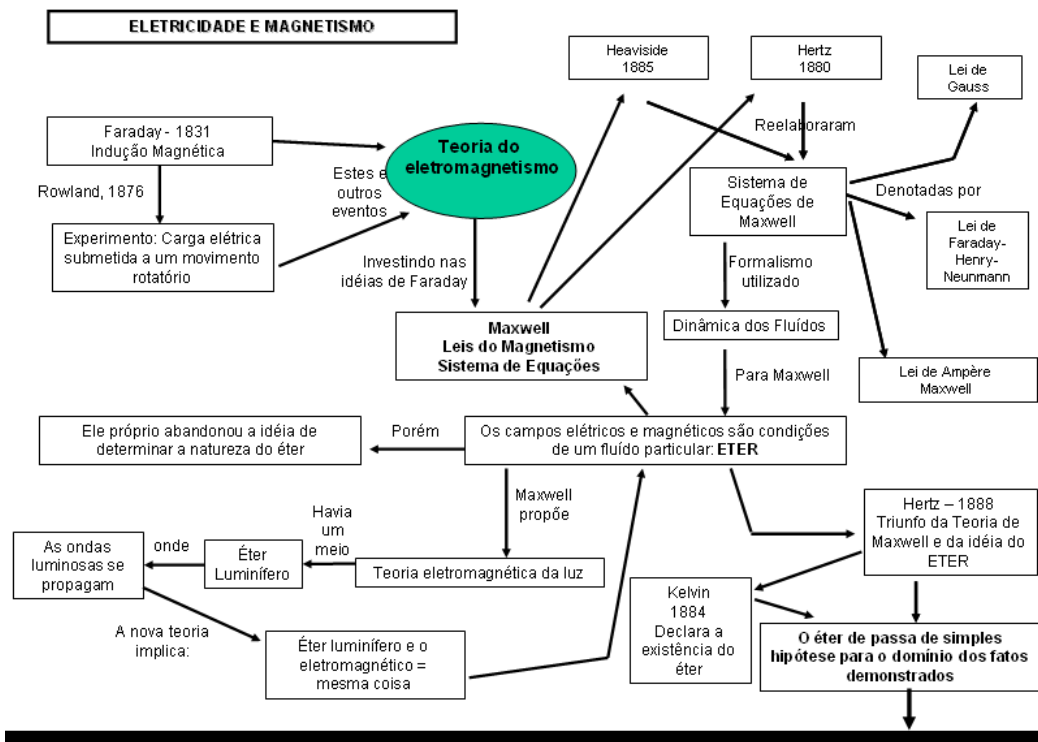


Figura 3a - Mapa conceitual da Relatividade

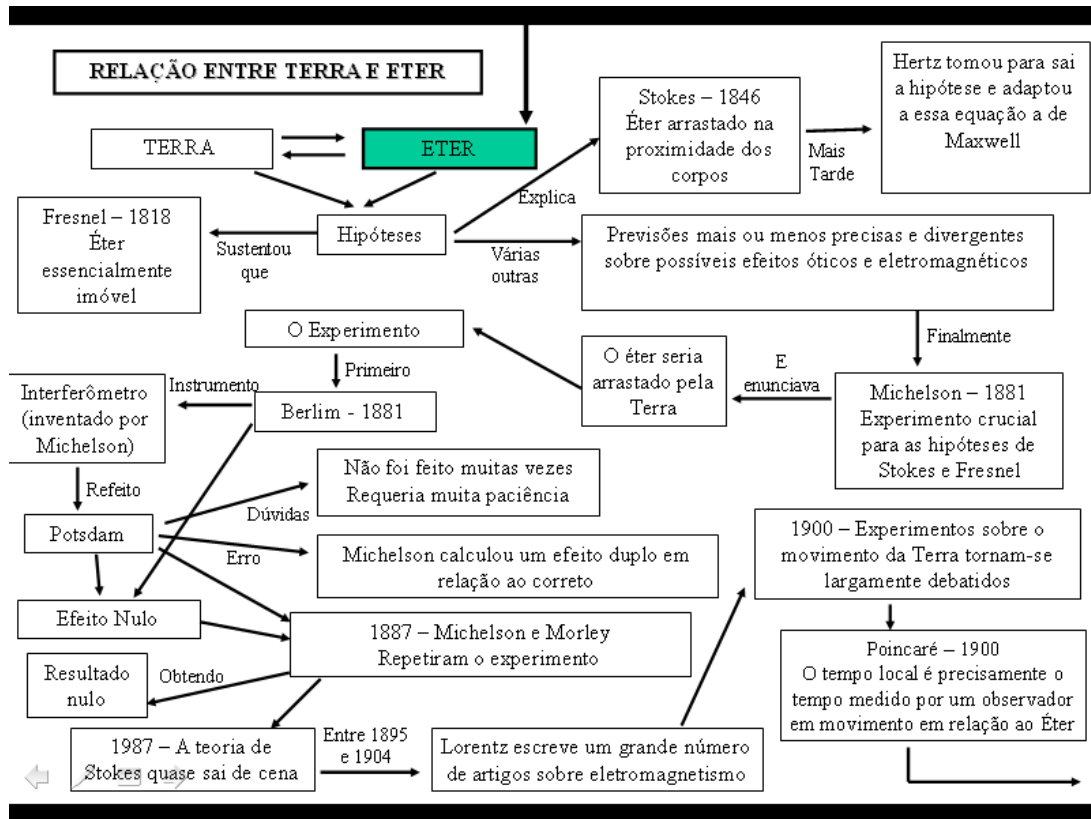


Figura 3b - Mapa conceitual da Relatividade

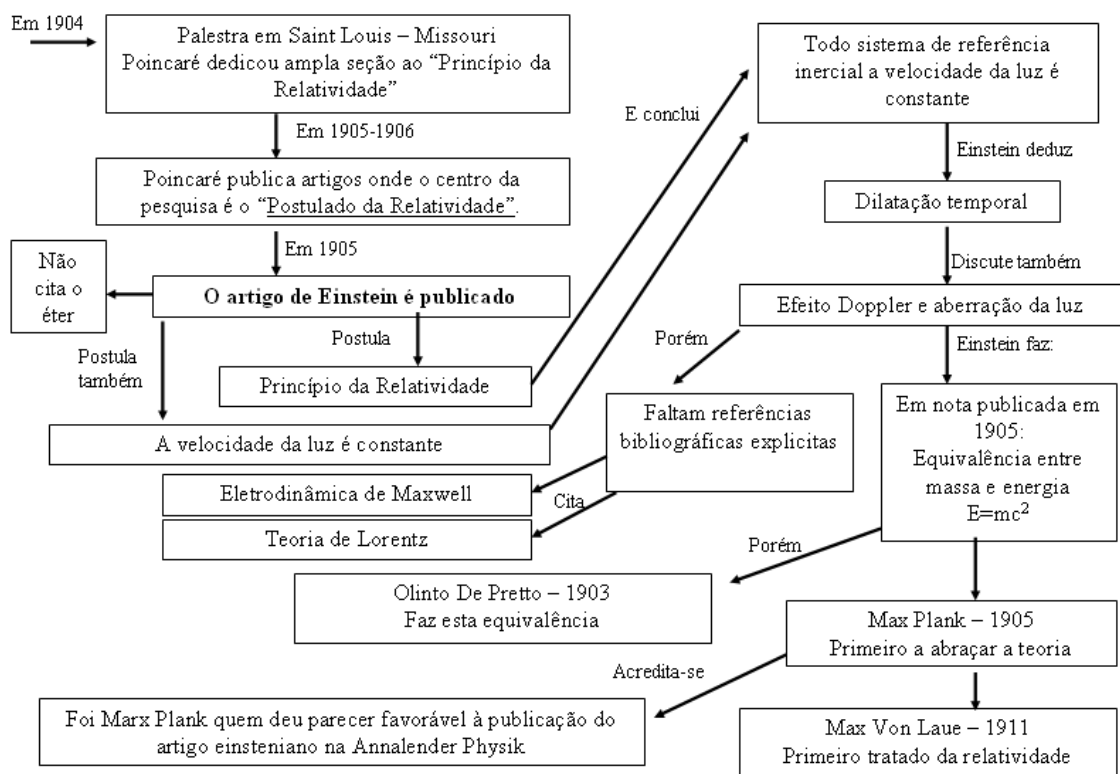


Figura 3c - Mapa conceitual da Relatividade

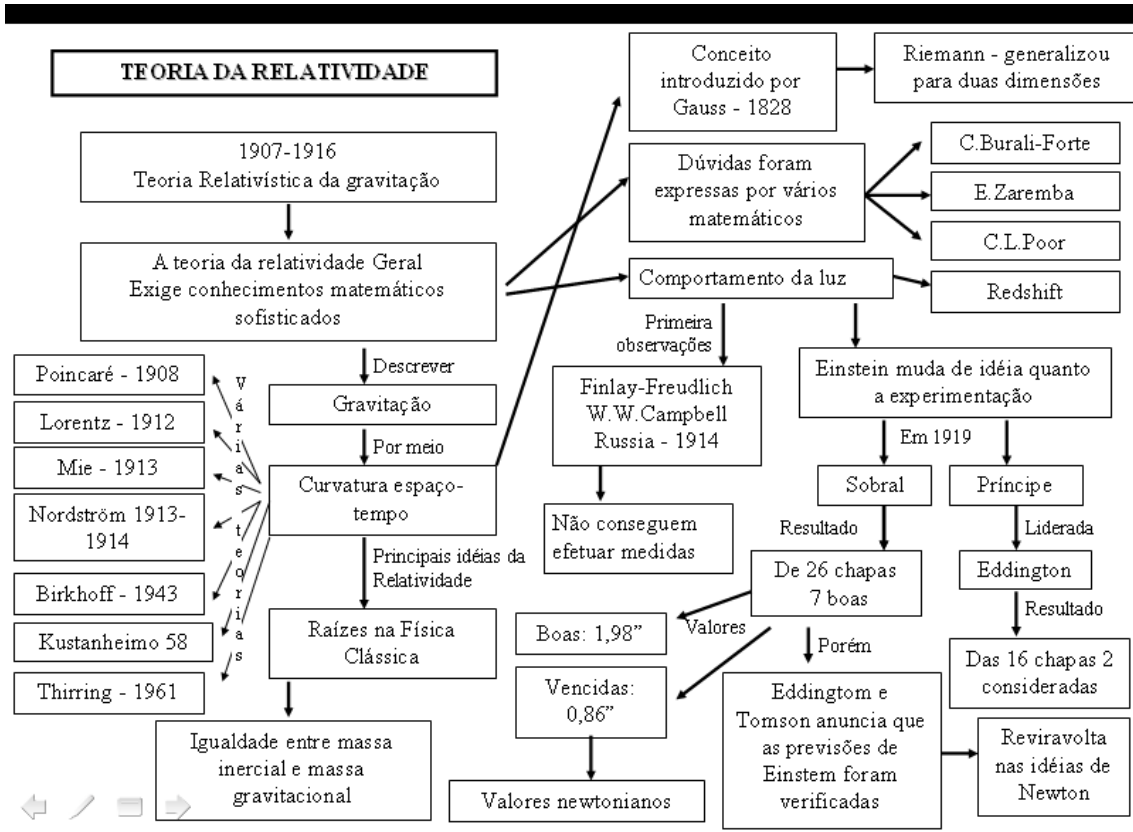


Figura 3d - Mapa conceitual da Relatividade

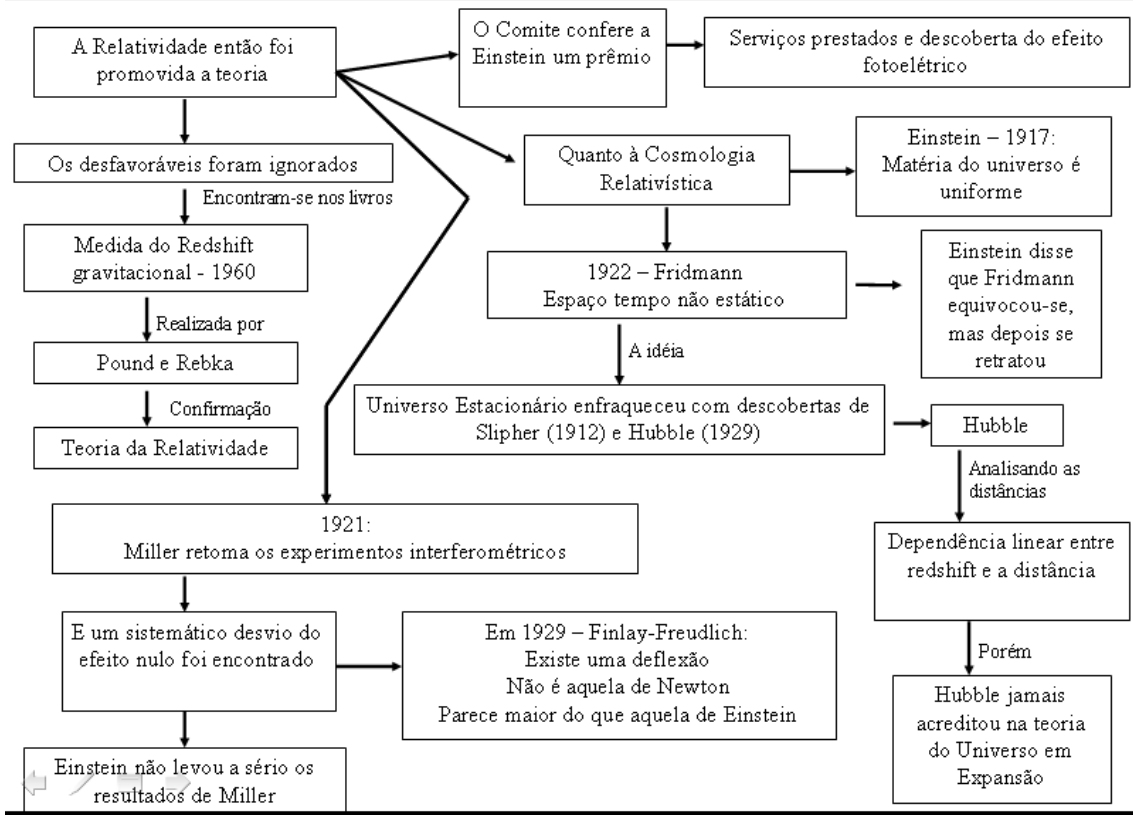


Figura 3e - Mapa conceitual da Relatividade



TEORIA DO ESTADO ESTACIONÁRIO

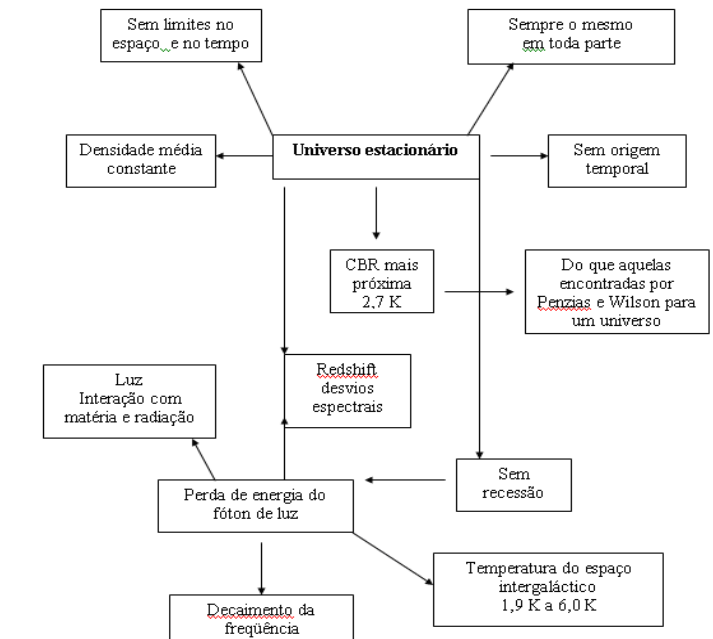


Figura 5b - Mapa conceitual da Cosmologia

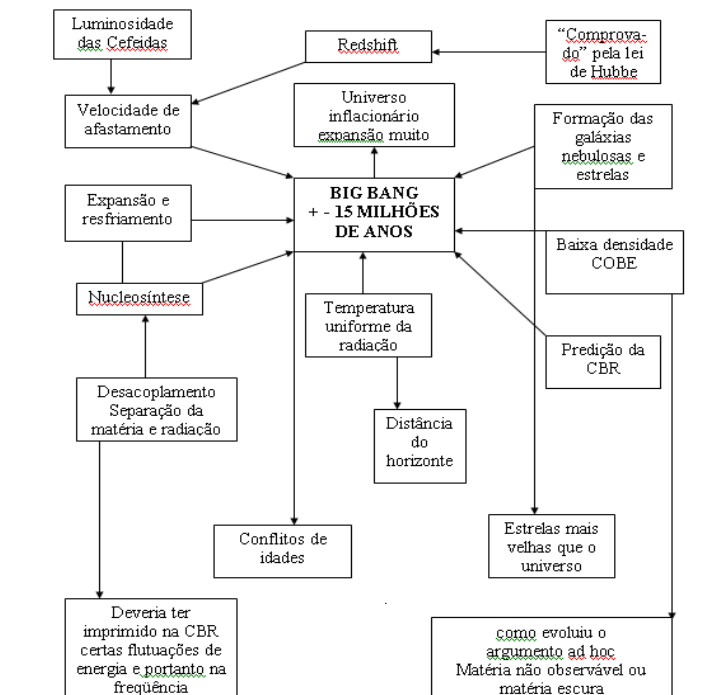


Figura 5c - Mapa conceitual da Cosmologia

CONCLUSÃO

