

Uma Análise Epistemológica do Currículo

Bernardo Buchweitz*

INTRODUÇÃO

Na educação, o currículo e a administração têm sido bem menos pesquisados e analisados do que o ensino e a aprendizagem. Em geral, somente a aprendizagem dos estudantes é avaliada explicitamente no processo educacional diário para preencher as exigências de atribuir notas ou conceitos. Isso também é válido para cursos de laboratório de Física.

Diferentes currículos têm sido planejados para os laboratórios de Física Básica, mas, normalmente, não são avaliados explicitamente. A maioria dos trabalhos existentes demonstram esforços para desenvolver novos experimentos e aparelhos e alguns incluem o planejamento de cursos. Contudo, há poucas pesquisas sobre a avaliação do currículo baseada na análise da estrutura do conhecimento de materiais educativos, tais como experimentos de laboratório.

Neste trabalho descreve-se um método de análise de currículo e apresentam-se os resultados obtidos de uma aplicação desse método em um curso de laboratório de Física.

UM MÉTODO DE ANÁLISE DE CURRÍCULO

Não há uma conceituação precisa de currículo. Neste trabalho considera-se que o currículo se refere a um conjunto de conhecimentos ou a uma estrutura do conhecimento existente em um curso, livro, artigo, experimento de laboratório, ou em outra fonte de conhecimento qualquer (Buchweitz, 1984). Sendo assim, a análise de estrutura do conhecimento implica a análise do currículo.

O método a ser aqui descrito foi desenvolvido por Gowin (1981) e usa o *vê* (V) epistemoló-

* Professor do Instituto de Física da UFRGS

gico como dispositivo para indicar e relacionar as partes ou os elementos de uma fonte de conhecimentos. Essa análise da estrutura do conhecimento tem a finalidade de tornar as partes dessa fonte explícitas e claras, possibilitando reorganizá-las de uma maneira significativa bem como o estabelecimento de resultados e conclusões sobre o currículo em análise.

Para Gowin, as partes básicas de uma fonte de conhecimento são: a questão básica, os conceitos (ou estrutura conceitual), o método, as conclusões e os valores das conclusões (ou da fonte). Então ele propôs cinco questões para tornar clara a estrutura do conhecimento de uma fonte:

- 1) Qual é a questão básica do trabalho? Sobre o que se refere a questão? (i.e., os eventos)
- 2) Quais são os conceitos principais?
- 3) Qual o método usado para responder à questão básica?
- 4) Quais são as conclusões apresentadas no trabalho?
- 5) Qual o valor das conclusões?

A duas primeiras questões estão relacionadas com o domínio conceitual e as outras três com o domínio metodológico do conhecimento. A questão básica contém os conceitos principais e aponta para a relação entre eles. O domínio conceitual é formado de conceitos, princípios, relações, teorias e da filosofia. Registros, medidas, fatos, dados, conclusões e o seu valor compõem o domínio metodológico. Os eventos ou objetos que pretendemos estudar unem os dois domínios do conhecimento.

Para estudar um evento, temos que achar uma maneira de fazer registros dele. Esses registros de eventos, também conhecidos como fatos, podem ser transformados em dados por meio da ordenação dos fatos, da construção de tabelas, do traçado de gráficos, da realização de cálculos, etc. Registros, fatos, medidas e dados são os elementos do método. Esse método, juntamente com os conceitos e suas relações, são usados para estabelecer as conclusões. Portanto, conclusões são o resultado de uma investigação e constituem as respostas às questões básicas. Entre outros tipos de conclusões, encontram-se os seguintes: generalização, correlação, explicação e justificação. Os valores das conclusões ou do trabalho podem expressar utilidade, significado e importância.

A questão básica é a questão mais significativa sobre uma investigação e inclui no mínimo dois conceitos. Segundo Gowin (1981), o conceito refere-se a regularidades em eventos ou objetos. Quando nós conhecemos essas regularidades e as características do evento, conhecemos o conceito. Quando nós conhecemos como esse conceito está relacionado com outros, conhecemos mais sobre o seu significado. Conjuntos de conceitos e suas relações formam a estrutura conceitual, que pode formar uma teoria.

O conhecimento é o resultado de uma investigação que é formada pelas partes da estrutura do conhecimento e suas relações. Portanto, ao tratar da natureza do conhecimento e dos procedimentos que são usados para obter o conhecimento, estamos tratando com epistemologia; na verdade, estamos tratando com o currículo, pois o currículo é formado por conhecimentos.

