

Mapping Concepts and Knowledge Transposition: The appearance of a new branch of Social Sciences.

Mapeamento de Conceitos e a Transposição do Conhecimento Científico: O surgimento de um novo ramo das Ciências Sociais.

Prof. Dr. Luiz Adolfo de Mello

Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – UFS; ladmello@uol.com.br

Resumo: Vamos apresentar a Teoria do Conhecimento (TC) junto com uma de suas possíveis metodologias de pesquisa. Isto é, junto com mapeamento conceitual como uma linguagem algorítmica (CMA). Tem se que no momento que um dado autor produz um determinado texto ou hipertexto, seja esse um texto didático, um artigo, uma reportagem ou texto científico esse “materializa” na forma escrita, subentendido na sua forma mais geral, em um conjunto de ideias, hipóteses, modelos explicativos, teoria e/ou fatos experimentais. Nesse momento temos a ocorrência de um “fato pedagógico”. Propõe-se aqui que uma teoria da Transposição do Conhecimento ou da Transposição Didática, munida de uma metodologia de pesquisa e baseada em fatos pedagógicos se constitui em um ramo das ciências sociais. Que essa nova teoria, a “Teoria do Conhecimento”, pode ser facilmente generalizada às outras formas de conhecimento.

Palavras Chaves: Teoria do Conhecimento, Transposição Didática; Mapeamento conceitual; metodologia científica.

Abstract: We will present here the Knowledge Theory (KT) along with one of its possible research methodologies. That is, together with concept mapping as an algorithmic language (CMA). That is, at the moment that a given author produces a given text or hypertext, be an educational text, an report, a article or scientific text, it "materializes" in a written form as a set of ideas, hypotheses, explanatory models, theory and/or experimental facts. All this implied in its most general form. In this moment we have the occurrence of an "educational fact." It is proposed here that a theory of Knowledge Transposition or Didactic Transposition, provided with a research methodology and based on pedagogical facts constitutes a branch of the social sciences. That this new theory, the "Theory of Knowledge", can be easily generalized to other forms of knowledge.

Key Words: Theory of Knowledge, Didactic Transposition, Concept mapping, scientific methodology.

INTRODUÇÃO

Vou restringir o campo de estudo deste artigo a transposição ou tradução em linguagem acessível, do conhecimento científico. Apesar de todo conhecimento ser oriundo da observação e interação com a Natureza e registrado e difundido de forma verbal ou oral e, portanto, ser passível de estudo pelas leis da semiótica e da antropologia, sou obrigado aqui por motivo de clareza e de construção de uma teoria a me restringir ao conhecimento científico ou sistematizado segundo certas regras acadêmicas pré-estabelecidas. Mesmo assim é muito difícil, se não for impossível, definir de forma concisa o que seria o conhecimento científico. Mesmo se possível esta definição não nos seria útil para fins didáticos e nem para a inteligência artificial ou para o sistema de informação. Começamos pela definição mais atual do que seria a ciência denominada Física.

Física é a ciência que estuda a matéria, as diversas formas de energia e suas interações.

Qual seria a definição sucinta da ciência Química?

Química é a ciência que estuda a estrutura das substâncias, a composição e as propriedades das diferentes matérias, suas transformações e a energia envolvida nesses processos.

Qual seria a definição sucinta da ciência Biologia?

Biologia é a ciência que estuda a vida e os organismos vivos. A biologia está dividida em vários campos especializados que abrangem a morfologia, fisiologia, anatomia, comportamento, origem, evolução e distribuição da matéria viva, além dos processos vitais e das relações entre os seres vivos.

Podemos ver acima que estas definições não são muito uteis nem para fazermos uma análise curricular e muito menos para criarmos um algoritmo que simule o pensamento científico. Nem saberíamos diferenciar a Física nuclear da do Estado Sólido. Mas estas definições nos informam que temos que estudar as ciências biológicas à parte da Física e da Química. E quanto à Matemática? Segundo Galileu Galilei [Diálogos entre duas ciências] o universo foi escrito usando o alfabeto da matemática. Mas não aparece a palavra matemática em nenhuma definição acima. Qual seria a definição da ciência Matemática?

Em seu excepcional tratado introdutório, "O que é matemática?" Courant e Robbins escreveram:

A matemática como expressão da mente humana reflete a vontade ativa, a razão contemplativa e o desejo de perfeição estética. Seus elementos básicos são a lógica e intuição, análise e construção, generalização e individualização. Embora tradições diferentes possam enfatizar aspectos diferentes, é apenas a interação dessas forças antitéticas e a luta por sua síntese que constituem a vida, a utilidade e o valor supremo da ciência matemática. (Courant & Robbins, 1941/1978, p. I).

Onde entrariam a descrição da geometria e da álgebra? Deste modo este artigo será restrito as definições de ciência fornecida pelas ciências da didática e da neuropsicologia. Do ponto de vista da didática da matemática e do ensino temos a

seguinte questão: Esta capacidade de percepção e de raciocínio lógico está disponível ou seria alcançável por qualquer um? Isto é, haveria um método de ensino ou educação que permitiria qualquer ser humano atingir esta meta? A resposta é não. Pois, isto implicaria que todas as pessoas fossem completamente iguais. P. Ernest em seu artigo “The philosophy of mathematics and the didactics of mathematics” afirma:

Essencialmente, a matemática deve ser considerada sob dois pontos de vista: (a) a matemática como um corpo formal e dedutivo de conhecimentos, conforme exposto em tratados e livros de alto nível; (b) a matemática como atividade humana.

Assim a Matemática é um saber científico como definido por Chevallard [1982]. Isto é, um conjunto de conhecimentos definido em cada época que deve ser apropriado pelos seres humanos. Deste modo vamos generalizar esta ideia para todas as ciências e dizer de forma geral que a ciência é um saber científico, isto é, um corpo de conhecimentos mais as habilidades humanas desenvolvidas devido (oriundas) de sua prática ou exercício. Deste modo vamos tratar a Matemática aqui como um caso à parte. Deixaremos de lado as demais ciências.

Logo vamos analisar o conhecimento científico como este conhecimento aparece nos livros textos. A multiplicação de carreiras universitárias e a sua universalização propiciaram a explosão do Mercado Editorial, tanto em nível universitário como no ensino médio. A fusão das engenharias com as ciências agrárias, ambiental, de alimentos e outras criou a necessidade de se produzir uma grande variedade de livros textos especializados. Isto criou espaço (oportunidade) para o surgimento de várias propostas pedagógicas para o ensino de ciências. Em particular temos livros de Física destinados à formação de cientistas, engenheiros e para ciências biológicas. Temos livro de cálculo para engenheiros e para matemáticos.

Esses livros e e-livros são compostos de textos produzidos segundo uma metodologia de ensino, com finalidades bem específicas e de acordo com o conhecimento matemático prévio de cada estudantes. Assim, esses são a materialização de uma transposição didática [De Mello, 2016a; Chevallard, 1982] do conhecimento científico e denominado daqui por diante de “Fato Pedagógico” (um objeto material). Usaremos o termo fato pedagógico mesmo que um conhecimento seja elaborado na forma de um hipertexto ou na forma de uma figura, gráfico, tabela ou página na internet¹.

A teoria que estuda como ocorre esse fato pedagógico é denominada de Teoria da Transposição Didática (TTD) [Chevallard, 1982; De Mello, 2016d]. Isto é, a TTD é a teoria que estuda como o conhecimento produzido nas esferas de pesquisa se transforma e se consolida em saberes a serem ensinados tanto no ensino superior como no ciclo básico. Isto é, usaremos como referencial teórico a teoria da TTD generalizada de Chevallard, Izquierdo e De Mello denominada de TTD-CHIM [De Mello, 2016d].

De Mello [2016b e 2016c] demonstrou que a melhor forma e mais eficiente de se fazer a análise de como o conhecimento científico produzido nas esferas de pesquisa é transposto aos livros textos, se consolidando como um fato pedagógico é

¹ Daqui em diante qualquer materialização do conhecimento será denominada de acontecimento ou fato pedagógico.

através do uso de mapeamento conceitual como esse fosse uma linguagem algorítmica (CMA). Usando essa ferramenta de estudo (a CMA) De Mello [2016e] criou uma metodologia de pesquisa para a TTD.

O objetivo central deste artigo é demonstrar que a teoria da TTD-CHIM junto com os seus fatos pedagógicos e munida com a metodologia de pesquisa baseada em CMA constitui uma ciência social. Usaremos como exemplo de aplicação a Teoria da Quantização de Max Planck.

