

## **A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física\***

M. A. MOREIRA

*Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre*

Recebido em 28 de Agosto de 1978

The learning theory of David Ausubel<sup>1</sup> is suggested as a framework for content organization in physics and an experiment is described in which the content of an introductory course in electricity and magnetism was organized based on this theory.

A teoria de aprendizagem de David Ausubel<sup>1</sup> é sugerida como um sistema de referência para a organização de conteúdos de Física e é descrita uma experiência na qual o conteúdo de um curso introdutório de eletricidade e magnetismo foi organizado com base nessa teoria.

### **1. INTRODUÇÃO**

O objetivo deste trabalho é sugerir a teoria de aprendizagem de David Ausubel<sup>1</sup> como um sistema de referência para a organização sequencial de conteúdos de Física. Inicialmente é feito um resumo da teoria de Ausubel, a seguir é dada como exemplo a organização do conteúdo de um curso de eletricidade e magnetismo, ao nível de Física Geral, com base nessa teoria. Feito isso, é descrita uma experiência na qual essa organização do conteúdo foi comparada com a organização convencional e são resumidos alguns resultados dessa comparação<sup>2</sup>.

---

\* Trabalho parcialmente financiado por CAPES, CNPq e FINEP.

## 2. A TEORIA DE AUSUBEL

### Aprendizagem Significativa

A idéia central da teoria de Ausubel é a de *aprendizagem significativa*<sup>3</sup>. Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo através do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com a estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores* ou simplesmente *subsunçores*, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. *Estrutura cognitiva* significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo.

Em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Entretanto, este processo de *ancoragem* da nova informação resulta em crescimento e *modificação* do conceito subsunçor. Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou limitados e pouco desenvolvidos dependendo da *freqüência* com que ocorre aprendizagem significativa em conjunção com um dado subsunçor. No exemplo dado, uma idéia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes a forças e campos gravitacional, eletromagnético e nuclear, porém na medida que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa isso resultaria num crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais. Isto é, os conceitos de força e campo ficariam mais elaborados, mais exclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a forças e campos ou correlatas.

## **Rote Learning**

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define *rote learning* como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de *rote learning*, porém a simple memorização de fórmulas, leis e conceitos, em Física, pode, também ser tomada como exemplo embora se possa argumentar que algum tipo de associação ocorrerá nesse caso. Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e *rote learning* sendo uma dicotomia e sim como um *continuum*. Da mesma forma, essa distinção não deve ser confundida com a distinção entre a aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção. Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final enquanto na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Ou seja, quer por recepção ou por descoberta a aprendizagem é significativa, segundo a concepção Ausubeliana, se a nova informação incorpora-se de forma não arbitrária à estrutura cognitiva.

### **De Onde Vêm os Subsunçores?**

Supondo que a aprendizagem significativa deve ser preferida em relação ao *rote learning* e que essa pressupõe a existência prévia de conceitos subsunçores o que fazer quando eles não existem? Como pode a aprendizagem ser significativa nesse caso? De onde vem os subsunçores? Como se formam?

Uma resposta plausível é que o *rote learning* é sempre necessário quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, o *rote learning* ocorre até que al-

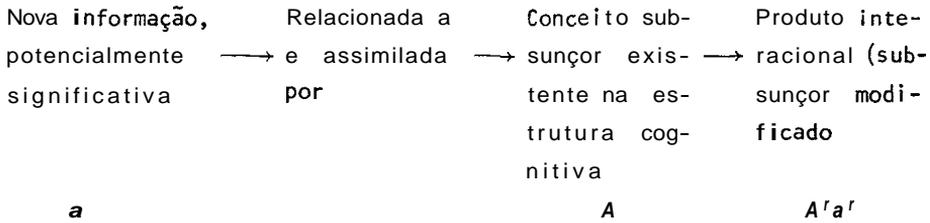
guns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações.

Outra possível resposta é que em crianças pequenas, conceitos são adquiridos através de um processo conhecido como *formação de conceitos* o qual envolve *generalização* de instâncias específicas. Porém ao atingir a idade escolar a maioria das crianças já possui um conjunto adequado de conceitos que permite a ocorrência da aprendizagem significativa. A partir daí, apesar de que ocasionalmente ocorre ainda a formação de conceitos, a maioria dos novos conceitos é adquirida através de *assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa* de conceitos<sup>3</sup>, processos que serão discutidos posteriormente.