Como mencionamos anteriormente, Gowin sugeriu, além da análise da estrutura do conhecimento por meio das cinco questões descritas, o uso do *vê* epistemológico para essa análise. Além de apontar para o evento ou objeto em questão, o *V* apresenta a estrutura conceitual no seu lado esquerdo e a estrutura metodológica no seu lado direito.

A figura 1 mostra uma representação esquemática do *vê* epistemológico (Buchweitz, 1984). Filosofia, teoria, leis (relações) e conceitos (entre outros) são os elementos que formam a estrutura conceitual do conhecimento. Valores, conclusões (ou resultados), dados, fatos e medidas integram a estrutura metodológica. A questão básica foi colocada entre esses dois domínios por considerar-se que ela faz parte de ambos. As demais palavras ou frases do *V* expressam o significado das linhas que ligam os elementos, com a finalidade de mostrar como eles estão relacionados (Buchweitz, 1981).

Para ilustrar a estrutura conceitual (lado esquerdo do *V*) mais detalhadamente pode ser usada a técnica de mapeamento conceitual. Essa ilustração é chamada de mapa conceitual. Sua forma e representação dependem dos conceitos e das relações incluídas na estrutura, de como os conceitos são representados, relacionados e diferenciados e do critério usado para organizá-los.

Por exemplo, para ilustrar uma estrutura conceitual, um mapa conceitual pode incluir o número de conceitos, as relações entre os conceitos e o seu grau de generalidade ou abrangência. Normalmente, a dimensão vertical representa o grau de generalidade, dando uma certa hierarquia aos conceitos. Os conceitos mais abrangentes são colocados no topo do mapa. À medida que se