FATOS PEDAGÓGICOS E SUAS METODOLOGIAS DE PESQUISA

Com o surgimento da World Wide Web, com a democratização e universalização do ensino e da informação o conhecimento passou ser parte integrante e fundamental da sociedade atual – a sociedade da informação [Masuda, 1980; Burch, 2006]. O conhecimento deixou de ser um acessório do processo produtivo e mercadológico e passou ser parte central e determinante das estruturas e regras que regem estes [Grant, 1996; Ernst, 2002]. Do mesmo modo, várias teorias e metodologias foram criadas, desenvolvidas e adaptadas para atender as necessidades e o desenvolvimento dos meios de comunicação e da cibernética.

Dentro desta metodologia, denominada de data mining, temos vários softwares ou aplicativos desenvolvidos com a finalidade de obter informações e administrar o mercado. Dentre estes temos os softwares Oracle, SAP e outros [Chen, 2012]. Basicamente estes usam recursos da teoria estatística junto com a metodologia da pesquisa operacional para se realizar o tratamento de dados.

A partir destas pesquisas são elaboradas estratégias de mercado, campanhas publicitárias, portfólio de empresas, alteração de produtos, etc. Apesar da motivação por detrás destas pesquisas (segundo Adam Smith [1937]) ser a ganância do empresário, o conhecimento produzido por estas pesquisas (metodologia científica) é elaborada de forma inteligível e cientificamente. Por isso podemos denominá-la de fato pedagógico. Mesmo o design de uma home page é feita segundo certas regras lógicas baseada em conhecimento científicos oriundos da psicologia e da estatística.

Devido ao impacto da multimídia, principalmente pela apresentação visual, fez com que as empresas editoriais investissem na pesquisa do impacto das artes gráficas sobre a leitura e compreensão de textos [Carney, 2002 and Schnotz, 2008]. Demonstrou-se que figura completamente integrada ao texto contribuem significativamente na leitura e compreensão de textos científicos e em geral [Clark, 2010]. Como esse conhecimento redundando na produção de determinados tipo de livros podemos denominá-lo de fato pedagógico.

Usando mapeamento conceitual como metodologia de pesquisa, no que segue nos restringiremos ao estudo de como o conhecimento científico é transposto aos livros textos, e como este se torna um fato pedagógico, isto é, um texto didático (um objeto material).

A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE CHEVALLARD, IZQUIERDO E DE MELLO (TD-CHIM).

Resumidamente a Teoria da Transposição Didática é uma teoria que envolve a epistemologia da ciência, a teoria cognitiva da ciência, a didática do ensino e teorias sociais para se entender, criar regras e estudar os mecanismos que regem a transformação do conhecimento produzido nas esferas de pesquisa para se adequar ao ensino acadêmico, deste para os livros didáticos e deste para a sala de aula do ensino básico universitário e do nível médio. Ou seja, esta teoria tem como principal objetivo entender como o conhecimento científico se transforma nas suas múltiplas formas de apresentação. Isto é, como os grupos de pesquisa selecionam os saberes que prepararão os futuros pesquisadores, e como este é posteriormente reelaborado segundo certas metodologias de ensino e propósitos pedagógicos.

A teoria da TD estuda como o conhecimento produzido nas esferas de pesquisa, denominado de Saber Sábio (Chevallard, 1990), é transformado, adaptado e reelaborado na forma de conhecimento científico escolar, denominado de Saber Ensinado. Como ressalta Halté [1998] Chevallard elaborou a sua “teoria” na forma jornalística. Isto é, na forma da descrição dos fatores sociais de como a comunidade científica e educadores transformam os saberes acadêmicos em saber escolar. Vamos estudar aqui as razões epistemológicas que regem essa tradução. Note-se que Chevallard [1989] e outros abordam vários problemas epistemológicos no ensino de matemática ou sua TD, mas como exemplos da intervenção do sistema didático e não como regras gerais de como a TD deva ocorrer.

Na teoria generalizada TTD-CHIM (De Mello 2016a, 2016b e 2016c) a teoria da TD deve considerar que o conhecimento produzido nas esferas de pesquisas passa por três etapas até chegar à sala de aula do ensino médio. Isto é, o Saber Sábio é consolidado e/ou normatizado nos programas (esfera) de pós-graduação (o Saber Sábio), em seguida transposto ao nível do Bacharelado e finalmente é transcrito ou adaptado ao nível dos livros didáticos produzidos para o ciclo básico (o Saber a Ensinar). Isso se faz necessário, pois temos atualmente livros textos elaborados para os cursos de pós-graduação e para a graduação. Sendo rigoroso teríamos que subdividir a graduação em nível profissionalizante e ciclo básico universitário. Ver De Mello (2016a). Assim, temos que dividir o Saber Sábio em três partes. O Saber Sábio (Nível Pesquisa), o Saber Acadêmico (Nível Pós) e o Saber Universitário (graduação).

O Saber Sábio → Saber Acadêmico → Saber Universitário → Saber a Ensinar → Saber Ensinado.

É dentro deste contexto que a teoria da TD lida com a problemática de se entender, classificar e estudar como o conhecimento produzido nas esferas acadêmicas vai se adequando, se adaptando e se transformando no conhecimento científico ensinado em sala de aula². Ou seja, o que a ciência escolar e a ciência dos cientistas têm em comum é que suas ideias teóricas, seus conceitos, depois de consolidados são transcritos e gravados (selados) dentro de teorias didáticas (caixas-

² Aqui se entende sala de aula a aula ministrada no ciclo básico.

pretas) em livros textos [De Mello, 2016b] - Tese de Latour (1999). Que tal processo de embalagem deixa de fora detalhes, explicações e razões que antes eram necessárias para convencer os outros do seu "poder original de explicar" - tanto a nível científico, bem como a nível didático [Izquierdo, 2003]. Desta forma o conhecimento científico é reelaborado e reestruturado de forma a ser transmitido, ou seja, divulgado.

Chevallard [1991] divide a TD em TD externa ou Lato Sensu e a interna ou Stricto Sensu. Chevallard concentra seus estudos na descrição da transposição externa. Isto é, quais mecanismos e atores participam no processo de transformação dos saberes acadêmicos ao livro ou diretrizes didáticas. Ver figura 1. Tanto Chevallard como de Mello no meu artigo original não se preocupava como estes saberes (o saber a ser ensinado) se transformavam no “saber ensinado” em sala de aula.

Deste modo, de Mello (2016a, 2016c) divide a teoria da TD em duas partes. Uma parte da teoria lida com as influências socioculturais sobre a didática do ensino [Chevallard, 1991 ; Brockington, 2005]. E a outra se preocupa com os aspectos epistemológicos e semânticos das teorias e de como estas são transpostas aos livros textos [De Mello, 2016a, 2016b e 2016c]. Ver figura 2

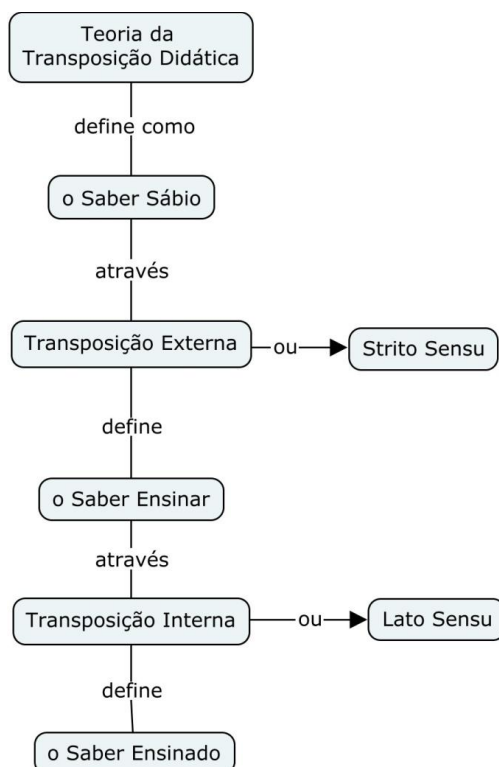


Figura 1 – A Teoria da Transposição Didática após Brousseau.

Apesar de aparentemente parecer que esses dois aspectos da TD não se influenciarem, eles coexistem e atuam conjuntamente. Assim, temos que incluir na sua análise o meio externo no qual este ocorre. Isto é, temos que levar em consideração que o sistema escolar está inserido em um sistema mais amplo – o sistema de ensino [Brockington, 2005]. Chevallard (1991) usa a palavra noosfera para designar e englobar os elementos participantes e que regulamentam a seleção e a determinação das modificações que o conhecimento científico sofrerá ao se transformar em conhecimento escolar. Mais detalhes ver Brockington (2005) e De Mello (2016a).