Ausubel, por outro lado, recomenda o uso de *organizadores avançados* que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores avançados é uma estratégia proposta por Ausubel para *deliberadamente* manipular a estrutura cognitiva a fim de *facilitar* a aprendizagem significativa. Organizadores avançados são materiais *introdutórios* apresentados antes do material a ser aprendido em si. Contrariamente a sumários que são ordinariamente apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados num nível mais alto de abstração generalidade e inclusividade. Segundo o *próprio* Ausubel, no entanto, a principal função do organizador avançado é de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores avançados são úteis para *facilitar* a aprendizagem na medida em que funcionam como *pontes cognitivas*.

### **Assimilação e Assimilação Obliteradora**

Ausubel descreve o processo de subsunção *através* do que ele chama de *princípio de assimilação*, o qual é representado simbolicamente da seguinte maneira:



Portanto, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição a, potencialmente significativo, é assimilado sob uma idéia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo. Tal como sugerido no diagrama, não só a nova informação a mas também o conceito subsunçor A com o qual ela se relaciona, são modificados pela interação. Além disso, **a'** e **A'** permanecem relacionados como **coparticipantes** de uma nova unidade **a'A'** que nada mais é do que o subsunçor modificado.

Por exemplo, se o conceito de força nuclear deve ser aprendido por um aluno que já possui o conceito de força bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já adquirido. Entretanto, considerando que esse tipo de força é de curto alcance (em contraposição aos outros que são de longo alcance) não somente o conceito de força nuclear adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de força que ele já tinha será modificado e tornar-se-á mais inclusivo (i.e. seu conceito de força incluirá agora também forças de curto alcance).

Ausubel sugere que a assimilação ou ancoragem provavelmente tem um efeito facilitador na retenção. Para explicar como novas informações recentemente assimiladas permanecem disponíveis durante o período de retenção ele admite que, durante um período de tempo variável, elas permanecem dissociáveis de suas idéias âncora e, portanto, reproduzíveis como entidades individuais:

$$A'a' \rightleftharpoons A' + a'$$

Ou seja, o produto interacional **A'a'**, durante um certo período de tempo, é dissociável em **A'** e **a'** favorecendo assim a retenção de **a'**.

No entanto, apesar de que a retenção é favorecida pelo processo de assimilação, o conhecimento assim adquirido está ainda sujeito à influência erosiva de uma tendência reducionista da organização cognitiva: é mais simples e econômico reter apenas as idéias, conceitos e proposições mais gerais e estáveis do que as novas idéias assimiladas. Imediatamente após a aprendizagem significativa, começa um segundo estágio da subsunção: a *assimilação obliteradora*. As novas informações tornam-se espontânea e progressivamente menos dissociáveis de suas idéias âncora (subsunçores) até que não mais estejam disponíveis, i.e., não mais reproduzíveis como entidades individuais. Atinge-se então um grau de dissociabilidade nulo e  $A'a'$  reduz-se simplesmente a  $A'$ . O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas informações.

Observe-se, no entanto, que a ocorrência da assimilação obliteradora como uma continuação natural da assimilação não significa que o subsunçor volta a sua forma original. O resíduo da assimilação obliteradora é  $A'$ , o membro mais estável do produto  $A'a'$ , i. e. o subsunçor modificado. Outro aspecto a ser destacado é que, obviamente, descrever o processo de assimilação em termos de uma Única interação  $A'a'$  é uma simplificação pois, em menor escala, uma nova informação interage também com outros subsunçores e o grau de assimilação em cada caso depende da relevância do subsunçor.

### **Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa**

À medida que a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. Do ponto de vista Ausubeliano, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e posteriormente, então, esse conceito é progressivamente diferenciado em termos de detalhe e especificidade. Segundo Ausubel, o princípio *diferenciação progressiva* deve ser levado em conta ao programar o conteúdo, i.e., as idéias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, somente então, ser progressivamente diferenciadas em termos de detalhe e especificidade. Ao propor isso, Ausubel baseia-se em duas hipóte-

ses: a) É mais fácil para seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas. b) A organização do conteúdo de uma certa disciplina na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Entretanto, a programação do conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva mas também explorar explicitamente relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridade; importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Isso deve ser feito para atingir-se o que Ausubel chama de *reconciliação integrativa* e que ele descreve como uma antítese à prática usual dos livros-texto em separar idéias e tópicos em capítulos e seções.