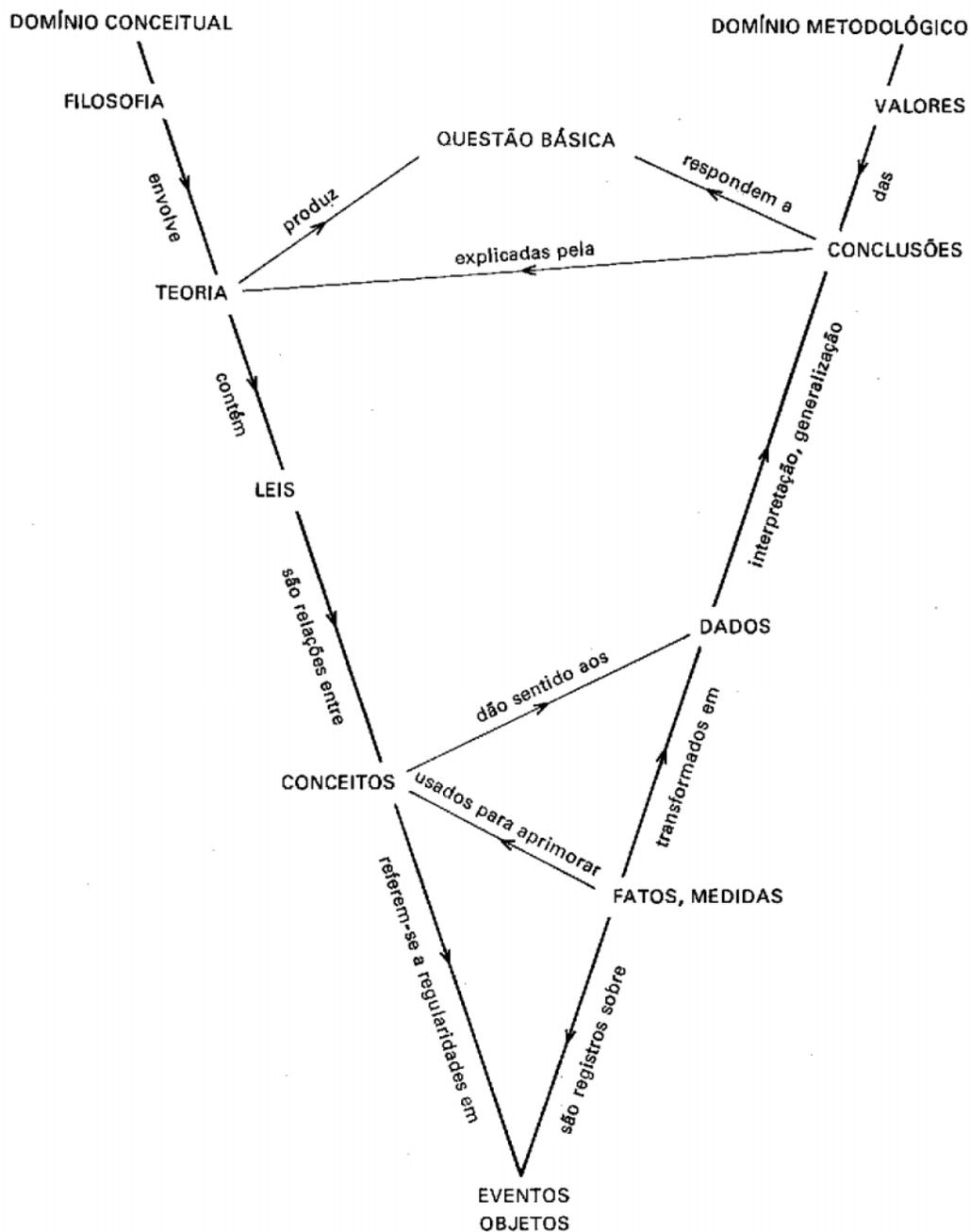


Figura 1 – O véu epistemológico. Elementos da estrutura conceitual e metodológica e algumas relações.

desce, conceitos menos abrangentes são encontrados. Finalmente, na parte inferior do mapa aparecem os conceitos mais específicos. Olhando para o vé epistemológico, os conceitos principais (às vezes, princípios ou leis) estão mais próximos da teoria e aparecem no topo do mapa. Os conceitos mais específicos aparecem perto do evento, na base do mapa. Os conceitos que estão relacionados são ligados por linhas e a natureza da relação é identificada por palavras ou frases.

A estrutura dos mapas conceituais e os passos que normalmente são obedecidos na elaboração de um mapa conceitual dependem também do seu autor (Buchweitz, 1984).

Nesta investigação, o vé epistemológico será usado para examinar a estrutura do conhecimento de experimentos de laboratório de Física e os mapas conceituais para mostrar a estrutura conceitual desses experimentos mais detalhadamente.

A ANÁLISE

A análise do currículo envolveu a aplicação do método de Gowin e a técnica de mapeamento conceitual em seis experimentos de Física denominados Polarização, Lentes, Microondas, Óptica Física, Efeito Fotoelétrico e Série de Balmer, conforme o Manual de Laboratório (1980) usado pelos alunos.

Inicialmente, uma ilustração da análise do experimento da Série de Balmer será dada em detalhe. Depois, um resumo da análise dos cinco outros experimentos será apresentado.

A figura 2 mostra a estrutura do experimento da Série de Balmer usando o vé epistemológico. Para determinar os comprimentos de onda e então calcular a constante de Rydberg, o evento que os estudantes observam no laboratório é a superposição da luz emitida por átomos de hidrogênio excitados após a transmissão dessa luz através de uma rede de difração colocada perpendicularmente à luz incidente. Para fazer os registros desse evento, os estudantes olham um máximo de intensidade (linha espectral) com um telescópio móvel (o aparelho completo é chamado de espectômetro). Essa montagem permite aos estudantes a realização das medidas da posição angular (θ) do máximo de intensidade, o que constitui um fato. O valor desse ângulo, juntamente com o correspondente número de ordem (m) e a distância (d) entre as fendas, formam as medidas que são usadas para determinar um dado, o comprimento de onda (λ), da linha espectral escolhida empregando a relação entre eles: $d \sin \theta = m\lambda$. O mesmo procedimento é adotado para as outras três linhas espectrais visíveis do átomo de hidrogênio. Esses quatro comprimentos de onda obtidos, juntamente com o valor da constante de Rydberg, que é calculada usando o comprimento de onda e o número quântico principal (n), formam os resultados ou conclusões, isto é, a resposta às três questões básicas. As conclusões têm valor porque os valores obtidos são precisos. O valor do experimento está no fato de que a espectrometria é uma técnica clássica na Física e desempenha um papel importante na compreensão da estrutura atômica. Os conceitos principais são luz, intensidade, difração, interferência e comprimento de onda. Contudo, para estabelecer as conclusões, os conceitos de posição angular, número de ordem, distância entre fendas, figura de intensidade, linha espectral e número quântico também são necessários. Cada conceito reflete algumas regularidades e características do evento. Por exemplo, nesse experimento, a variação da intensidade com a posição angular é a regularidade e característica da interferência de ondas luminosas. Esse exemplo também serve para ilustrar que o significado de cada conceito depende do significado de conceitos com ele relacionados. Todos os conceitos e as relações mencionadas acima (exceto o de número quântico) pertencem à teoria eletromagnética. O conceito de número quântico e a relação usada para calcular a constante de Rydberg são elementos pertencentes à teoria quântica de Bohr.