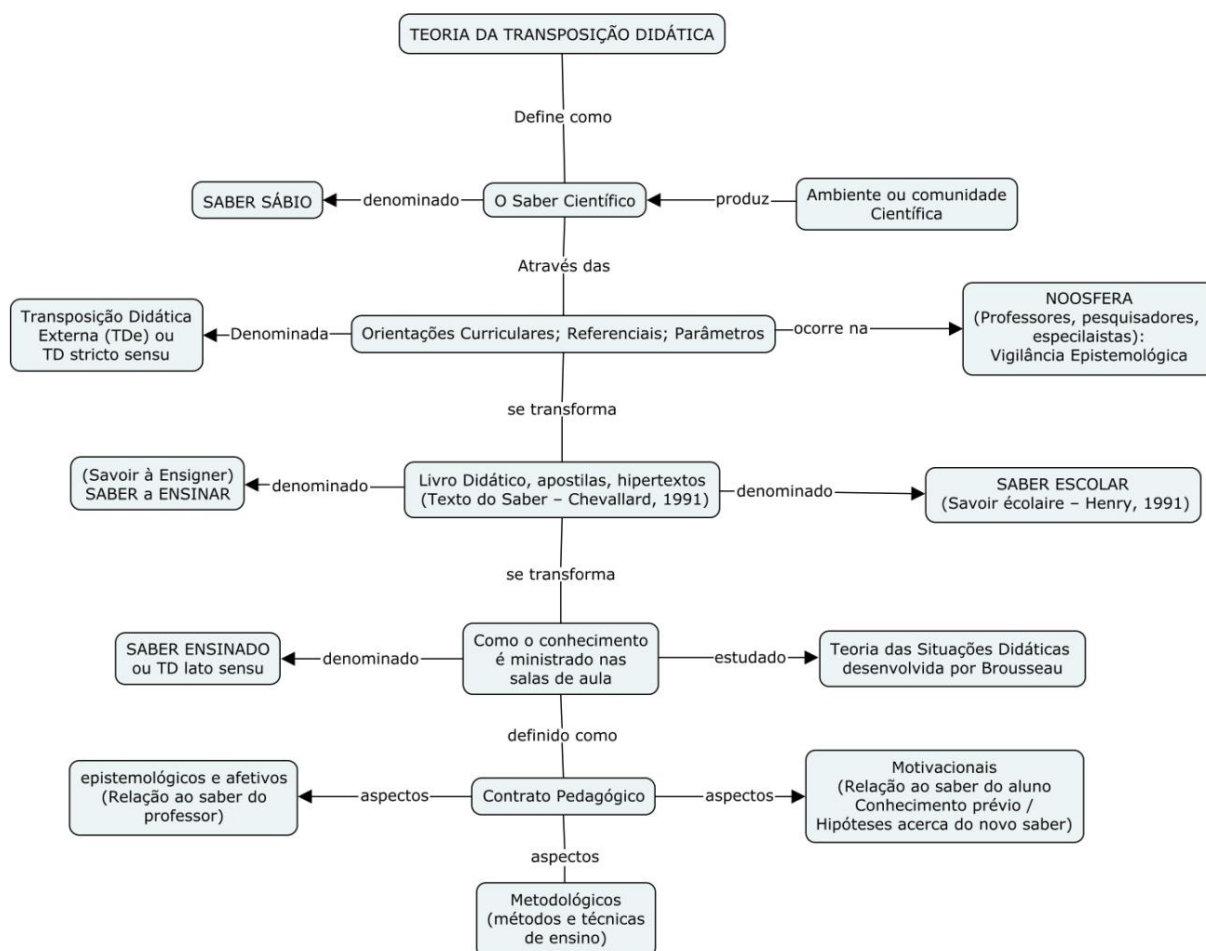


Figura 2 – A Teoria da Transposição Didática mais o Contrato Pedagógico

Devido à diversidade e riqueza de fatores existentes na esfera acadêmica que regulamentam a seleção e a normatização do conhecimento científico De Mello denominou este ambiente de epistemosfera. Dentro desta epistemosfera temos, para o caso dos cursos de exatas, livros de Física escritos para cursos baseado no cálculo e outros baseado na álgebra. Temos livros de Física Conceitual, Física para Engenheiros e tradicionais. De Mello (2016b e 2016c) demonstrou que a TD para o ciclo básico ocorre destes textos e não dos artigos originais. Deste modo uma teoria da TD deve estudar e rastrear como o conhecimento ou Saber Sábio vai se transformando na epistemosfera até se transformar no Saber Ensinado.

Após esta fase, o conhecimento é transformado dentro do contexto das políticas editoriais, dos programas nacionais de produção de textos didáticos e da formulação de políticas públicas até atingir os livros didáticos e ser efetivamente ensinado em sala de aula. É nesse momento que as metodologias de ensino e as propostas pedagógicas entram em cena. Ou seja, ao se estudar ou analisar as transformações que o conhecimento sofre até chegar ao ambiente escolar devemos considerar tanto os aspectos epistemológicos da ciência como os seus aspectos didáticos pedagógicos e metodológicos.

Por completeza devo informar que a teoria que estuda como o conhecimento é trabalhado em sala de aula é denominada de Teoria das Situações Didáticas de Brousseau [1998]. Na didática da matemática este fato é descrito por Brousseau como contrato didático e situação pedagógica. Isto é, o professor deve criar um ambiente

especial de aprendizagem, denominado de *milieu*, onde os estudantes se sintam motivados a aprender matemática e suas formas de raciocínio. Assim, para cada metodologia de ensino o professor deve preparar o *milieu* mais apropriado para este. Por exemplo: sala de informática, de laboratório, ludoteca, etc. [Brousseau, 2004; Aristides, 2018]

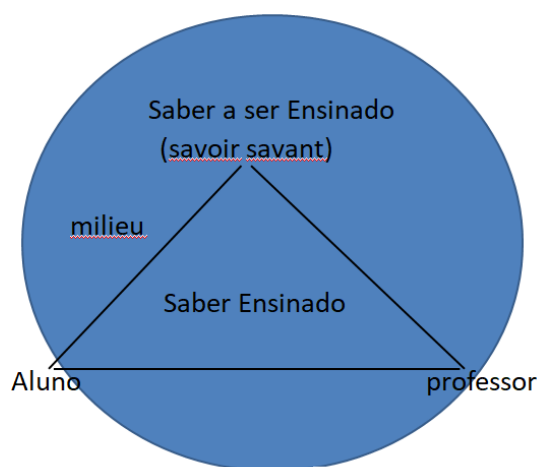


Figura 3 – Triângulo Didático de Brousseau

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E O MODELO COGNITIVO DA CIÊNCIA

Contribuições recentes da epistemologia da ciência para o ensino de Ciências originou uma nova abordagem (teoria) desta última denominada de “modelo cognitivo da ciência” (TCC) que se origina da filosofia kuhniana da ciência [Izquierdo, 2003]. Junto com a teoria da “transposição didática” sugerem a possibilidade de se analisar com muito mais profundidade como o conhecimento produzido nas esferas científicas são transpostos às esferas escolares.

De Mello (2015b e 2015c) demonstrou que para se compreender como o conhecimento produzido nas esferas de pesquisa (o Saber Sábido) é transposto às esferas escolares devemos levar em consideração o que se entende atualmente por conhecimento científico e fazer ciência escolar.

O que seria o equivalente do *milieu* de Brousseau para a Física e a Química? Segundo Izquierdo-Aymerich³ (2003) por motivos didáticos se simplifica e define-se o que seja ou fazer ciência (TD) descrevendo-a como um modo de pensar e agir a fim de interpretar certos fenômenos e de intervir através de uma série de conhecimentos teóricos e práticos estruturados. O objetivo do ensino de ciências é que os alunos entendam que o mundo natural apresenta certas características que possam ser modeladas teoricamente. Devido a isso apresentamos a eles, fazendo uma TD, alguns fatos reconstruídos, modelos teóricos simplificados, argumentações e proposições que foram selecionados previamente.

Além disso, se a aula de ciências for realizada de acordo com os princípios da aprendizagem significativa (Ausubel, 1977 e 2003), ou seja, de uma transposição

³ The following two paragraphs are a collection of statements that together form a definition of that is the DT from the TCC point of view.

didática bem executada (Chevallard, 1990), os professores estarão comprometidos na tarefa de conectar modelos científicos aos usados pelos próprios alunos, recorrendo a analogias e metáforas que possam ajudá-los a se mover a partir do último para o primeiro (Duit, 1991; Flick, 1991; Ingham, 1991; Clement, 1993).