Segundo Novak<sup>3</sup>, para atingir-se a reconciliação integrativa de forma mais eficaz deve-se organizar o ensino *descendo* e *subindo* nas estruturas conceituais hierárquicas à medida que a nova informação é apresentada. Isto é, começa-se com os conceitos mais gerais mas & preciso ilustrar logo como os conceitos subordinados estão a eles relacionados, então, voltar, através de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem mais alta na hierarquia.

## Aprendizagem Superordenada

À medida que ocorre a aprendizagem significativa além da elaboração dos conceitos subsunçores é também possível a ocorrência de associações entre esses conceitos. Por exemplo, à medida que uma criança desenvolve os conceitos de cão, gato, leão, etc., ela pode mais tarde aprender que todos esses são subordinados ao conceito de mamífero. À medida que o conceito de mamífero é desenvolvido, os conceitos previamente aprendidos assumem a condição de subordinados e o conceito de mamífero representa uma aprendizagem superordenada<sup>4</sup>.

## ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO DE UM CURSO DE ELETRICIDADE E MAGNETISMO COM BASE NA TEORIA DE AUSUBEL

Tipicamente, a organização sequencial do conteúdo de um curso introdutório de eletricidade e magnetismo é linear *de baixo para cima*: Carga Elétrica → Força Elétrica → Campo Elétrico → Potencial Elétrico → Corrente Elétrica → Força Magnética → Campo Magnético → Indução Eletromagnética + Equações de Maxwell. Esta seqüência trata de fenômenos elétricos e magnéticos primeiro separadamente e depois os une nos chamados fenômenos eletromagnéticos.

Em certo sentido, esta seqüência é exatamente oposta a uma seqüência Ausubeliana porque vai do particular para o geral enquanto Ausubel defende a posição de que as idéias fenômenos e conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentados no início do processo instrucional para que sirvam de *ancoragem* conceitual para a aprendizagem subsequente.

Uma organização sequencial decorrente de uma abordagem Ausubeliana ao mesmo conteúdo está apresentada esquematicamente na figura 1. Nesta seqüência, o *princípio* da diferenciação progressiva foi usado como sistema de referência, i.e., as idéias mais gerais e inclusivas da disciplina foram apresentadas no início e, após, foram progressivamente diferenciadas em termos de detalhe e especificidade.

A seqüência começa num nível bem geral com uma discussão sobre a natureza evolutiva da Física, sobre o que fazem os físicos, sobre Física Clássica e Moderna, sobre o papel dos conceitos em Física e assim por diante. Esta primeira unidade finaliza com um *mapa* geral da Física Clássica, i.e., um diagrama enfatizando os *conceitos-chave* e sua utilização nas diferentes subdisciplinas da Física, e situando o eletromagnetismo nesse contexto. Após esta visão geral da Física e dos conceitos físicos mais gerais, a próxima unidade é um pouco mais específica porque focaliza apenas dois conceitos: força e campo. Entretanto, ela é também geral porque trata de forças e campos descrevendo as interações gravitacional, eletromagnética e nuclear enfatizando os conceitos de força e campo em si e não uma instância particular dos mesmos.

