

**A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DO TEMA DA RADIOATIVIDADE FUNDAMENTADA
NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL
(Scientific dissemination of radioactivity based on the theory of meaningful learning of David
Ausubel)**

Felipe Damasio [felipdamasio@ifsc.edu.br]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Avenida XV de Novembro, 61.

Araranguá - Santa Catarina - Brasil.

Aline Tavares [alinetavaresportoalegre@gmail.com]

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Av. Bento Gonçalves 9500 - Agronomia

Porto Alegre - Rio Grande do Sul - Brasil

Resumo

A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel preconiza duas condições necessárias para que a aprendizagem seja significativa: pré-disposição em aprender e um material potencialmente significativo. Para tentar suprir a necessidade de que o material seja potencialmente significativo para o ensino de radioatividade, um livro de divulgação científica foi escrito fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa. A obra começa com um organizador prévio e tenta promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, além da organização sequencial e a consolidação. A obra em questão se chama “Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la” e foi publicada pela Editora Autores Associados de abrangência nacional. Neste artigo ocorre uma discussão de como a teoria de Ausubel orientou esta obra.

Palavras-chave: radioatividade; divulgação científica; teoria da aprendizagem significativa.

Abstract

The Theory of Meaningful Learning, by David Ausubel, advocates two conditions necessary for learning to be meaningful: pre-disposition to learn and potentially meaningful material. To try to meet the need for the material to be potentially meaningful for the teaching of radioactivity, a book of science popularization was written based on the Theory of Meaningful Learning. The book begins with an advanced organizer and attempts to promote progressive differentiation and integrative reconciliation, and the sequential organization and consolidation. The book in question is called " Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la" (*Outrunning radioactivity fear: at least the fear of understanding it*) and was published by Editora Autores Associados, a nationwide publisher. This article is a discussion of how the theory of Ausubel guided this book.

Keywords: radioactivity; scientific dissemination; meaningful learning theory.

Introdução

Ainda existe pouca cobertura por parte da grande imprensa de temas de Ciência e Tecnologia quando comparamos com sua importância. Existe, no entanto, uma crescente preocupação com a difusão científica por meio de revistas, seções de jornais, programas multimídias, vídeos, palestras, filmes, exposições, etc. Toda esta produção procura saciar uma parte da população que anseia por informações para procurar entender as transformações espantosamente rápidas em seu modo de vida (Silva e Kawamura, 2001).

Existem diferenças entre livros didáticos e de divulgação científica. A divulgação científica pode ser entendida como uma prática de comunicar ciência para o grande público, sem os compromissos do ensino formal. Os diferentes tipos de textos de divulgação científica não têm como finalidade o seu emprego no ambiente escolar (Martins et al, 2004).

Alguns questionamentos podem ser feitos a respeito do ensino de Ciências formal: Pode a escola ignorar o que é assunto diário nos meios de comunicação? O ensino pode apenas continuar se preocupando com a Ciência dos séculos que nos precederam? Manuais didáticos, quando abordam assuntos mais atuais o fazem de maneira superficial, para a maioria da população o acesso as ocorrências e controvérsias da Ciência e Tecnologia, por meio da leitura, fica restrita a textos de divulgação científica. A qualidade dos textos de divulgação científica é bastante variável, Ao cientista falta, por vezes, a linguagem adequada e ao jornalista aprofundamento desejável (Almeida e Ricon, 1993).

O presente trabalho apresenta uma proposta de divulgação científica fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel em forma de livro. Tal obra foi escrita na expectativa de se constituir em um material instrucional potencialmente significativo; uma das duas condições para que a aprendizagem significativa ocorra de acordo com o que preconiza Ausubel.

Para elaboração da proposta foi eleito o tema que tem sido muito discutido nos noticiários de televisão. Recentemente, o Brasil e o Irã tiveram negociações no campo da energia nuclear, e isto teve grande repercussão na imprensa brasileira e mundial. No entanto, grande parte da população não tem informação suficiente para formar sua opinião, e em muitos casos nem mesmo os jornalistas formadores de opinião têm informações suficientes.

Estes motivos justificam a escolha do tema radioatividade, para uma abordagem centrada na compreensão conceitual a luz de uma teoria de aprendizagem. O livro foi escrito para discutir o assunto sem tomar partido sobre a questão. O objetivo da obra é fornecer informações suficientes para que o leitor possa formar sua opinião ao final da leitura. Em muitos casos, estes leitores em potencial não têm especial interesse em ciências, no entanto, como o tema tem sido muito discutido nos meios de comunicação eles podem se interessar em formar sua opinião subsidiada pelos princípios científicos relacionados ao tema.

Para que esta pessoa se satisfaça com a leitura e deseje conhecer mais sobre ciência, a obra com a qual ela vai ter contato tem de levar em consideração a maneira como as pessoas podem aprender. Tal obra deve ser escrita respeitando tal maneira e de acordo com a teoria de aprendizagem que a explica.