Assim, ensinar ciências é ensinar sistemas ou métodos de se adquirir conhecimento e, ao mesmo tempo, ensinar como chegar a esse corpo organizado de conhecimentos a partir destes. Mas, em geral isso é impossível de se reproduzir em sala de aula [Izquierdo, 1999]. Assim, surge a questão: O que é ensinar ciência em sala de aula do ensino médio como do superior?

As teorias científicas são apresentadas nos livros didáticos como um conjunto de modelos matemático relacionados a alguns fatos e aparatos experimentais que dão sentido à teoria. As relações entre os modelos e os fatos são desenvolvidas através de postulados e hipóteses teóricas suportadas por fatos experimentais. Deste modo, uma teoria científica é uma família de modelos que em conjunto com hipóteses e ou postulados estabelecem a verossimilhança destes modelos com os fatos experimentais.

Estas explicações, ou seja, ideias teóricas sobre o mundo criadas para compreendê-lo, são estruturadas em torno de conceitos. Para Latour (1999), esses conceitos, ou o que ele chama de nós ou links, são aquelas coisas que nos permitem compreender a atividade científica [Izquierdo, 2003]. Sendo assim, defende-se aqui que Mapeamento Conceitual é a ferramenta ideal para se fazer este estudo. Principalmente, de como estes conceitos ou nós ou links são inseridos, suprimidos, resumidos e trançados para tornar cada texto um todo coerente.

Se analisarmos os livros textos de Física escritos tanto para o ensino médio como para o ciclo básico do superior, sob o ponto de vista do conhecimento e de seu método de se obter, veremos que estes se classificam em dois tipos: a) os que iniciam expondo a teoria e em seguida apresentando os fatos experimentais que redundaram em sua formulação ou descoberta como uma mera confirmação de sua validade ou importância. b) e os que começam expondo os fatos experimentais que redundaram em sua formulação e colocando a teoria como consequência direta destes fatos.

Por outro lado, as teorias matemáticas não caem em desuso e a matemática não precisa ser confrontada com os fatos experimentais. Deste modo as teorias matemáticas não precisam estar embasadas em fatos experimentais. Mas, por outro lado, como se discutiu em de Mello [2019] a matemática é ao mesmo tempo conhecimento e uma forma de raciocínio. Como podemos ler em Ponte [1992]

a matemática pode ser encarada como um corpo de conhecimentos, constituído por um conjunto de teorias bem determinadas (perspectiva da Matemática como “produto”) ou como uma atividade (constituída por um conjunto de processos característicos). Pode-se argumentar que tanto o produto como o processo são igualmente importantes, e só fazem sentido se equacionados em conjunto. Será impossível nesse caso explicar a alguém o que é a Matemática sem apresentar um exemplo em que simultaneamente se usem os seus processos próprios e se ilustre com conceitos de uma das suas teorias.

Desta forma os livros textos procuram transmitir conhecimento assim como desenvolver o raciocínio matemático em seus estudantes. Assim a Matemática é um saber científico como definido por Chevallard [1982]. Isto é, um conjunto de conhecimentos definido em cada época que deve ser apropriado pelos seres humanos.

Assim, temos que ao analisarmos o conhecimento matemático devemos levar em consideração os trabalhos de Jean Piaget [Ojose; 2008] sobre os estágios de desenvolvimento da inteligência ou capacidades cognitivas, assim como de outros autores [Pontes, 2013; Souza e Guimarães, 2015; Ellis, 2007; Hanna, 2000] sobre o papel de resolução de problemas na compreensão e articulação dos saberes matemáticos no manuseio e compreensão de conceitos matemáticos. Podemos ler no NCTM:

A compreensão dos conceitos não se reduz a conhecer a sua definição – requer também perceber o modo como estes conceitos se relacionam uns com os outros e como podem ser usados na resolução de problemas. Além disso, a compreensão dos procedimentos passa não só pela sua aplicação, mas também por perceber a razão porque funcionam como podem ser utilizados e como podem ser interpretados os seus resultados (NCTM, 2009).

MAPAS CONCEITUAIS E MAPEAMENTO DE CONCEITOS.

Mapas Conceituais é uma forma concisa de apresentar e conectar conceitos [Novak, 1991; Moreira, 1979]. Como esse é uma forma de mapeamento este usa palavras de ligação para conectar ideias ou conceitos. Devido à variedade e liberdade de apresentar graficamente os conceitos temos que MC é a ferramenta ideal para se avaliar, apresentar, sintetizar e sumarizar o conhecimento [Novak, 2006].

Joseph D. Novak (2006) define de uma maneira geral o que se entende por mapeamento conceitual (CM):

“Mapas conceituais são ferramentas gráficas para se organizar e representar o conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente incluídos em algum tipo de círculo ou boxes, e o relacionamento entre dois conceitos é feita através de linhas. Palavras ou frases inseridas nas linhas, denominadas palavras ou frases de ligação, especificam o relacionamento entre dois conceitos.”

Quando o CM é bem construído permite a visualização e percepção de como os conceitos chaves de um determinado tópico ou área de conhecimento seguem um ao outro, se entrelaçam, e se organizam na estruturação desse conhecimento. Assim, tentamos criar algumas regras básicas para a construção e padronização dos CM, o que pode ser visto em muitos artigos [Novak 2006; Moreira, 2006; de Mello, 2014]. Como se mostrou em de Mello (2015a e 2015b), no caso de um estudo sistemático devemos criar algumas regras muito específicas para a construção do CM para que se tornem uma espécie de linguagem algorítmica.

Devido à sua forma concisa, hierárquica e gráfica de apresentar os principais conceitos temos que CM é uma ferramenta poderosa para realizar a análise da estrutura conceptual que os livros são escritos. A construção de um CM para um tópico ou todo o livro, permite que você veja prontamente e de forma sucinta o quadro conceptual que um determinado autor usou para concatenar e organizar os conceitos-chave que entram na preparação de seu livro. Assim, é necessário construir um CM que nos mostre a interligação entre os conceitos inseridos e usados, e que permita visualizar rapidamente a estrutura subjacente à construção de um corpo conceitual do conhecimento. Mais detalhes sobre MC ver Novak (2006) e Moreira (1979).

Mapas Conceituais, Transposição Didática e Modelos Cognitivos da Ciência.

Como dito acima, as teorias científicas são construídas a partir de modelos científicos, hipóteses e teoremas que são propostos para explicar um determinado conjunto de eventos. Estas explicações são estruturadas em torno de conceitos, nós ou links (Latour, 1999), que nos permitem compreender a atividade científica. [Izquierdo de 2003].

Assim, sendo CM diagramas de significados, indicando relações hierárquicas entre conceitos ou entre as palavras que representam conceitos, estes são a ferramenta ideal para mapear como esses nós ou links são preparados e organizados de forma a criar um conjunto coerente e que faça sentido para um determinado nível de escolaridade. Isto é, para estudar o modo como o conhecimento produzido para um determinado nível de escolaridade é transcrito para o outro.

De Mello (2016c) demonstrou para o caso do tema da física denominado efeito fotoelétrico, que atualmente o conhecimento científico em suas transcrições aos livros didáticos é estruturado de forma didática em: a) modelos; b) o núcleo da teoria; c) fatos experimentais; d) os principais conceitos; e) a metodologia e f) a aplicação da teoria. Assim, é necessário entender como esses "pedaços de conhecimento" são inseridos, excluídos e resumidos para que cada texto se torne um todo coerente.

De Mello (2016b, 2016c) mostrou que no caso em que a teoria original foi construída em uma época de revolução científica [Kuhn, 1970], que a teoria precisa ser consolidada no novo paradigma antes de sofrer uma DT para o ensino médio. Que seus modelos explicativos originais devem ser adaptados ou reescritos neste novo paradigma.

Assim, o CM construído para analisar como ocorre a TD do conhecimento deve ser construído sob algumas regras. Neste a estrutura conceitual descrita acima deve ser muito clara. Como um algoritmo este deve ser criado com a finalidade de descrever a estrutura do conhecimento. Portanto, o construtor de CM deve ser treinado em dissecar o conhecimento em suas partes fundamentais.