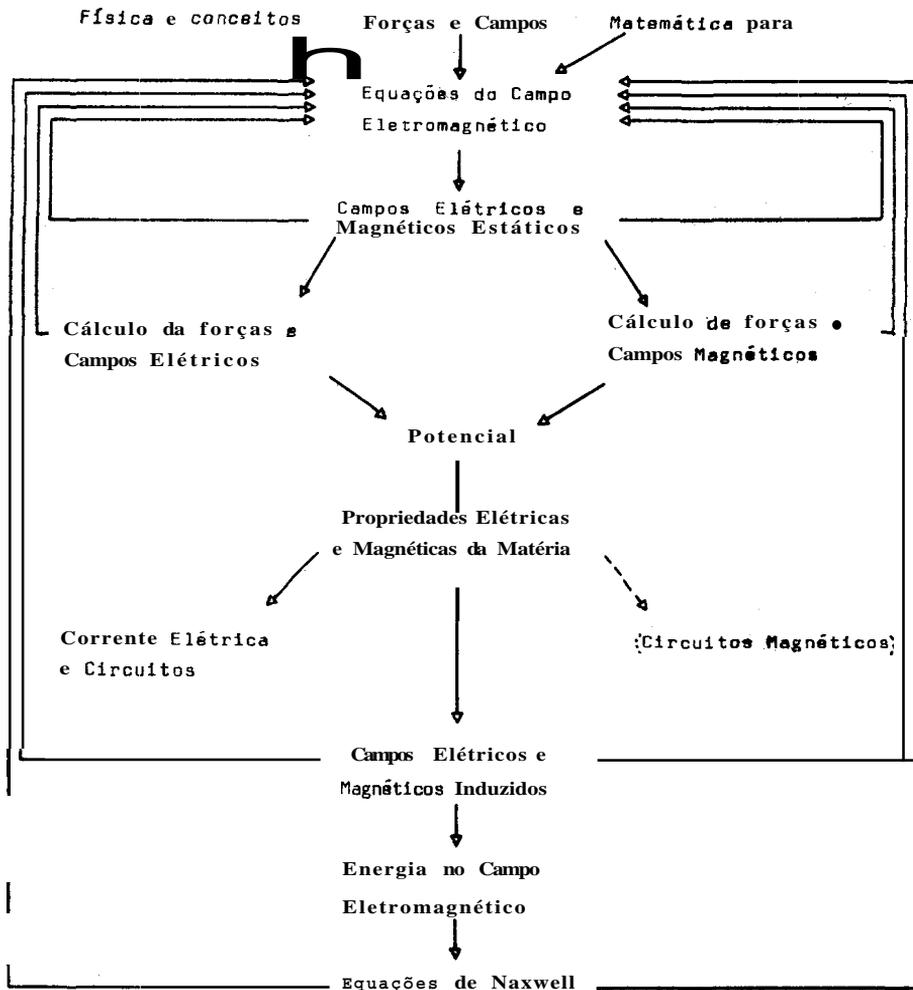


Fig.1 - Esquema da organização sequencial do conteúdo segundo a abordagem Ausubeliana.

De acordo com o princípio da diferenciação progressiva, a próxima unidade de seqüência é mais específica do que a anterior porque trata apenas da interação eletromagnética e enfatiza os conceitos de força e campo eletromagnéticos. Por outro lado, esta unidade é também uma visão geral do eletromagnetismo, uma espécie de organizador avançado para todo o curso. Todos os fenômenos e conceitos eletromagnéticos básicos são introduzidos nessa unidade de um ponto de vista geral e qualitativo. As equações de Maxwell são também introduzidas como equações gerais descre-

vido fenômenos **eletromagnéticos**. Entretanto, elas não são usadas **quantitativamente**. Ao invés disso, elas são discutidas qualitativamente tentando explicar o seu significado físico. Esta unidade termina com **um diagrama geral**, i.e., um *mapa* geral do eletromagnetismo relacionando **os conceitos-chave** e as Equações de Maxwell].

A fim de continuar com a diferenciação progressiva das Equações de Maxwell elas devem então ser usadas **analiticamente** (na forma **integral**). No entanto, ao invés de simplesmente admitir que os alunos **já** têm os conceitos matemáticos necessários, **uma** unidade de matemática é inserida na **seqüência** a fim de revisar esses conceitos. (Isso foi feito também na **seqüência** tradicional). Depois disso, as unidades tornam-se cada vez mais específicas, porém fenômenos elétricos e **magnéticos** são abordados juntos sempre que possível, enfatizando analogias e chamando a atenção para as diferenças. Por exemplo, na unidade sobre potencial algum tempo é destinado ao potencial magnético escalar a fim de manter a analogia, **mas** é ressaltado que esse conceito não é **útil** no caso magnético devido a **inexistência** de monopólos magnéticos. **Uma** breve discussão sobre circuitos magnéticos é também incluída na **seqüência** (não como **uma** unidade inteira)' para manter a analogia entre fenômenos elétricos e magnéticos, **mas**, especialmente nesse caso, é enfatizado de que se trata apenas de **uma** analogia.