O trabalho exposto aqui optou pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel para orientar um livro. Neste artigo será discutida a maneira como a Teoria da Aprendizagem Significativa orientou tal livro de divulgação científica sobre radioatividade, publicado por uma editora nacional em 2010 com tiragem inicial de 2.000 exemplares. A publicação da obra indica que existe a possibilidade de escrever materiais de divulgação científica fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Divulgação científica

O ensino de Ciências, o de Física em especial, tem passado por uma série de experiências e tendências importantes. O PSSC no início da segunda metade do século XX seguia o paradigma de projetos e indicava como se ensinava Física, mas não como se aprendia. Nas décadas de 1970 e

1980 a tendência era a mudança conceitual, trocar as chamadas concepções alternativas pelas cientificamente aceitas (Moreira, 2000). O modelo se mostrou inadequado devido quando as estratégias de mudança conceitual foram bem sucedidas, em termos de aprendizagem significativa, o que fizeram foi adicionar novos significados às concepções já existentes, sem apagar ou substituir os significados que já tinham. Ou seja, a concepção torna-se, mais elaborada, ou mais rica, em termos de significados adicionados a ela, ou evoluíram sem perder sua identidade (Moreira e Greca, 2003). Atualmente, pode-se traçar o cenário em que o ensino de ciências tem sofrido grandes modificações no mundo todo, principalmente com o avanço tecnológico e suas implicações (Teixeira e Muramatsu, 2010).

Divulgação, de acordo com Germano e Kulesza (2007), é o ato de tornar conhecido, propagar, difundir, publicar, ou ainda, fazer-se popular. Eles defendem que é possível estabelecer um diálogo com pessoas não especializadas em Ciência em torno de questões simples de seu cotidiano até avançar a questões mais complexas dos temas científicos. É possível ensinar Ciências através deste diálogo, por meio da abordagem de questões relevantes para as pessoas.

A grande parte dos alunos de Ensino Básico não vai estudar Física mais tarde. Com isto em vista, não faz sentido ensinar Ciências como se estes alunos fossem cientistas em potencial, deve-se ensinar Física para que eles sejam capazes de exercer sua cidadania, possibilitando sua melhor compreensão do mundo e da tecnologia que marca cada vez mais presença em nossa sociedade. Em concordância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Moreira (2000) sugere que o ensino de Física deve levar em consideração as questões da representação e comunicação, investigação e compreensão e da contextualização sociocultural, trata-se, pois, de ensinar Física como construção, modelagem, de significados, Física para a cidadania, Física significativa. Neste sentido que se enquadra a divulgação científica defendida neste artigo. Ela não deve ser feita a fim de formar cientistas, e sim de formar cidadãos críticos e capazes de entender o mundo científico e tecnológico em que vivem. Que sejam capazes de, com a ajuda da divulgação científica, formar sua própria opinião sobre temas polêmicos como a tecnologia nuclear, o aquecimento do planeta ou a pesquisa com células-tronco. A questão em aberto é de como a divulgação científica, em suas diversas formas (livros, cursos de curta duração, museus, documentários, feiras etc.), pode atingir um público que muitas vezes não teve ou tem uma boa experiência com ensino científico durante a educação formal.

Um questionamento relevante levantado por Dias e Almeida (2009) é o de como o ensino de ciências, o de Física em particular, pode se preocupar apenas com a ciência feita nos séculos anteriores ao XX, sem se preocupar com os temas levantados pelos meios de comunicação. A divulgação científica pode preencher esta lacuna na educação formal de Ciências, em especial de Física, a da atualização do conhecimento de Física. O currículo da Educação Básica desastrosamente não contempla de maneira satisfatória nem mesmo a física do início do século XX, muito menos as questões atuais (Silva e Kawamura, 2001). Este papel pode ser desempenhado, mesmo para os professores da Educação Básica que possuem formação científica inicial não satisfatória em algumas áreas, por materiais de divulgação científica, sejam eles textos, revistas, livros, documentários ou cursos de curta duração.

Uma sugestão de como deve ser a divulgação científica é feita por Jacobucci et al (2008). De acordo com estes autores, a divulgação científica deve conter aspectos históricos, culturais e principalmente questões do cotidiano das pessoas. Nós ainda adicionaríamos a esses, outro item, que se usa como “gancho”, temas discutidos amplamente nos meios de comunicação e que geram debates acalorados, como as questões das células-tronco e a construção de usinas nucleares.

O papel da divulgação científica como canal no qual o cidadão não especializado pode construir fundamentos para exercer sua cidadania é descrito pelo que, talvez, seja o maior divulgador científico do século XX, Carl Sagan. Em seu livro *O mundo assombrado pelos demônios* (1996) ele diz (p.21):

[...] as consequências do analfabetismo científico são muito mais perigosas em nossa época que em qualquer outra. É perigoso e temerário que o cidadão médio continue a ignorar o aquecimento global, por exemplo, ou a diminuição da camada de ozônio, a poluição do ar, o lixo tóxico, a chuva ácida, a erosão da camada superior do solo, o desflorestamento tropical, o crescimento exponencial da população. [...] Como podemos executar a política nacional – ou até mesmo tomar decisões inteligentes sobre nossas vidas – se não compreendemos as questões subjacentes?

Os exemplos quase duas décadas depois das palavras escritas por Sagan podem ser outros, mas o papel importante que a divulgação científica pode ter no exercício da cidadania do que Sagan chama de cidadão comum, é tão ou mais importante agora que quando o divulgador americano publicou o referido livro.