MAPAS CONCEITUAIS COMO ALGORITMO PARA ANALISAR O CONHECIMENTO

O objetivo principal deste artigo é demonstrar que o uso de CM como fosse uma linguagem algorítmica para se realizar o estudo da TD ou da Teoria do Conhecimento (TC) constitui uma metodologia científica. Que essa metodologia, junto com a teoria da

TD-CHIM, se constitui em uma teoria do conhecimento. Como exemplo de aplicação desta teoria do conhecimento e de sua metodologia apresentaremos um resumo do estudo da transposição didática do artigo de Max Planck aos livros textos. Ou seja, como através desta TD a teoria da Radiação de Corpo Negro (RCN) e a teoria da Quantização se tornam fatos pedagógicos. Mais detalhes ver De Mello (2016c).

A metodologia usada aqui será a de dividir o conhecimento em suas partes constituintes e analisarmos, usando MC, como essas partes são dispostas didaticamente para se tornar um todo coerente e que faça sentido a um determinado grupo de pessoas (estudantes). Para facilitar tal tarefa vamos usar certas regras para realizar esse mapeamento. Da mesma forma que em um fluxograma criado para descrever um algoritmo computacional temos símbolos específicos que definem operações ou ações específicas, criados com o objetivo de facilitar e padronizar a sua leitura, vamos criar símbolos ou cores específicas para um determinado mapeamento de conceitos. Ver De Mello (2016a, 2016b).

No caso de teorias científicas⁴, denominadas aqui de conhecimento, temos que estas são constituídas de a) modelos explicativos; b) o cerne da teoria; c) os conceitos chaves; d) a metodologia; e) fatos experimentais e d) as aplicações da teoria. Assim, vamos usar boxes em verde para identificar os modelos. Boxes em azul para identificar Leis empíricas ou as conclusões ou resultados. Em roxo temos a teoria. Poremos em boxes amarelos os fatos experimentais que redundaram na teoria. Em verde azulado o Título. Em azul claro representamos todo material de suporte, como equações, deduções, etc. Finalmente, colocamos na cor coral as generalizações ou universalizações da teoria. Nesse caso não temos aplicações da teoria.

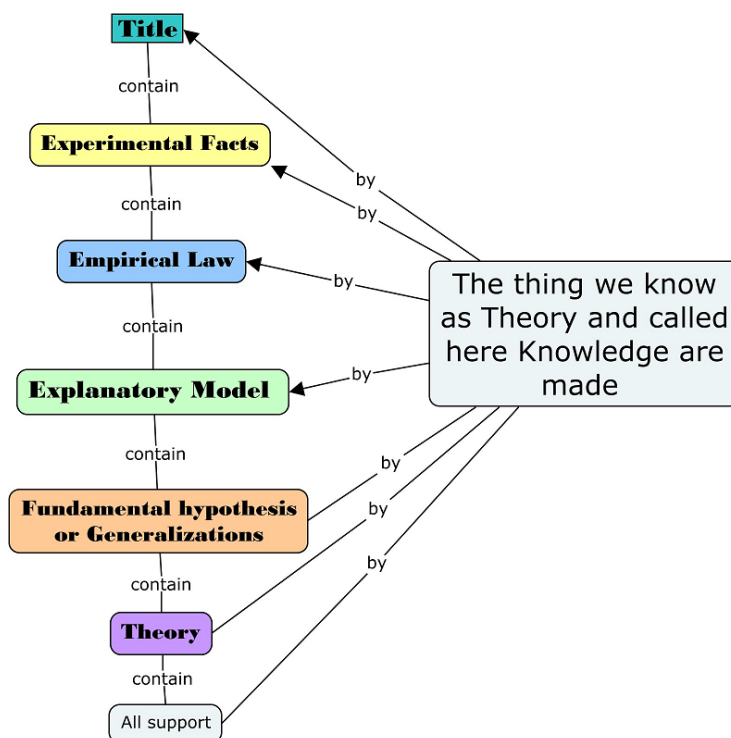


Figura 4 – Figura com estrutura simbólica das partes que constituem um MCA para a teoria do conhecimento escolar.

⁴ Neste caso nos referimos a Física e a Química.

No caso da Matemática, como discutimos anteriormente, esta é um corpo de conhecimentos e ao mesmo tempo uma forma de raciocinar e agir. Assim a Matemática é um conjunto de conhecimentos definido em cada época que deve ser apropriado pelos seres humanos. Ela possui um corpo de conhecimentos - aritmética, álgebra, análise infinitesimal, teoria das probabilidades, teoria dos conjuntos, topologia, geometria diferencial, análise funcional..., mas ela é construída usando as regras da lógica e formalismo matemático, e ela é a ferramenta na qual se “constrói a estrutura” formal de todas as outras ciências. Assim a Matemática está apoiada no tripé: Formalização, Verificação e Universalização ou Generalização. Ver figura 5.

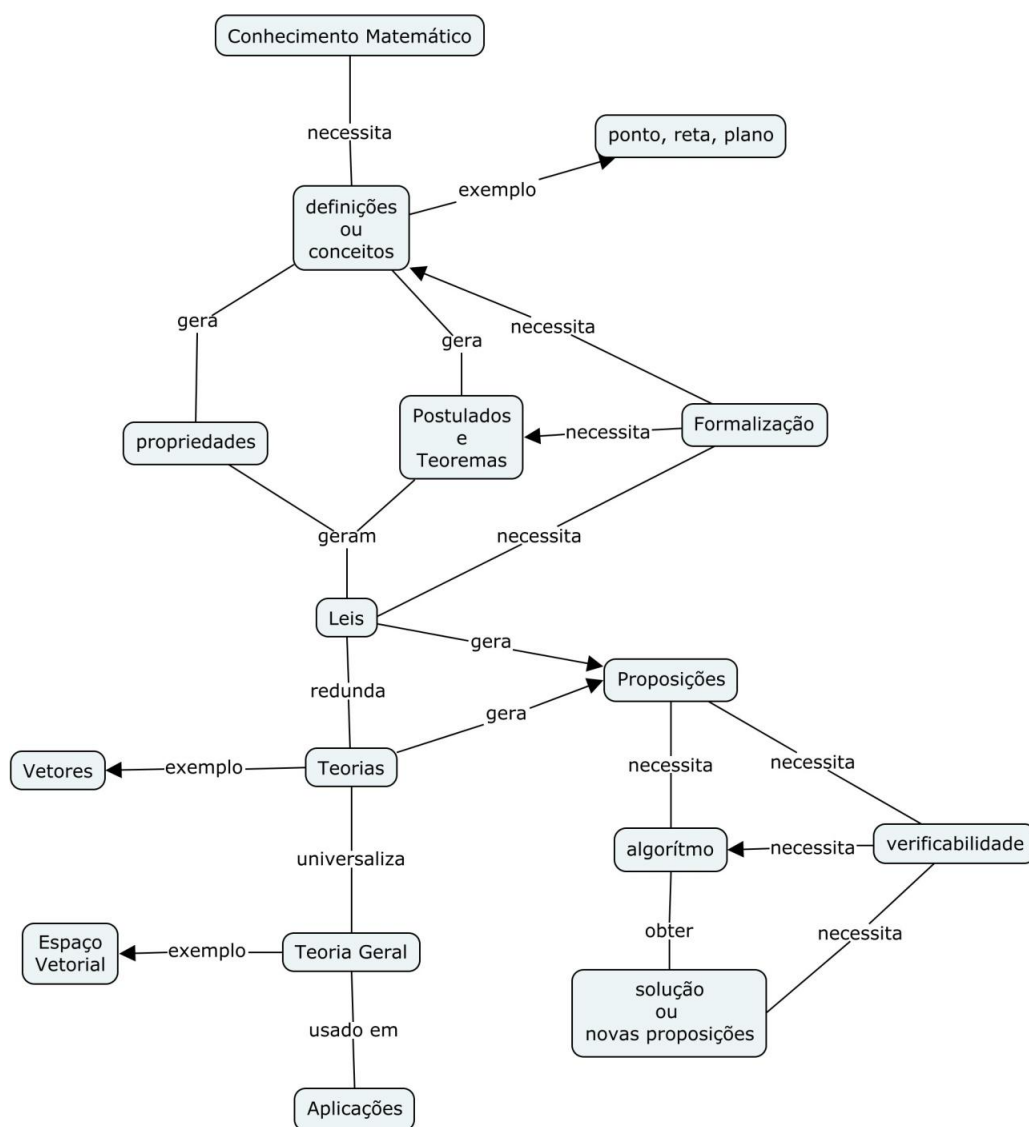


Figura 5 – Conhecimento Matemático Escolar

Mas há uma diferença fundamental entre a Matemática e as demais ciências. Enquanto que nas outras ciências, mesmo estando bem formalizada, suas teorias podem ser rejeitadas pelo fato de suas conclusões não poderem ser confrontadas com a experiência, a matemática existe por si só. Isto é, ela só depende do rigor do raciocínio matemático. Assim, no conhecimento matemático não há a necessidade de se evidenciar os fatos experimentais.