**Após** o estudo de campos elétricos e magnéticos induzidos e da energia **eletromagnética**, a **seqüência** termina com uma discussão das Equações de Maxwell e do *mapa* geral do eletromagnetismo introduzido na terceira unidade. Tal como indicado pelas setas da figura 1, frequentes referências às equações gerais e fenômenos básicos são feitos durante o curso. Por exemplo, quando a Lei de Ampère deve ser usada para calcular um campo magnético, destaca-se o fato de que essa lei é um caso particular de outra mais geral que é **uma** das Equações de Maxwell.

Enfatizando eletricidade e magnetismo como instâncias do **eletromagnetismo**, explicitamente tentando explorar relações entre fenômenos e conceitos elétricos e magnéticos e reconciliando inconsistências reais ou aparentes, um esforço foi feito para alcançar nessa **seqüência** o que Ausubel chama de reconciliação integrativa. A utilização de diagramas ou *mapas* hierarquizando e relacionando conceitos é **também** um esforço **sen-**

tido de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Esses *mapas conceituais* são utilizados ao final de praticamente todas as unidades dessa seqüência. Um exemplo desses mapas está na figura 2.

Considerando que os textos usuais sobre o assunto via de regra seguem a seqüência linear mencionada no início desta secção, materiais instrucionais sob a forma de notas de aula foram preparados para a maioria das unidades dessa seqüência Ausubeliana. A introdução dessas notas geralmente foi escrita de modo a funcionar como um organizador avançado para o conteúdo de cada unidade, porém, a utilização de organizadores avançados não foi observada de maneira rigorosa. Além disso, as notas de aula procuram sempre relacionar as novas informações com as idéias, fenômenos e conceitos supostamente já existentes na estrutura cognitiva do aluno, tais como força e campo gravitacional, os quais funcionariam então como subsunçores. Segundo Ausubel, aquilo que o aluno já sabe é o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem subsequente.

Resumindo, pode-se dizer que o conteúdo foi organizado procurando facilitar a aprendizagem significativa através da utilização de materiais potencialmente significativos (i.e. relacionáveis à estrutura cognitiva do aluno) que explicitamente tentam promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

## **A EXPERIÊNCIA**

A organização do conteúdo anteriormente descrita foi testada numa experiência realizada no primeiro semestre de 1976 na disciplina Física II do Departamento de Física da UFRGS. Quatro grupos de alunos, constituindo quatro turmas regulares da disciplina, participaram da experiência formando dois pares de grupos experimental-controle. Esses grupos não foram selecionados aleatoriamente pois isso implicaria em troca de turma o que não é permitido após a matrícula. Entretanto, os grupos que formaram cada par mostraram-se equivalentes, i.e., estatisticamente não foram encontradas diferenças significativas<sup>2</sup>, quanto às seguintes