Não existem fórmulas prontas que indiquem como escrever divulgação científica. Uma obra que fornece orientações básicas de como fazê-lo é a de Vieira (2006). Entre suas sugestões estão muitas adotadas pelos autores do livro que é tema deste artigo. Tais como:

- (i) um texto de divulgação científica deve começar com um fato de impacto;
- (ii) a analogia é o elemento essencial da linguagem de divulgação científica;
- (iii) escrever de forma simples e inteligível, explorar analogias, explicar conceitos complicados não significa vulgarizar a ciência, a popularização não é conflitante com a precisão científica;
- (iv) evitar ao máximo equações matemáticas;
- (v) evitar ao máximo escrever em primeira pessoa;
- (vi) textos de divulgação científica devem proporcionar momentos de descontração;
- (vii) para explicar temas mais técnicos deve-se apelar para um glossário e;
- (viii) o humor fino, usado com bom senso, ajuda a diminuir a aridez comum aos temas científicos.

A Teoria da Aprendizagem Significativa

Aprendizagem significativa, aqui se refere ao conceito introduzido por Ausubel durante a década de 1960 quando a escola estava sobre forte influência comportamentalista. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel teve contribuições importantes como a de Novak e os mapas conceituais, Gowin e os V's epistemológicos, e mais recentemente de Moreira e a introdução da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Porém, vamos nos limitar a teoria de Ausubel e mostrar como ela pode ser relevante ao orientar a divulgação científica.

De acordo com Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo de maneira não literal e não arbitrária. Ocorre uma interação entre a nova informação e a estrutura cognitiva do sujeito. A informação já existente serve de ancoradouro para a nova informação e a aprendizagem significativa vai ocorrer quando a nova informação se ancorar na pré-existente (Moreira, 1999).

O armazenamento de informações é visto por Ausubel como sendo altamente organizado, por meio de uma hierarquia conceitual, na qual conceitos específicos são relacionados a conceitos e proposições mais gerais (inclusivos). O termo *estrutura cognitiva* é entendido como uma estrutura hierárquica de conhecimentos que são abstrações da experiência do indivíduo (Moreira e Masini, 2001).

Não-arbitrariedade e substantividade são as características básicas da aprendizagem significativa. Não-arbitrariedade significa que os novos conceitos se relacionam de maneira não-arbitrária, ou seja, o relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes. Substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, não as palavras literalmente usadas para expressá-las (Moreira, 2011).

Ausubel explicita as condições necessárias para que haja aprendizagem significativa. A primeira é que o material a ser aprendido tem que estar relacionado com o que já existe na estrutura cognitiva do sujeito, se isto ocorrer ele chama este material de *potencialmente significativo*, ele deve ser suficientemente não-arbitrário e não-aleatório. Além disto, o sujeito deve possuir os conceitos necessários para que os novos conceitos do material sejam ancorados. A segunda condição para que a aprendizagem significativa ocorra, de acordo com Ausubel, é que o sujeito manifeste uma *pré-disposição* para a aprendizagem significativa (Moreira, 1999).

Uma diferenciação na estrutura cognitiva do sujeito é resultado da ocorrência da aprendizagem significativa. Na interação entre a nova informação e a já existente, tanto a primeira como a segunda serão modificadas na estrutura cognitiva do sujeito se a interação ocorrer entre elas, de forma que a aprendizagem significativa seja promovida. Logo, quando ocorre a aprendizagem significativa as informações pré-existentes são modificadas pelas novas. Este primeiro estágio da aprendizagem significativa Ausubel chama de *assimilação*, e um segundo estágio de *assimilação obliteradora* que se caracteriza pela progressiva dissociação entre a nova informação e a já existente até que não mais elas existam de maneira individual (Moreira e Masini, 2001). Podemos perceber este processo de acordo com o esquema a seguir:

A (informação já existente) + a (nova informação) $\rightarrow A'a'$ (duas informações modificadas: assimilação) $\rightarrow A' + a'$ (as informações sofrem assimilação obliteradora sendo dissociáveis) $\rightarrow A'$ (resíduo resultante do esquecimento de a')

A informação A' existente após a assimilação obliteradora é chamada de resíduo por Ausubel, é o que resta após o esquecimento natural que ocorre. No entanto, a informação pré-existente não volta a ser a mesma que existia antes da assimilação (A), ela se modificou devido à ocorrência da aprendizagem significativa. O termo assimilação é usado por Ausubel como um processo de integração e diferenciação de conceitos específicos da estrutura cognitiva do sujeito.

Ausubel conjectura princípios aplicáveis na apresentação e na organização sequencial de um campo de conhecimento, independente de sua área. Estes princípios são chamados por ele de: *diferenciação progressiva*, *reconciliação integradora*, *organização sequencial* e *consolidação* (Moreira e Masini, 2001). Ausubel também sugere uma estratégia instrucional para manipular a estrutura cognitiva do sujeito para criar condições para que a aprendizagem significativa ocorra, os *organizadores prévios*.