Nessa análise fica claro que as conclusões estão relacionadas com os conceitos, as relações (*domínio conceitual*) e as questões básicas bem como com os fatos e dados (*domínio metodológico*). Os lados esquerdo e direito do V não são independentes, isto é, para estabelecer as conclusões ocorre uma interação entre os mais diversos elementos que formam a estrutura conceitual e metodológica.

A filosofia que envolve as atividades de laboratório é centrada na natureza, também denominada "earth-centered" (Zais, 1976).

Também deve ser realçada a importância do evento nesta investigação de laboratório. Ele



Figura 2 – Estrutura conceitual e metodológica do experimento sobre a série de Balmer ilustrada pelo vê epistemológico.

não é importante somente para fornecer os registros necessários para a elaboração das conclusões, mas também para levar os estudantes a aperfeiçoarem suas habilidades no uso de equipamento. O evento que os estudantes fazem acontecer na verdade é uma combinação de eventos ou fenômenos tais como superposição, difração, refração e emissão de luz.

É possível verificar que a emissão da luz por átomos excitados de hidrogênio é um evento que pode ser mais profundamente estudado com a realização de algum trabalho adicional que permita ao estudante estabelecer outras conclusões. Por exemplo, o cálculo das energias dos estados estacionários e o traçado do diagrama dos níveis de energia para o hidrogênio, mostrando o número quântico de cada nível e as quatro transições que originam as linhas espectrais visíveis de diferentes comprimento de onda, ajudariam os estudantes a entender a estrutura atômica. Então, a diferença de energia entre dois estados estacionários ($E_i - E_f$) pode ser comparada com o quantum de energia hf do fóton que é emitido pelo átomo. Esses fótons constituem a energia da luz que os estudantes vêem e pode ser calculada usando os comprimentos de onda que eles já determinaram. O resultado será a conclusão de que $hf = E_i - E_f$, onde E_i é a energia total na órbita inicial, E_f é a energia total na órbita final, h é a constante de Planck e f é a frequência da luz emitida. Outra conclusão importante que os estudantes podem estabelecer é a de que os níveis de energia do átomo de hidrogênio são quantizados.

A figura 3 mostra a estrutura conceitual (lado esquerdo do V) desse experimento.

Os conceitos e as relações entre os conceitos estão representados nesse mapa. Conceitos efetivamente estudados pelos estudantes no laboratório são circunscritos por linhas cheias, e conceitos não explicitamente estudados, por linhas tracejadas. Os conceitos mais gerais (luz, intensidade) são apresentados no topo do mapa. Logo abaixo, conceitos menos gerais (interferência, difração, comprimento de onda) são encontrados. Na base do mapa aparecem os conceitos mais específicos. As linhas ligam conceitos relacionados e as palavras ou frases identificam a natureza dessas relações.

Embora esse experimento esteja mais direcionado para a obtenção de alguns resultados numéricos do que para o estudo de conceitos ou leis, conceitos e suas relações estão envolvidos em cada passo das atividades de laboratório. Com isso, desde que realizem as atividades, os estudantes usam os conceitos e as relações. Esse uso cria condições para a sua aprendizagem.

De maneira semelhante, os vês epistemológicos e os mapas conceituais que mostram as estruturas conceituais e metodológicas dos outros cinco experimentos mencionados foram traçados (Buchweitz, 1981).