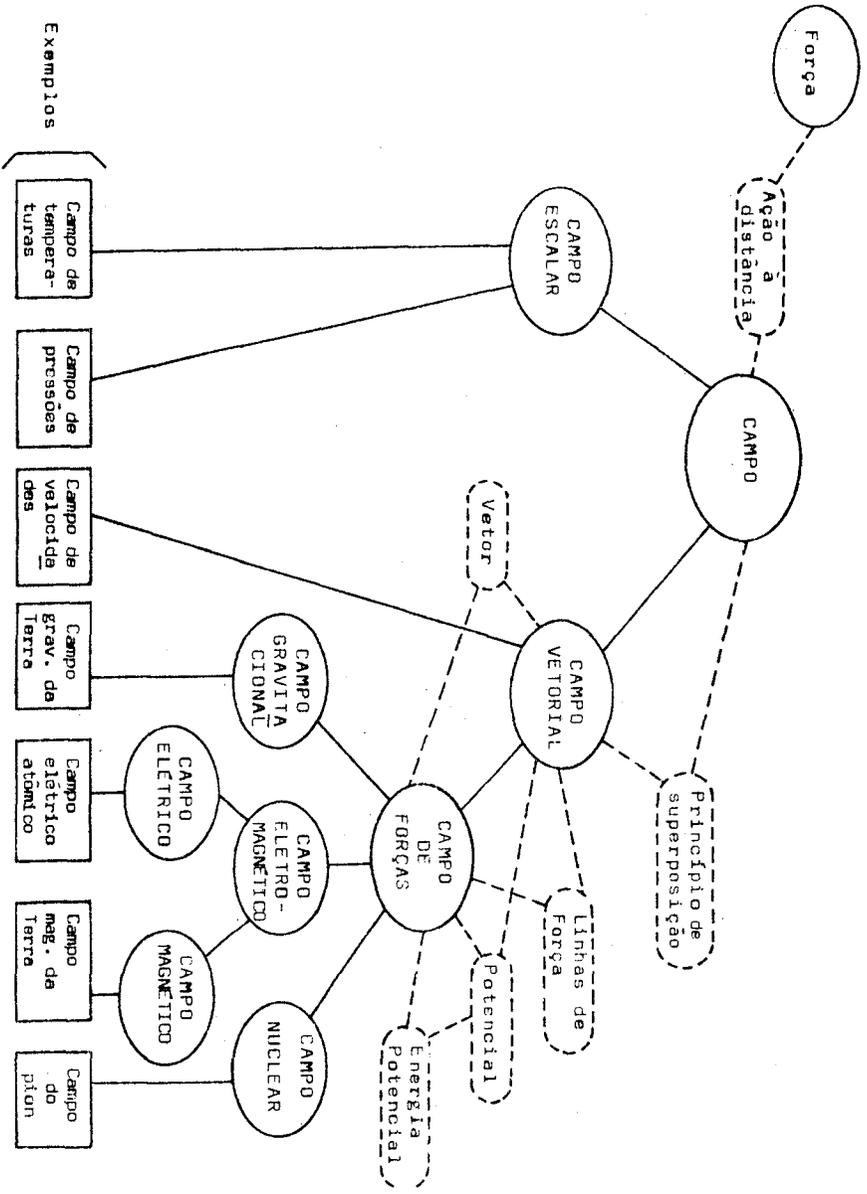


Fig. 2 - Um mapa conceitual para campo<sup>2</sup>.

variáveis, as quais em pesquisas anteriores feitas na mesma disciplina revelaram-se relevantes para o desempenho dos alunos no curso: 1) se o aluno é repetente ou não; 2) se o aluno trabalha além de estudar; 3) número de horas de trabalho semanais para alunos que trabalham; 4) número de disciplinas cursadas simultaneamente; 5) ano de admissão na universidade. O resultado de um pré-teste de Física também não acusou diferença significativa entre os grupos de cada par. Além disso, tomou-se cuidado para que cada par tivesse aulas na mesma faixa horária, e tivesse o mesmo professor, o mesmo método de ensino e o mesmo sistema de avaliação. Isto é, procurou-se manter quaisquer diferenças de tratamento dentro das diferenças decorrentes das duas diferentes abordagens ao conteúdo do curso. Com os grupos experimentais usou-se a organização do conteúdo baseada na teoria de Ausubel enquanto com os grupos de controle usou-se a organização convencional do livro de texto Halliday & Resnick<sup>5</sup>. Um dos pares experimental-contrôle teve ensino individualizado e o outro teve ensino convencional expositivo.

O objetivo da experiência foi o de procurar diferenças na aprendizagem dos alunos que pudessem decorrer do uso das diferentes abordagens ao conteúdo relativamente à habilidade do aluno em aplicar, relacionar, diferenciar e organizar hierarquicamente conceitos físicos relevantes ao estudo de fenômenos elétricos e magnéticos. Para isso, foram usados não somente testes de conhecimento convencionais, incluindo questões teóricas e problemas, mas também testes conhecidos como testes de *associação de conceitos*.

## TESTES DE ASSOCIAÇÃO DE CONCEITOS

Estes testes foram administrados no começo (antes de qualquer aula), no meio e no fim do curso somente para fins de pesquisa e os alunos sabiam disso.

O primeiro desses testes foi um teste *de associação de palavras*<sup>6</sup>: 15 conceitos físicos relevantes ao estudo de eletricidade e magnetismo foram selecionados e os alunos foram solicitados a associar a cada um destes conceitos tantas palavras quantas pudessem num dado período

de tempo. Os conceitos selecionados foram: força eletromotriz, resistência elétrica, indutância, campo magnético, potencial, energia, força, corrente elétrica, fluxo elétrico, campo elétrico, carga elétrica, fluxo magnético, tempo, trabalho e capacitância.