A *diferenciação progressiva* é o princípio de Ausubel que sugere que as ideias mais gerais devem ser apresentadas primeiro, e só depois que estas ideias gerais são de conhecimento do sujeito

é que as ideias mais específicas são apresentadas. As especificidades da ideia geral são progressivamente diferenciadas em seus pormenores. A sugestão de Ausubel se justifica a partir de duas premissas adotadas por ele: (i) é mais fácil o ser humano aprender aspectos diferenciados de um todo que chegar no todo a partir de suas especificidades; (ii) a organização de um conteúdo na mente de um sujeito é feita de maneira hierárquica, de forma que as ideias mais gerais estão no topo desta estrutura, e progressivamente as proposições mais específicas (diferenciadas) são incorporadas.

Ausubel introduz o princípio da *reconciliação integradora* como o que ele chama de antítese da prática usual de separar os materiais instrucionais em tópicos ou seções independentes. A programação de conteúdo deve explorar explicitamente relações entre proposições e conceitos de forma que as diferenças e similaridades importantes fiquem claras, além de reconciliar inconsistências. Novak sugere que para que a reconciliação integradora seja atingida, deve-se organizar o conteúdo “descendo e subindo” na estrutura hierárquica do campo conceitual à medida que cada nova informação é apresentada. Então, a abordagem ausubeliana de organização de conteúdo não é, de forma alguma, unidirecional. Quando se parte do mais geral para o específico (diferenciação progressiva) deve se fazer constante referência ao geral.

Ausubel sugere que a *organização sequencial* disponibilize ideias-âncoras e que se tire partido das suas dependências sequenciais naturais. Ele insiste na *consolidação* das proposições que estão se apresentando antes que novos materiais sejam introduzidos, de forma a assegurar a aprendizagem sequencial organizada.

No caso de não existirem os conceitos prévios ou de estarem obliterados, a principal estratégia proposta por Ausubel para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva é a dos *organizadores prévios* (Moreira, 2011). Esta estratégia pode ser constituída por materiais introdutórios apresentados antes do material instrucional em si, em um nível alto de generalização e abstração que serve de ponte entre o conhecimento prévio do sujeito e o campo conceitual que se pretende que ele aprenda significativamente. Organizadores prévios podem ser vistos como pontes cognitivas. Eles podem fornecer ideias-âncoras relevantes no campo conceitual a ser introduzido. Ele pode servir de ponto de ancoragem inicial quando o sujeito não possui os conceitos necessários para que a aprendizagem significativa ocorra. Sua principal função é a de mostrar ao sujeito a relação entre o conhecimento que ele já tem e os novos que se irão apresentar em seguida. Eles podem resgatar o conhecimento esquecido através do processo que Ausubel chamou de assimilação obliteradora.

Alguns exemplos de organizadores prévios. Do tipo expositivo; o próprio Ausubel sugeriu este quando pretendia trabalhar com seus alunos as propriedades metalúrgicas do aço-carbono. Como este campo conceitual não era familiar aos seus alunos, ele apresentou um organizador em um nível alto de generalização sobre as principais diferenças e semelhanças entre metais e liga metálicas, suas vantagens e limitação, além do motivo pelo qual se fabrica e usa ligas metálicas. Do tipo comparativo; também sugerido por Ausubel quando ele pretendia trabalhar o tema do budismo a uma turma essencialmente cristã. O organizador prévio apontava as principais semelhanças e diferenças entre o budismo e o cristianismo. Cabe salientar que organizadores prévios não necessitam ser de forma alguma textos. Podem ser, por exemplo: filmes, discussões, frases e dramatizações. Outros exemplos de organizadores prévios citados por Moreira (2008): o uso do elemento culinário maionese e sua preparação para se discutir o conceito de emulsão e a tentativa de classificar uma diversidade de botões de vestuário de maneira mais geral até a mais específica antes de se ensinar taxonomia. A Figura 1 traz um resumo dos princípios e estratégias sugeridos para atingir a aprendizagem significativa.