Ao contrário da Física que temos bem definido o conhecimento físico escolar, mas não temos bem definido o que seria o raciocínio físico, na Matemática ocorre o inverso. Não temos bem definido o conhecimento matemático escolar, mas temos bem definido o que seria o raciocínio matemático. Ver figura 6. Por exemplo, a estrutura do livro de cálculo é completamente diferente da estrutura do livro de álgebra linear.

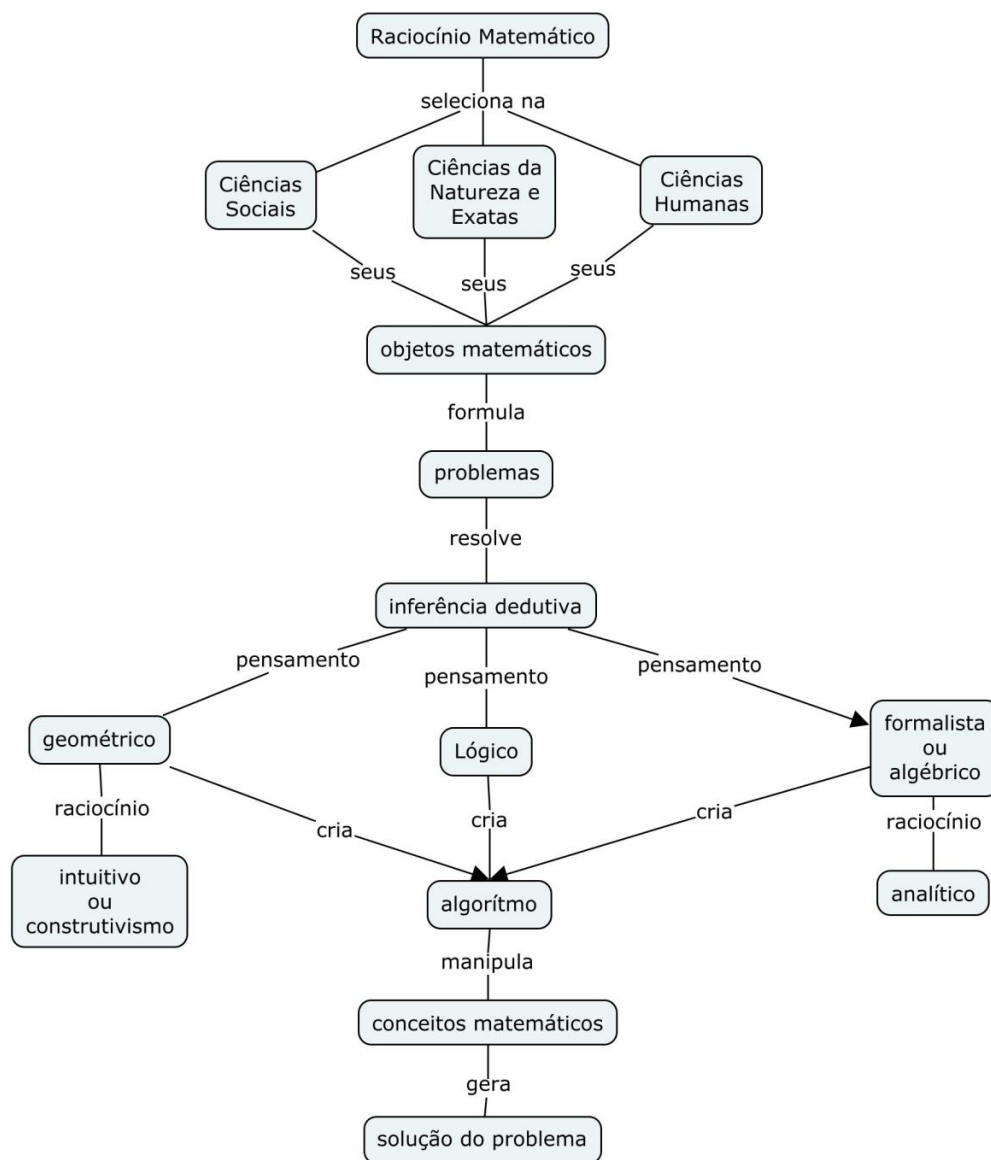


Figura 6 – Raciocínio matemático.

Exemplo: A Teoria da Quantização de Max Planck (1901)

Em alguns livros textos assim como ao ministrar aulas no ciclo básico universitário a Teoria da Quantização de Max Planck é apresentada, sofrendo uma TD, como sendo simplesmente uma hipótese ad-hoc feita por Max Planck (1901) para explicar o espectro de radiação de corpo negro (BBR). Não há a exposição de

modelos explicativos e nem de fatos experimentais que redundaram na teoria⁵. Ou seja,

$$E = h \cdot \nu$$

Por exemplo, o livro *Fundamentals of Physics* [Halliday, 1997] é um fato pedagógico (produto) oriundo deste tipo de TD.

Em outros textos ou fato pedagógico esta teoria se resume na definição de BBR, a apresentação das Leis empíricas que antecederam a Lei de Planck e a sua hipótese. Não há a elaboração de um modelo explicativo e nem uma discussão de como esta foi elaborada no velho paradigma científico. Ver figura 7. É muito comum de se encontrar esta forma de apresentação resumida da teoria da BBR em textos para formar engenheiros em geral.

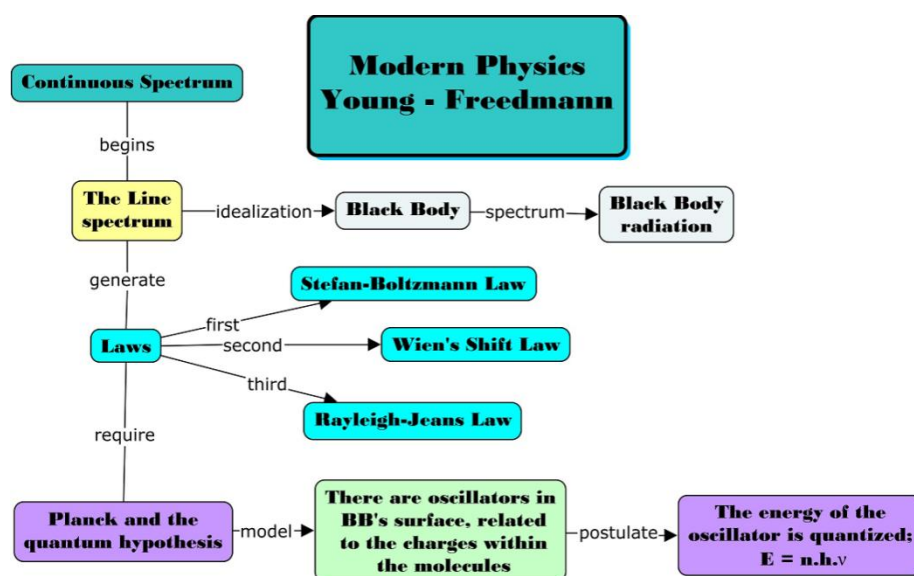


Figura 7 – MCA do texto da Teoria da BBR do livro Young-Freedemann.

Colocamos baixo, figura 8, o CMA do artigo original de Max Planck (1901). Ao analisarmos a teoria de Planck (1901) vemos claramente a estrutura e o brilhantismo de seu raciocínio. Isto é: a) Definição de BBR e apresentação dos fatos experimentais; b) seguida por uma Lei empírica; c) tentativa de escrever a teoria em princípios universais; d) modelo no velho paradigma, boxes em verde; e) Dedução da Lei universal.

Como exemplo de um fato pedagógico originado de uma transposição didática escolhemos o texto do livro Jewett (2010). Ao analisarmos seu CMA, figura 9, vemos claramente os boxes amarelos espalhados e concatenados com os boxes azuis, e na ultima linha vemos como a hipótese de Planck (novo paradigma) está inserido na teoria. Apesar da maior ênfase dada à explicação dos fatos experimentais e as leis empíricas que redundaram na Lei de Planck, pode-se notar que este texto foi elaborado na mesma estrutura do artigo de Planck, isto é: Fatos e leis experimentais → modelo explicativo → teoria. Vemos pelo grau de elaboração da apresentação da

⁵ Devido à tradição usamos o nome de Teoria para designar todo este corpo do conhecimento. Quando for o caso usaremos a palavra conhecimento como definido por de Mello (2016d).

teoria da BBR que este livro é realmente destinado a formar cientistas em geral. É fácil de notar que seria muito mais difícil de fazer esta análise se tivéssemos um CM sem os códigos de cores (CM limpo).