Cada um destes conceitos estava no topo de uma página de teste em ordem aleatória. Os alunos dispunham de um minuto por conceito para escrever na página correspondente tantas palavras quantas pudessem associar ao conceito dado. Eles foram instruídos que as palavras associadas deviam ser do campo da Física. O tempo foi controlado pelo professor ou por um monitor.

O segundo teste, o qual foi chamado de *teste de associação numérica*, é também conhecido como *teste de similaridade*<sup>7</sup>. Foram formados todos os pares possíveis entre os 15 conceitos selecionados e os 105 pares resultantes foram listados em ordem aleatória seguidos cada um deles de uma escala de 7 pontos na qual 1 correspondia ao mais alto grau de relacionamento entre os conceitos de um dado par, segundo o ponto de vista do aluno, e 7 correspondia ao menor (praticamente nenhum) grau de relacionamento. Isto é, os alunos deveriam assinalar o número 1 quando achassem que os conceitos de um par estavam **altamente** relacionados e o número 7 quando não vissem relação entre eles. Os números de 2 a 6 representavam **situações** intermediárias. Não havia limite de tempo para este teste.

O terceiro desses testes foi um *teste de associação gráfica de conceitos*. Os alunos receberam uma lista de 19 conceitos, incluindo a maioria dos anteriores, e instruções muito simples a serem seguidas. Os conceitos deveriam ser dispostos em uma folha de papel, segundo uma distribuição a critério do aluno, obedecendo às seguintes regras: os conceitos mais gerais deveriam ser escritos dentro de retângulos, os de nível intermediário de generalidade deveriam ser escritos dentro de círculos ou elipses e os menos gerais deveriam ser simplesmente escritos sem nenhuma figura geométrica em torno. Além disso, os conceitos que estivessem relacionados deveriam ser ligados através de linhas de tamanho e forma **arbitrários**. Na verdade, o objetivo desse teste era o de obter dos alunos uma espécie de *mapa conceitual* para os conceitos dados. Não havia limite de tempo e não foi dado nenhum exemplo.

## RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Tendo em vista o caráter meramente descritivo deste trabalho, esta seção **constará** apenas de um resumo dos resultados obtidos. Dados numéricos, tabelas, testes estatísticos, etc., são apresentados em outro trabalho<sup>2</sup>.

1. *Medidas de desempenho*: em termos de medidas convencionais tais como testes de conhecimento, verificações e exames não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Portanto, na medida em que **esses** instrumentos **medem** habilidades em aplicar conceitos, resolver problemas, etc., as duas abordagens foram igualmente eficazes.

2. *Teste de associação de palavras*: ao longo do curso, o número médio de palavras associadas por conceito aumentou em todos os grupos relativamente ao **início** do mesmo. Houve, no entanto, alguma evidência de que nos grupos experimentais ao final do curso as associações foram mais *significativas* no sentido de que as palavras (ou conceitos) associadas aos conceitos dados estavam mais relacionadas aos mesmos. Além disso, **uma análise** do grau de superposição de palavras associadas a dois conceitos quaisquer (i.e., **mesmas** palavras associadas a dois conceitos diferentes), a qual fornece em princípio **uma** medida indireta do relacionamento e da **diferenciação** entre conceitos, forneceu alguma evidência que o grau de diferenciação conceitual foi maior e mais uniforme nos grupos experimentais.

3. *Teste de associação numérica*: nesse caso, as médias decresceram em todos os grupos, do começo para o fim do curso, indicando que **à** medida que o curso se desenvolveu **os alunos** passaram a ver um maior **relacionamento** entre os conceitos. Entre os grupos que tiveram ensino tradicional o decréscimo foi o **mesmo**, i.e., **não** houve diferença estatisticamente significativa, porém, no caso de ensino individualizado o decréscimo foi significativamente mais acentuado, do ponto de vista, estatístico, no grupo experimental. Ou seja, a evidência foi de que **ao final** do curso o grupo experimental viu um maior grau de relacionamento entre os conceitos.