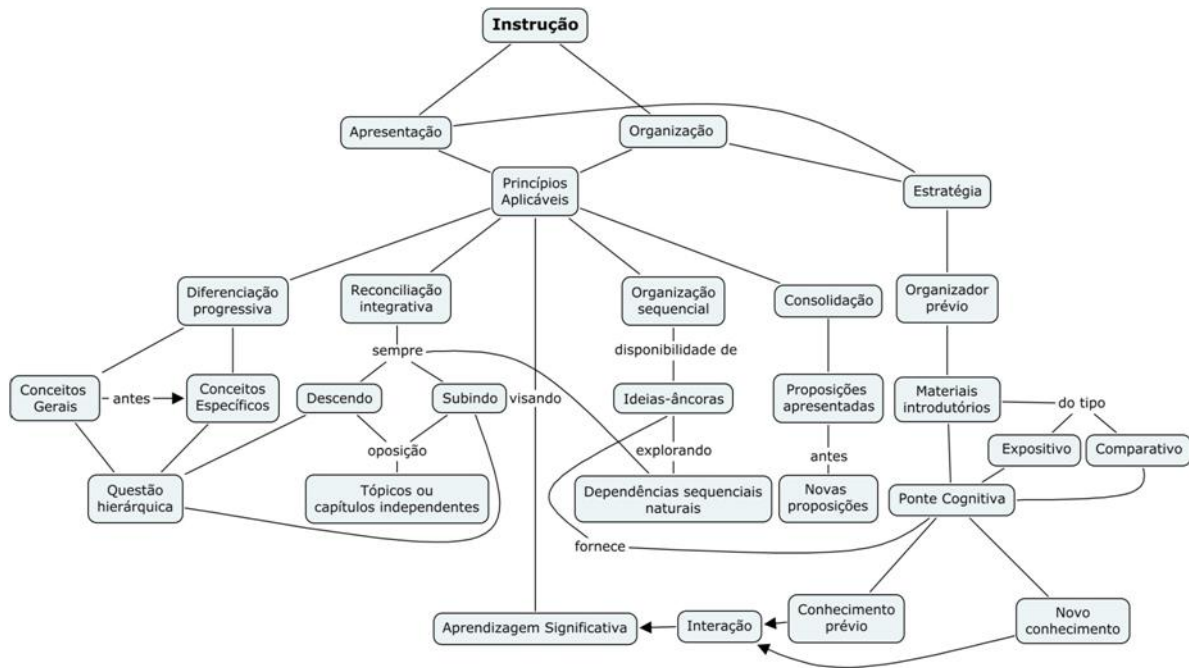


Figura 1 – Princípios e estratégias para atingir a aprendizagem significativa

A divulgação científica de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa do tema radioatividade

A elaboração do texto de divulgação científica fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, orientou-se pelos princípios e estratégias propostos por ele para que esta aprendizagem fosse promovida. O resultado desta iniciativa se concretizou no livro “Perdendo o medo da radioatividade – pelo menos o medo de entend-la” publicado em agosto de 2010 (Damasio e Tavares, 2010). Trata-se da divulgação de física moderna, principalmente da radioatividade, sua capa está reproduzida na Figura 2.



Figura 2: Capa de “Perdendo o medo da radioatividade”

O livro inicia com um *organizador prévio*. Com o objetivo de fornecer um material introdutório antes de qualquer apresentação de qualquer conceito foram abordadas as histórias dos acidentes de Goiânia e de Chernobyl, sem que eles inicialmente fossem identificados. Tal abordagem foi adotada devido a que mesmo os indivíduos que não vivenciaram ou conheciam tais episódios, possam agora construir uma ponte cognitiva com os conceitos que serão discutidos ao longo do livro. Também como organizador prévio foi usado a História da Ciência, desde a identificação dos raios-X até o elemento rádio, com este artifício buscou construir uma ponte entre as pré-concepções de História Geral com aqueles da história da descoberta da radioatividade e os conceitos embebidos neste processo.

Os conceitos prévios, que o leitor teve contato no organizador prévio, foram agrupados em dois conjuntos. Um ligado aos acidentes radiológicos e radioativos (doenças, o termo nuclear, reator e Césio) e outro em História da Ciência (Raio-X, Becquerel e Marie Curie). Todos estes conceitos, que podiam ou não já ser conhecidos, foram ligados aos temas de radioatividade usando como ponte os acidentes e a História da Ciência. A Figura 3 mostra como o organizador prévio foi implementado no livro.