Os mapas apresentados aqui não devem ser analisados sob o corte epistemológico do ‘referencial histórico’, do ‘certo’ e do ‘errado’, do ‘tendências’ e ‘alternativas’, etc. Os mapas apresentam a riqueza da interrelações encontradas, da conexão de conceitos e da complexidade

da trama que derivou na teoria da relatividade ou na concepção de um universo inflacionário ou não.

No ano da comemoração do *annus mirabilis* (“Ano Mundial da Física”), a atividade desenvolvida durante o curso, e que resultou no presente artigo, encontrou nos professores de Ensino Médio uma potencialidade criadora de situações novas e de possibilidades concretas de discussões-em-serviço.

Revelou, sobretudo, que a experiência cognitiva nova, para o tratamento das temáticas apresentadas e exaustivamente discutidas, proporcionou uma nova concepção de mundo, com a busca de interação de conceitos relevantes e inclusivos (o novo conceito na ‘velha estrutura’), como um porto seguro para uma provável assimilação a partir do conhecimento construído socialmente. Entender a permanência dessas estruturas nos sujeitos é o questão desafiadora para a continuidade da presente pesquisa.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, SESu e ao CNPq pelos recursos financeiros nos últimos anos.

#### REFERÊNCIAS

- Campanario, Juan Miguel. Científicos que cuestinan los paradigmas dominantes: algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 3, n.4, 2004.
- Capria, Marco Mamone. La crisi delle concezioni ordinarie di spazio e di tempo. In: Capria, Marco Mamone (org.). *A construção da imagem científica de mundo*. Napoli: Edizioni La Città del Sole, 1999.
- Capria, Marco Mamone (curatore). *Scienza e Democrazia*. Napoli: Liguori Editore, 2003.
- Ciência & Ambiente: Einstein*.v.30, pp. 7-182, 2005.
- Feyerabend, Paul. *Contra o método*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985.
- Kuhn, Thomas. A função do dogma na investigação científica. In: Deus, Jorge Dias de (org.). *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.
- Kuhn, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1987.
- Lerner, Eric. *Il Big Bang non c'è mai stato*. Bari: Edizioni Dedalo, 1994.
- Meyers, Randall. Universe: The cosmology quest. Disponível em DVD (dois discos) e também em: < [www.cosmologyquest.com](http://www.cosmologyquest.com) > Acesso em: 01/06/2004.
- Moreira, Marco Antonio. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*. vol. 4, n. 38, pp. 474-479, 1980.
- Moreira, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa*. Brasília. Editora da UnB, 1999.
- Newton, I. *Principia*. Berkeley: Dover, 1960.