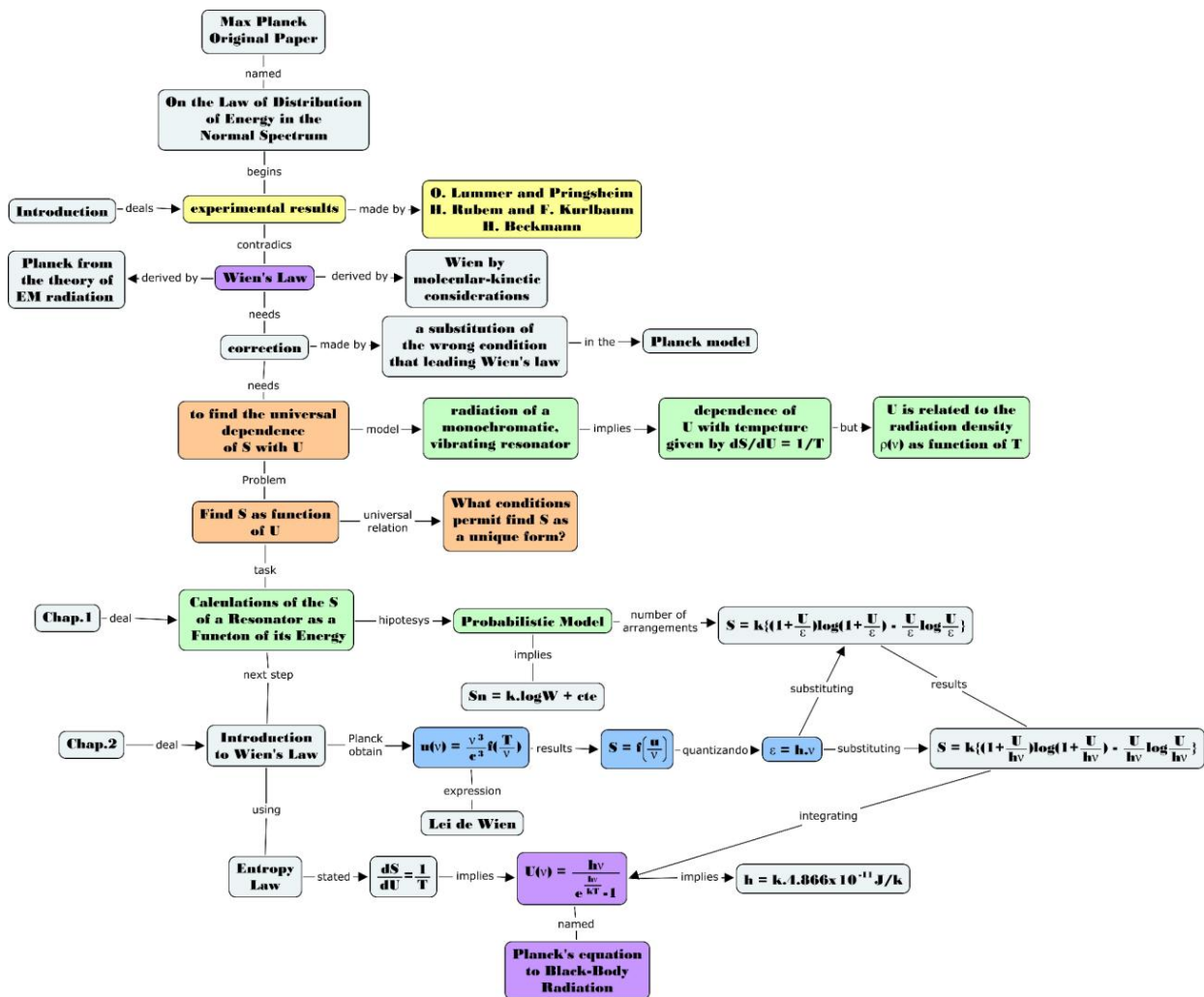


Figura 8 – CMA do artigo de Max Planck sobre a teoria da BBR.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Vemos acima que MCA é a ferramenta ideal para se efetuar o estudo de como o conhecimento científico é transposto a todas as esferas do conhecimento. Este fornece uma metodologia científica muito eficiente para se fazer o estudo da transposição do conhecimento.

A teoria da TD-CHIM fornece diretrizes e regras gerais para se determinar a razão de determinado conhecimento científico se perpetuar e se atualizar nas esferas escolares. Ela, também, fornece regras de como classificar a TD e de como esta deva ser efetuada.

O CMA junto com a teoria da TD-CHIM é uma ferramenta muito eficiente de se classificar, analisar e sumarizar como o conhecimento científico é elaborado, formulado e transcrito as esferas de ensino. Ou seja, de classificar os fatos pedagógicos.

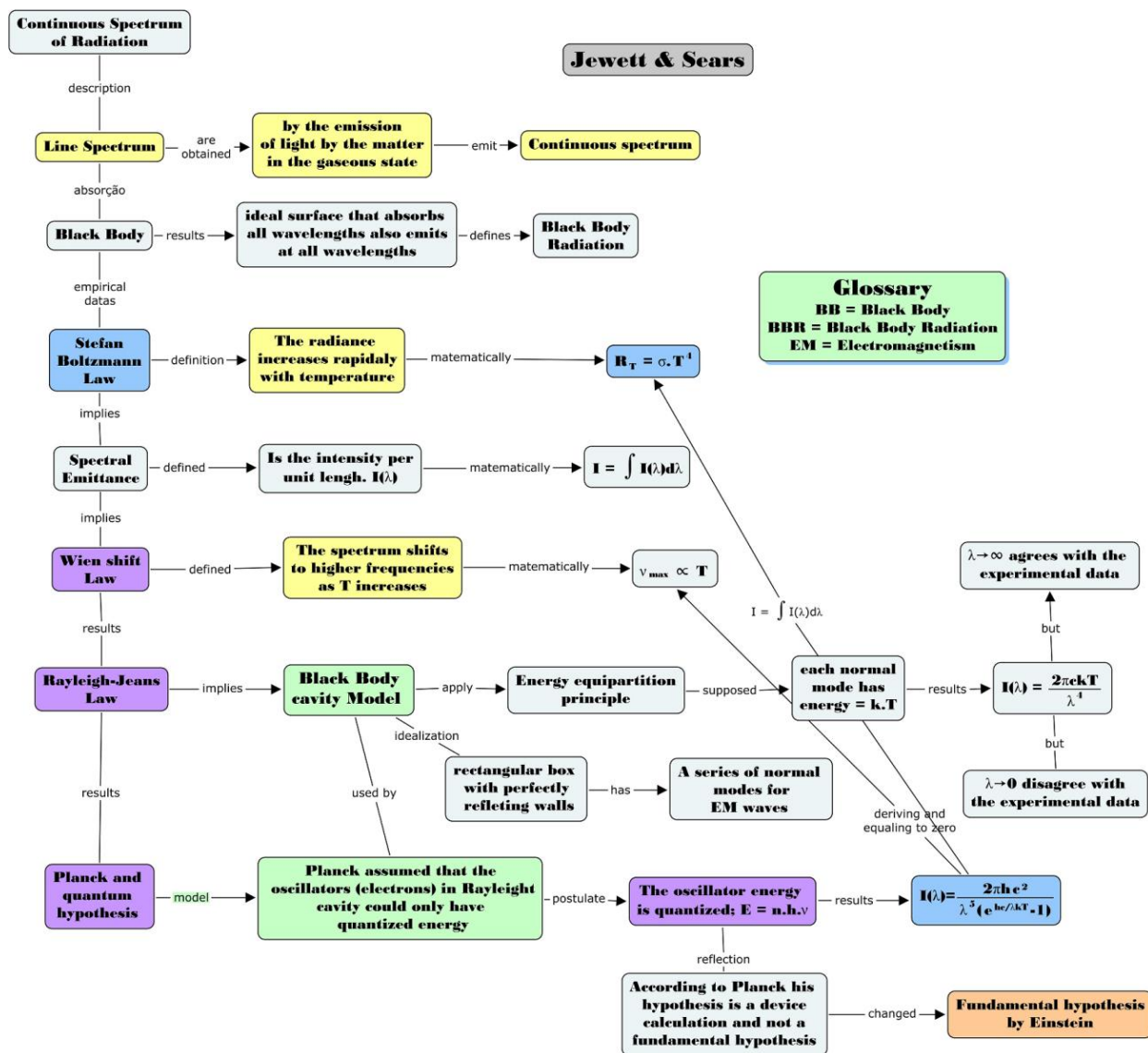


Figura 9 – MCA do texto da Teoria da BBR do livro Jewett-Sears.