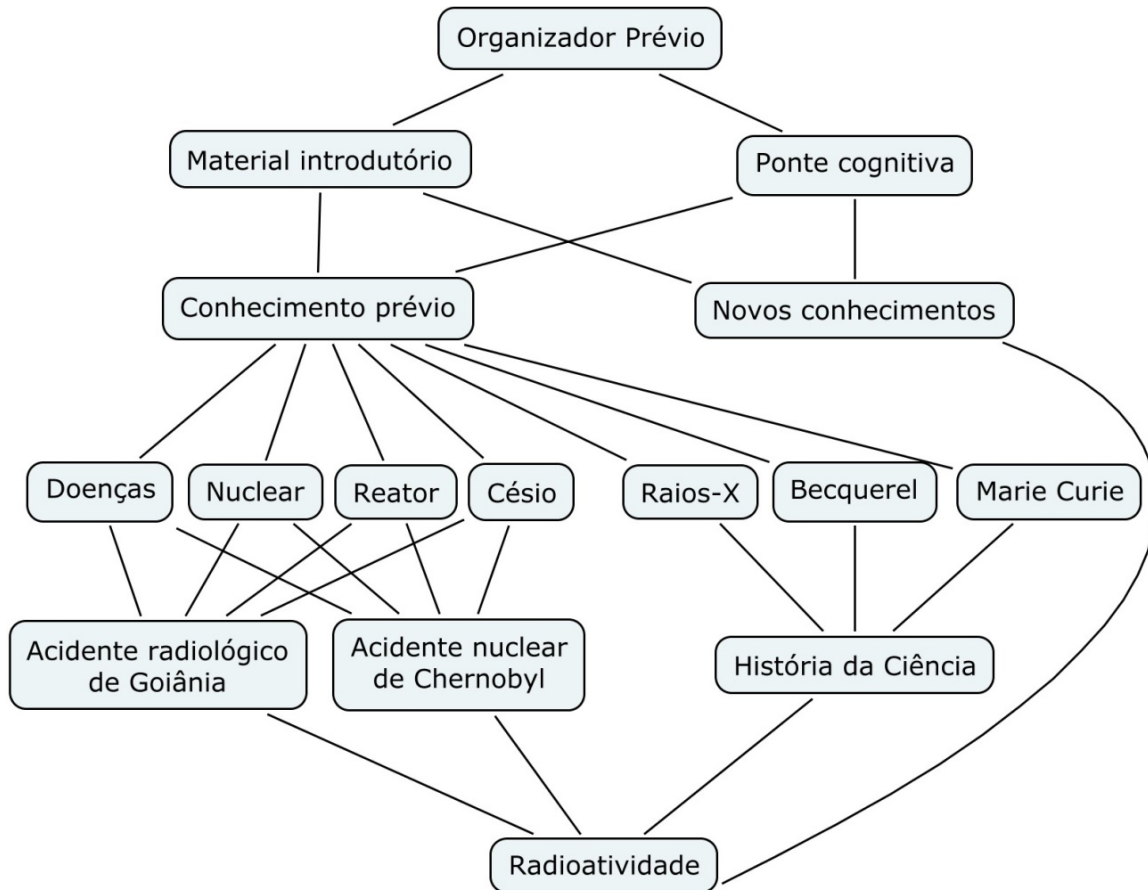


Figura 3 – Organizador prévio do livro

Para proporcionar a *diferenciação progressiva*, o grande tema foi posto logo de início: o debate sobre a viabilidade ou não do uso da tecnologia nuclear como geração de energia e em outras áreas de nossa sociedade. Este tema é levantado logo no início para que o próprio leitor possa refletir sobre sua opinião prévia e que tipo de informações ele tem a respeito, os autores inclusive provocam o leitor a refletir sobre o que ele já sabe sobre o tema antes de começar a introduzir os conceitos que o livro se propõe a discutir.

A diferenciação ocorre quando ao longo dos capítulos são apresentados os conceitos mais específicos para entender a grande questão. Coloca-se o problema da necessidade que nós temos de gerar energia elétrica e só então se discute como esta energia é gerada (Lei da indução de Faraday) e quais são as alternativas possíveis (hidrelétricas, termoelétricas e as fontes alternativas como a solar e a eólica), e por fim, as usinas nucleares. E somente na parte final do livro que as questões mais específicas são levantadas, como o uso militar e o episódio de Hiroshima e Nagasaki.

Dois grandes conceitos são discutidos: energia elétrica e força. A energia elétrica é apresentada seguida pela discussão de eletricidade e magnetismo, depois por eletromagnetismo e

indução eletromagnética e finalmente geração de energia elétrica. Só então as formas de gerar energia elétrica são apresentadas, hidrelétrica, termelétrica, alternativas, por último a usina termonuclear seguida por temas como enriquecimento de urânio, reação em cadeia, fissão nuclear e fusão nuclear. O conceito de força é discutido pela natureza das quatro forças que existem (gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e fraca) e como elas estão ligadas a origem da radioatividade. Depois disto define-se radioatividade e seus tipos mais comuns (alfa, beta e gama). Por último, conceitos como transmutação, meia-vida, contador Geiger, datação e Medicina Nuclear são apresentados. A Figura 4 mostra como foi adotada a diferenciação progressiva na obra; os grandes temas estão bem acima como conceitos gerais, a indução eletromagnética é explicada no livro como a variação do campo eletromagnético no interior de uma bobina gerando uma corrente induzida (energia elétrica), logo em seguida as maneiras usuais de transformações de energia são apresentadas, hidrelétrica (mecânica em elétrica), termelétrica (térmica em elétrica), termonuclear (nuclear em elétrica), além das chamadas alternativas, como a eólica e biomassa. O conceito de força é apresentado por meio de suas quatro naturezas, e a partir desta apresentação a origem da radioatividade é discutido por meio da relação entre o alcance das forças nuclear forte e eletromagnética dentro do núcleo atômico, o decaimento beta é abordado quando se discute a força nuclear fraca. Só então, após discutir o conceito de força e suas naturezas e como três destas estão relacionadas com a radioatividade é que seus tipos diferentes são conceituados e a partir deste ponto conceitos bem específicos como transmutação, que a transformação de um átomo radioativo em outro mais estável. Então os dois grandes conceitos gerais do livro são reconciliados para explicar conceitos ainda mais específicos como fissão nuclear que é usada para geração de energia elétrica em usinas termonucleares ao dividir um núcleo atômico.