RESULTADOS

Os principais resultados obtidos da análise de estrutura do conhecimento dos experimentos de Física, aplicando o vê epistemológico e a técnica de mapeamento conceitual, foram:

1) além de estarem metodologicamente estruturados, os experimentos de laboratório de Física também estão conceitualmente estruturados, podendo, com isso, ocorrer a aprendizagem de conceitos e relações com a realização dos experimentos;

2) os domínios metodológico e conceitual dos experimentos não são independentes. Para estabelecer as conclusões, ocorre uma interação ativa entre as partes da estrutura metodológica e conceitual, e. g., entre conceitos e fatos ou dados, conclusões e conceitos ou leis, conclusões e questão básica;

3) os experimentos não podem ser realizados sem a ocorrência de um evento. Eventos não são importantes apenas para gerar registros para a elaboração de conclusões e para fazer a conexão entre conceitos e fatos, mas também para levarem os estudantes a aperfeiçoar suas habilidades em usar equipamentos bem como em treiná-los a fazer observações;

4) os conceitos envolvidos em cada experimento diferem em termos do grau de generalidade ou abrangência, que permite a discriminação dos conceitos principais dos mais específicos;

5) comparando os mapas conceituais dos diversos experimentos, é possível verificar que as estruturas conceituais dos experimentos apresentam diferentes conceitos e relações, bem como um número diferente de conceitos principais ou básicos;

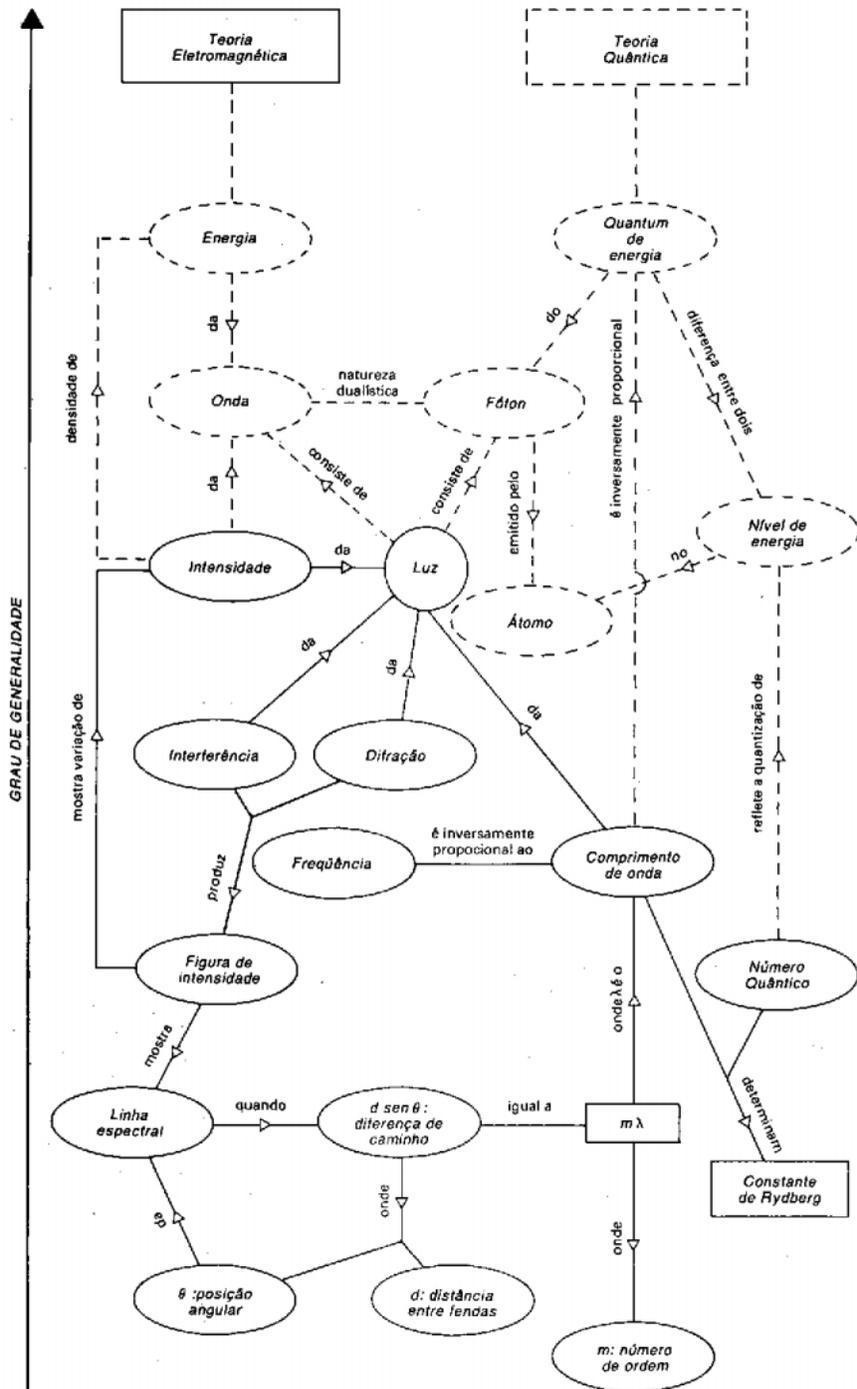


Figura 3 – Mapa conceitual de um experimento de Física sobre a série de Balmer.