4. *Teste de associação gráfica*: os resultados deste teste reforçaram as evidências dos outros dois testes de associação relativamente ao relacionamento e à diferenciação de conceitos. Os *mapas* feitos pelos alunos dos grupos experimentais foram qualitativamente diferentes daqueles dos grupos de controle indicando melhor diferenciação conceitual, associações mais significativas e uma disposição hierárquica coerente com a teoria de Ausubel. Além disso, uma análise preliminar quantitativa desses *mapas* em termos de diferenciação entre conceitos gerais, intermediários e específicos favoreceu significativamente os grupos experimentais.

Resumindo, não foram detectados diferenças significativas em termos de desempenho do aluno tal como ele é medido por testes convencionais de conhecimento, porém foram encontradas evidências de que a abordagem Ausubeliana favoreceu o relacionamento, a diferenciação e a hierarquização conceitual na medida em que os testes de associação mediram essas habilidades.

## CONCLUSÃO

Admitindo que a abordagem experimental tenha promovido a diferenciação e o relacionamento conceitual em maior escala do que a abordagem convencional poder-se-ia tentar extrapolar e supor que a aprendizagem significativa ocorreu em maior escala nos grupos experimentais, mas a falta de diferenças significativas em termos de desempenho em testes convencionais não confirma essa suposição. Entretanto, de um ponto de vista Ausubeliano essa não diferença seria de se esperar porque os testes usados não forneceriam evidência de aprendizagem significativa. Segundo Ausubel ao procurar-se evidências de aprendizagem significativa deve-se usar questões e problemas que sejam novos e não familiares ao aluno requerendo máxima transformação do conhecimento adquirido. Os testes usados não continham questões e problemas desse tipo.

Na verdade, essa foi uma primeira tentativa de usar a teoria de Ausubel como sistema de referência para organizar conteúdos de Física e os resultados obtidos são apenas evidências preliminares de limitada

validade externa. Tais evidências, no entanto, parecem indicar que a abordagem Ausubeliana pelo menos facilita a aprendizagem de conceitos físicos. **Alf**as cabe aqui chamar atenção para os testes de associação de conceitos. São testes não convencionais que provêm informações qualitativas acerca da aprendizagem de conceitos não fornecidas pelos testes de conhecimentos convencionais. Além disso, as medidas obtidas com esses testes são passíveis de análise estatísticas sofisticadas (não usadas na experiência descrita) tal como a análise multidimensional<sup>18</sup> que permitem um verdadeiro *mapeamento* da estrutura cognitiva do aluno relativamente aos **conceitos** em questão.

Concluindo, cabe mencionar que os resultados preliminares obtidos com essa experiência motivaram não só uma análise mais profunda dos dados obtidos com os testes de associação, mas também a realização de experiência similar, porém, com outro conteúdo (termodinâmica), atualmente em andamento. Talvez, muitas das dificuldades encontradas no ensino da Física estejam relacionadas com a falta de ênfase na diferenciação progressiva, na reconciliação integrativa, no relacionamento com a estrutura cognitiva existente e assim por diante. Talvez, ao invés de se procurar métodos, de se tentar tornar a Física atraente ou simples, se deva em primeiro lugar torná-la potencialmente significativa para os estudantes no sentido Ausubeliano. Por isso, novas experiências baseadas na teoria de Ausubel estão em andamento no Instituto de Física da UFRGS.

## REFERÊNCIAS

1. Ausubel, D.P., *Educational Psychology: A Cognitive View*, New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc, 1968.
2. Moreira, M.A., "An Ausubelian Approach to Physics Instruction: An Experiment in an Introductory College Course in Electromagnetism" unpublished Ph.D. dissertation, Cornell University, 1977.
3. Novak, J.D., *A Theory of Education*, Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1977.
4. Novak, J.D., "Understanding the Learning Process and Effectiveness of Teaching Methods in the Classroom, Laboratory and Field", *Science Education*, 60, 493-512, 1976.

5. Halliday, D. e Resnick, R., *Física 11 - Vol.1*, Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1973.
6. Shavelson, R.J., "Methods for Examining Representations of a Subject-Matter Structure in a Student's Memory", *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 231-249, 1974.
7. Johnson, P.E., "Some Psychological Aspects of Subject-Matter Structure", *Journal of Educational Psychology*, 58, 75-83, 1967.
8. Subkoviak, M.J., "The use of Multidimensional Scaling in Educational Research", *Review of Educational Research*, 45, 387-423, 1975.