Obtemos com a TD-CHIM junto com a metodologia científica usando CMA um meio muito efetivo de se efetuar o estudo de como o Saber Sábio se transforma nos meios científicos. Que estes formam uma ciência do conhecimento.

O CM elaborado segundo as regras algorítmicas nos fornece um resumo esquemático, visual e ordenado das ideias, conceitos e tudo mais que compõe um artigo e/ou livro. As cores chamam a atenção do leitor para suas partes constituintes, de modo que em uma primeira leitura além da uma visão geral do conteúdo do texto as cores permitem e chamam a atenção do leitor para suas partes constituintes. O que seria mais difícil se tivéssemos somente o CM sem o código de cores. Se o leitor não souber previamente que um dado conhecimento é composto de teoria, modelos, etc. há uma grande possibilidade que passe despercebido algum destes itens, e que o leitor não compreenda em toda profundidade seu conteúdo.

O CM na forma de algoritmo (CMA) permite verificar qual sequência o autor inseriu, organizou e concatenou as partes componentes de sua teoria (conhecimento).

Além do mais, a análise do CMA feito para um determinado livro texto permite visualizar como estes conceitos ou nós ou links são inseridos, suprimidos, resumidos e trançados para tornar cada texto um todo coerente [de Mello, 2016a, 2016b e 2016c]. Usado em uma análise comparativa este permite verificar [de Mello, 2016b, 2016c e 2016d]: a) como os modelos explicativos são adaptados, simplificados e suprimidos; b) como os conteúdos do conhecimento são transposto para uma metodologia de ensino de ciências, sofrendo uma transposição didática; c) quando for o caso, como o conhecimento é transposto e consolidado em um novo paradigma científico.

Como todo campo de conhecimento científico, principalmente das humanas, este é muito dinâmico e desafiador. De modo que a TD-CHIM apresentada acima deve ser considerada dentro de sua atualidade científica e pedagógica. Elas estão baseadas em anos de trabalho dos pesquisadores como Chevallard, Izquierdo, Pietrocolla, Johnson-Laird, Nerssessian e outros. Apesar de De Mello ter conseguido, através da análise dos livros didáticos usando como ferramenta mapeamento conceitual, provar algumas das ideias aqui propostas, pode ocorrer que seja necessário incluir, substituir ou reformular algumas destas. Conclui-se, assim, que o estudo de fatos pedagógicos usando a TD-CHIM junto com a metodologia da ciência CMA constitui-se em uma teoria do conhecimento.

Agradecimentos

Agradecemos à SBFísica pelo empenho e administração do mestrado nacional profissional em ensino de física (MNPEF), pois, esse trabalho é resultado da preparação de aulas para o curso de Mecânica Quântica para esse programa de mestrado. Agradecemos a CAPES pelo financiamento do MNPEF e indiretamente a este trabalho.

REFERENCES

Aristides, M.A.M. (2018) & R.M.S. Santos - Contribuição para a Questão das Tecnologias Digitais nos Processos de Ensino-Aprendizagem de Música. **Revista da Abem, v. 26, n. 40, p. 91-113, jan./jun. 2018.**

Brockington, G. e M. Pietrocola, M. (2005) - Serão As Regras Da Transposição Didática Aplicáveis Aos Conceitos De Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências – V10(3)*, pp. 387-404. (Written in Portuguese)

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage.

Brousseau, G. (2004) - Les représentations : étude en théorie des situations didactiques. **Revue des sciences de l'éducation, Vol. XXX, no 2, 2004, p. 241 à 277.**

Burch, Sally. "The Information society—the knowledge society." *PEUGEOT, Valérie et al* (2006): 49-71.

Carney, Russell N., and Joel R. Levin. "Pictorial illustrations still improve students' learning from text." *Educational psychology review* 14.1 (2002): 5-26.

Chevallard Y. La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado. *La Pensée Sauvage*, Argentina.

Clark, Ruth C., and Chopeta Lyons. *Graphics for learning: Proven guidelines for planning, designing, and evaluating visuals in training materials*. John Wiley & Sons, 2010.

Ernst, Dieter, and Linsu Kim. "Global production networks, knowledge diffusion, and local capability formation." *Research policy* 31.8 (2002): 1417-1429.

Grant, Robert M. "Toward a knowledge-based theory of the firm." *Strategic management journal* 17.S2 (1996): 109-122.

Halliday R., Resnick R. & Walker J. (1997). *Fundamentals of Physics*(5th Ed.). U.S.A., Ed. Jhon Wiley & Sons.

Haltè, J.F. (2008) - O Espaço Didático e a Transposição. **Fórum Lingüístico, 5 (2): 117-139, Florianópolis.**

Izquierdo-Aymerich, M. (2005). Hacia Una Teoría De Los Contenidos Escolares. *Enseñanza de las ciencias*. Available in: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v23n1/02124521v23n1p111.pdf>. Accessed on 12/11/2014

Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003) - Epistemological foundations of school science. - *Science & Education*, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. Pg. 23.

Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí, N. & Spinet, M. (1999) Fundamentación Y Diseño De Las Prácticas Escolares De Ciencias Experimentales. *Enseñanza De Las Ciencias*, 17 (1), 45-59.

Jewett Jr (2010), J.W. & R. A. Serway. *Physics for Scientists and Engineers*, vol.2. Ninth edition. Cengage Learning.

Johnson-Laird, P. N. (1995). *Mental Models*. 6th Edition. Printed in USA. *Cognitive Science Series*.

Johnson-Laird, P. N. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. NORMAN, D. A. *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Ediciones Paidós, p. 179 - 231.

Kuhn, T. (1998). *The Structure of Scientific Revolution*. Chicago. *The University of Chicago*. (1970). A Estrutura das Revoluções Científicas. *Coleção Debates. Ed. Perspectiva*.

Latour, Bruno. (1999) *Pandora's hope: essays on the reality of science studies*. *Harvard University Press*, 1999.

Masuda, Yoneji. *The information society as post-industrial society*. World Future Society, 1980.

de Mello, L. A. (2014). Concep Maps as useful tools for textbooks analyses. *Presented in: CCM 2014 – 6th International Conference on Concept Mapping*. Santos. Brazil. To be Published.

De Mello, L.A. (2016a) - Concept Maps as a Tool for the Evaluation of Modern Physics Contents in Textbooks. *Scientia Plena*. To be Published.

De Mello, L.A. (2016b) - Concept Maps as a Tool for the Evaluation of didactic Transposition and of Scientific Transposition. The Case of Photoelectric Effect. *Scientia Plena*. To be Published.

De Mello, L.A. (2016c) - The use of Concepts Mapping in the Scientific Paradigm Transposition and the Cognitive Model of Science – The Case of Black Body Radiation Scientia Plena. To be Published.

De Mello, L.A. (2016d) - A propose of Rules Defining as a DT Should Occur or be Achieved - The Generalized Didactic Transposition Theory. Scientia Plena. To be Published.

De Mello, L.A. (2017e) - Concept Maps as the Algorithmic Language to make the study of how the Scientific Theories are Built and Transcribed to Textbooks. Scientia Plena. To be Published.

Moreira, M. A. (1979). Concept Maps as Tools for Teaching. *Journal of College Science Teaching*, v8 n5 p283-86

Moreira, M. A. (2005). Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educação Científica*, 4(2): 38-44. Accessed online 10 Jan 2015, at: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. (Written in Portuguese)

Moreira, M.A. (2006). "Mapas conceituais e diagramas V." Porto Alegre: Ed. do Autor (2006).

Novak, J. D. (1990). *Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. Instructional Science* 19:29-52.

Novak, J. D. & Cañas, A.J. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*. Technical Report IHCM CmapTools 2006-01. Accessed online 01/05/2014, at: http://www.vcu.edu/cte/workshops/teaching_learning/2008_resources/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf

Planck, Max (1901) - On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum. *Annalen der Physik*, vol.4. p.553. (1901)

Schnotz, Wolfgang, and Christian Kürschner. "External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: visualization effects on mental model construction." *Instructional Science* 36.3 (2008): 175-190.

Serway, R. A. & Jewett Jr., J.W. (2006). *Principles of Physics: a calculus-based text; Vol. 4, 4^a Ed., Belmont, U.S.A., Thomson Learning*.

Young, H.D. & Freedman, R. A. (2008). *University Physics with Modern Physics, Vol. 2. 12th Edition*, Sears and Zemansky's. San Francisco. Pearson Addison-Wesley.