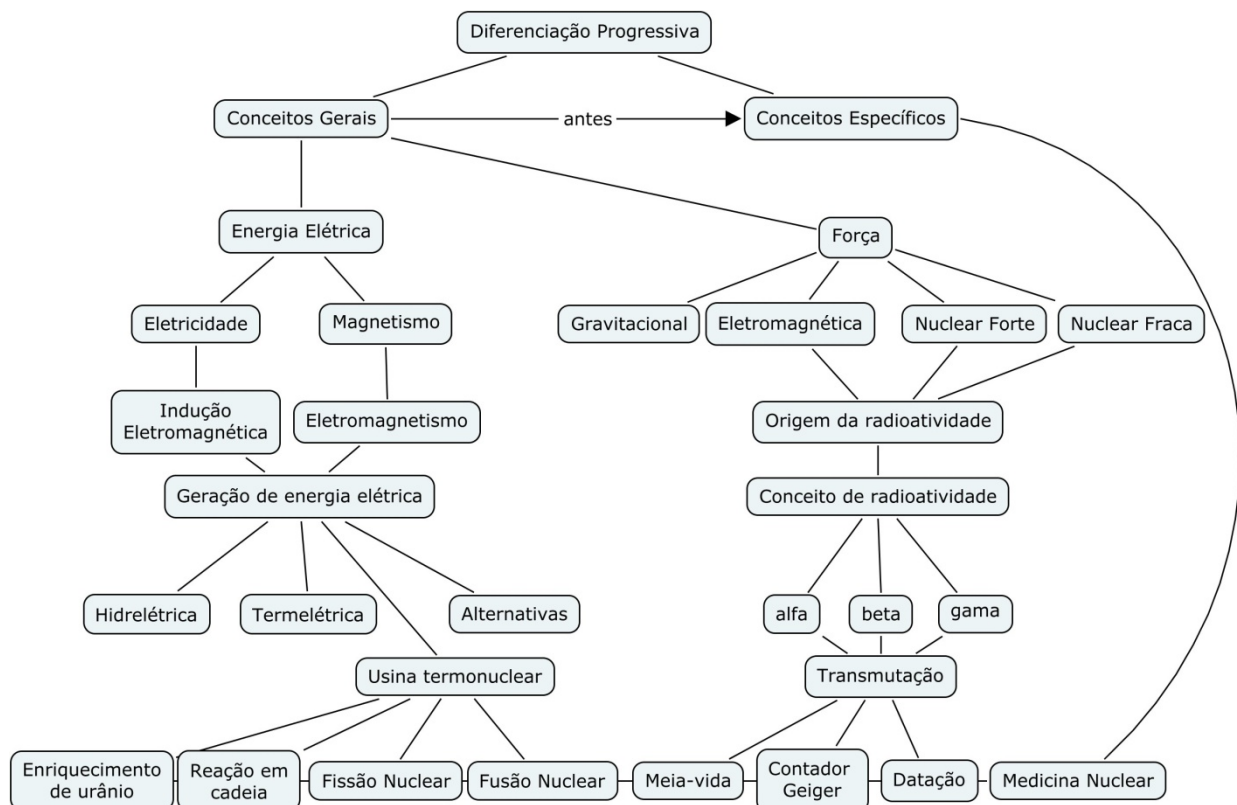


Figura 4 – Diferenciação progressiva em “Perdendo o medo da radioatividade”

A reconciliação integradora é feita ao longo de todo o livro. Os conceitos já apresentados são levantados diversas vezes ao longo dos capítulos, de maneira até repetitiva para alguns leitores. Mas isto é necessário para que o leitor tenha clara a relação entre os conceitos já apresentados nos

capítulos anteriores e os que ele está tendo contato pela primeira vez, e que fique claro que o livro inteiro trata de uma grande questão apenas. Deste modo também se espera alcançar a *consolidação* dos conceitos já apresentados antes que os novos sejam discutidos. Além disto, para que a consolidação possa ocorrer, um glossário é disponibilizado ao final do livro para que ajude os leitores a consolidar a formação conceitual antes de tomar contato com a discussão de um novo conceito.

O livro é todo organizado em ideias âncoras que são usadas para introduzir novos conceitos em uma *organização sequencial*. As ideias âncoras usadas são a geração de energia e os efeitos da radioatividade, estas estão ligadas mais duas ideias âncoras, que colaboram na organização sequencial: usinas nucleares e bombas nucleares. Para suprir algum desconhecimento dos temas ligados a ideias âncoras o glossário foi disponibilizado, tal iniciativa está baseada na sugestão de Vieira (2006) de que para se explicar conceitos mais complexos deve-se fazer uso de glossários. A Figura 5 mostra como foi elaborada a organização sequencial no livro.

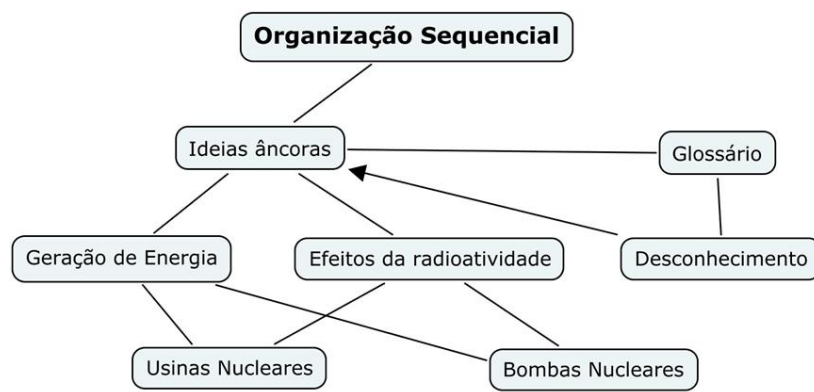


Figura 5 – Organização sequencial de “Perdendo o medo da radioatividade”

Uma grande questão é como suprir a ausência dos conceitos prévios dos leitores sobre a radioatividade. Os autores usaram a estratégia do uso repetido de História para introduzir os conceitos de radioatividade. Inclusive, uma seção ao final do livro chamada de “Protagonistas” traz uma pequena biografia de todas as pessoas citadas durante o texto, sugestão de Vieira (2006) de que os cientistas citados no texto devem ter especificado seu nome e prenome, atividade, nacionalidade, ano de nascimento e morte além de prêmios importantes que por ventura possa ter ganhado. Alguns leitores ao folhearem o livro, demonstraram alguma estranheza ao se deparar com uma mini-biografia de personagens como Jucelino Kubitschek, Benito Mussolini e Alexandre, o Grande em um livro sobre Física e Química. No entanto, a História Geral foi usada como uma ponte entre o que o leitor já sabe e o que está sendo apresentado a ele. A história da ciência também foi usada exhaustivamente neste intento. Cada tema chave é destacado ao longo do texto (em amarelo), é a partir destes conceitos que os outros serão construídos, e estes conceitos-chave estão disponíveis a todo o momento que o leitor desejar no glossário.