6) comparando os vês epistemológicos, pode-se observar que o número de conclusões por experimento é variável. Além disso, os experimentos diferem em termos de conclusões: a) conclusão metodológica, que responde à pergunta "como se realizam as atividades de laboratório", e b) conclusão conceitual, que responde à pergunta "como se ilustram conceitos e se estabelecem ou verificam as relações";

7) complementando os dois últimos resultados (5 e 6), pode-se verificar que, em relação aos demais, os experimentos de Polarização, Óptica Física e Série de Balmer mostraram ter uma estrutura conceitual mais envolvente e elaborada. Isso representa que esses experimentos se mostraram potencialmente mais adequados para propiciar a aprendizagem de conceitos e suas relações do que outros (por exemplo, Lentes e Efeito Fotoelétrico), que estão basicamente orientados para a aprendizagem de métodos;

8) a análise permite localizar os pontos fracos dos roteiros de laboratório, bem como sugerir modificações dessas instruções visando a aprimorar a aprendizagem que pode ocorrer sem a realização dos experimentos de laboratório.

CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Os resultados deste estudo indicam que experimentos de Física propiciam procedimentos para a aquisição de conhecimentos. Em cada experimento espera-se que os estudantes respondam uma questão básica (ou cheguem a uma conclusão) após terem produzido os eventos, feito os registros ou medidas para chegar aos dados e usarem a estrutura conceitual. Isso significa que os experimentos apresentam-se estruturados metodológica e conceitualmente, podendo resultar aprendizagens de métodos e conceitos ou relações com a realização dos experimentos. Além disso, as estruturas de conhecimento dos experimentos diferem entre si em termos do número de conceitos (ou relações) e conclusões envolvidas por experimento.

Em relação ao método de análise do currículo, o vê epistemológico provou ser um dispositivo muito útil para mostrar e aperfeiçoar a estrutura metodológica e conceitual dos experimentos de laboratório de Física. O mapeamento conceitual mostrou ser uma técnica auxiliar muito adequada para analisar a estrutura conceitual em detalhes.

Uma preocupação bastante comum entre professores de ciência é que "há muita matéria ou assunto para desenvolver". Isso é claramente um problema de currículo. Como pode ser resolvido? Entendemos que antes de escolher um "novo livro de texto que é mais conciso" ou mudar de um experimento de laboratório para outro que "fornece resultados mais precisos", seria melhor fazer uma análise da estrutura do conhecimento dos materiais educativos existentes, como livros e experimentos de laboratório. Tal análise não apenas ajudaria na seleção do material educativo, mas também em decidir quais as mudanças que realmente são necessárias. A questão não é se o método de análise do currículo usado neste estudo é o mais preciso ou correto, mas se ele é útil para guiar todas as ações essenciais para fazer a análise da estrutura de conhecimento de um certo curso. Um método de análise do currículo, especialmente o de Gowin, por meio do qual se pode analisar a estrutura de uma certa fonte de conhecimento, pode ser muito útil e importante para a educação em ciências, considerando que professores e pesquisadores dessa área devem mostrar uma atenção crescente relativa aos problemas do currículo de ciências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCHWEITZ, B. (1981). *An Epistemological Analysis of Curriculum and an Assessment of Concept Learning in Physics Laboratory*. Tese de Doutorado. Cornell University, Ithaca, New York.
- BUCHWEITZ, B. (1984). O uso de mapas conceituais na análise do currículo. *Educação e Seleção*, nº 10, p. 3 a 6.
- GOWIN, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, New York, Cornell University Press.
- . *Manual de Laboratório de "Physics 214"*, (1980), Cornell University.
- ZAIS, R. S. (1976). *Curriculum: Principles and Foundations*. New York: Harper & Row, Publishers.