Considerações finais

Como disse o químico polonês Roald Hoffmann em entrevista à revista Ciência Hoje em 1981, a razão principal para que se faça divulgação científica não é a de atrair pessoas para a

carreira científica, e sim a de informar as pessoas. Deste modo, a população pode compreender melhor as decisões, deixando-as mais longe do alcance de demagogos e especialistas questionáveis. Vieira (2006) ainda cita outras razões para se fazer divulgação científica, como por exemplo, ser fonte complementar para professores da Educação Básica. Seja por que razão for, o presente artigo tenta contribuir para a divulgação científica relatando uma obra lançada por uma editora nacional de divulgação científica que foi escrita baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

O ponto que se se pretendeu mostrar neste artigo é a possibilidade de escrever divulgação científica fundamentada em uma teoria de aprendizagem. Esta possibilidade é considerada um avanço, pois leva em consideração como as pessoas aprendem. Em especial, pretendeu-se mostrar que a Teoria da Aprendizagem Significativa é adequada para fundamentar divulgação científica, como a existência e publicação da obra indica.

Toda a divulgação científica deve ser empreendida para que a ciência possa ser melhor compreendida pelo cidadão não especializado. Assim, possibilitando a ele conhecer um pouco sobre o conhecimento humano que é responsável pela grande mudança que nossa sociedade está sofrendo todos os dias e para que este cidadão não especialista possa ter condições de exercer sua cidadania.

O livro ainda tem potencialidades na organização do ensino, várias ações podem ser realizadas a partir da obra. Como o feito pelos próprios autores do livro, por meio de cursos de formação inicial e continuada. Também outras ações foram realizadas como produção de vídeos como organizadores prévios publicados na rede mundial de computadores (Damasio et al, 2013). Mas a principal relevância da obra para organização de ensino é a de tentar suprir a carência de obras voltadas especificamente para o ensino de radioatividade, o livro pode ser um instrumento para que professores possam abordar tais temas em sala de aula com maior segurança, e ainda subsidiados em uma teoria de aprendizagem.

Referências

- Almeida, M.J.; Ricon, A.E. (1993) Divulgação científica e texto literário – uma perspectiva cultural em aulas de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10 (1), p. 7-13.
- Damasio, F.; Tavares, A. (2010) *Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la*. Campinas: Editora Autores Associados.
- Damasio, F.; Allain, O.; Rodrigues, A. A. (2013) Clube de Astronomia de Araranguá: a formação de professores de ciência como divulgadores científicos. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 15 (1), p. 65-77.
- Dias, R. H. A.; Almeida, M. J. P. M. (2009) Especificidades do jornalismo científico na leitura de textos de divulgação científica por estudantes de licenciatura em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(4), 4401-4412.
- Germano, M. G.; Kulesza, W. A. (2007) Popularização da ciência: uma revisão conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24 (1), p.7-25.
- Jacobocci, D. F. C. et al. (2008) A dica chegou! Centro de ciências da universidade Federal de Uberlândia: proposta, percepções dos docentes e perspectivas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25 (2), p.354-367.
- Martins, I.; Nascimento, T.G.; Abreu, T.B. (2004) Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9 (1), p. 95-111.
- Moreira, M. A. (1999) *Aprendizagem Significativa*. Brasília: Editora UnB.

- _____. (2000). Ensino de Física no Brasil. Retrospectivas e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 22, n.1, p.94-99
- _____. (2008) Organizadores prévios e a aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, 7 (2), p.23-30.
- _____. (2011) Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1 (3), p. 25-46.
- Moreira, M. A.; Greca, I. M. (2003) Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9 (2), p. 301-315.
- Moreira, M. A.; Masini, E. F. S. (2001) *Aprendizagem Significativa – a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro.
- Nascimento, T. G.; Rezende Júnior, M. F. (2010) A produção sobre divulgação científica na área em educação em ciências: referenciais teóricas e principais temáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15 (1), p.97-120.
- Sagan, C. (1996) *O mundo assombrado pelos demônios. A Ciência vista como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Silva, J. A.; Kawamura, M. R. D. (2001) A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18 (3), p.317-339.
- Teixeira, J. N.; Muramatsu, M.; Alves, L. A. (2010) Projeto Arte e Ciência no Parque: uma abordagem de divulgação científica interativa em espaços abertos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 27 (1), p.171-187.
- Vieria, C. L. (2006) *Pequeno manual de divulgação científica: dicas para cientistas e divulgadores da Ciência*. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje.

Recebido em: 01.04.13

Aceito em: 16.09.13