

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

A INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA COGNITIVA

EM APRENDIZAGENS DE FÍSICA*

Fernando Lang da Silveira

Dissertação realizada sob a orientação dos Professores Bernardo Liberman e Marco Antonio Moreira, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS para a obtenção do grau de Mestre em Física .

FT01 40.6 (Pág.)

* Trabalho parcialmente financiado pelas seguintes Instituições: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE)

Porto Alegre

1976

INSTITUTO DE FÍSICA

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Prof. Bernardo Liberman e Prof. Marco Antonio Moreira, meus sinceros agradecimentos.

Ao Prof. J.A.Gerald McClelland, pelas valiosas sugestões, decisivas na elaboração desse trabalho, agradeço de forma especial.

Ao Prof. Ernest Sporket, pelo muito que com ele aprendi.

RESUMO

São analisadas as implicações que as hipóteses da Teoria Cognitiva da Aprendizagem de David P. Ausubel têm em relação ao ensino da Física Geral. Hipóteses estatísticas são formuladas a partir daquela teoria com a finalidade de possibilitar a verificação experimental dos aspectos relevantes das idéias de Ausubel. Os resultados obtidos em cinco amostras constituem-se em evidências favoráveis àquela teoria.

No final é proposto um modelo de ensino que procura ser coerente com os aspectos relevantes da teoria.

ABSTRACT

Based on the Theory of Meaningful Learning proposed by David P. Ausubel, implications for the teaching of General Physics are derived and analysed. Statistical hypothesis derived from this analysis are tested experimentally in order to obtain evidence concerning the validity of the relevant aspects of the theory. The results obtained, using five samples of students, proved favourable.

A model for teaching General Physics is proposed, which is designed to be consistent with these aspects of Ausubel's theory.

"Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio eu diria: O fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Encontre isso e ensine de acordo".

David P. Ausubel

Í N D I C E

I	- INTRODUÇÃO	1
	I.1 - Objetivos e Plano da Dissertação	1
	I.2 - Teoria Cognitiva da Aprendizagem de David P. Ausubel	2
II	- EXPOSIÇÃO DO PROBLEMA E FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES	8
III	- ABORDAGEM DO PROBLEMA	15
	III.1 - Caracterização das Amostras	15
	III.2 - Instrumentos de Medida	17
	III.3 - O Método: Primeira Alternativa e Resultados	20
	III.4 - O Método: Segunda Alternativa e Resultados	26
IV	- INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	33
V	- CONCLUSÕES	34
	APÊNDICE A - CORRELAÇÃO LINEAR E RETAS DE REGRESSÃO	43
	APÊNDICE B - FIDEDIGNIDADE E VALIDADE DE UM TESTE	47
	APÊNDICE C - TESTES DE HIPÓTESES E NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA	50
	APÊNDICE D - QUESTÕES DE ESCOLHA MÚLTIPLA	52
	APÊNDICE E - ANÁLISE DE QUESTÕES	55
	BIBLIOGRAFIA	57

I - INTRODUÇÃO

I.1 - Objetivos e Plano da Dissertação

O objetivo dessa Dissertação é apresentar evidências favoráveis à teoria de David P. Ausubel¹⁾ em disciplinas de Física Geral e a aplicação dessa teoria na formulação de um modelo de ensino.

Ausubel crê que a aprendizagem depende essencialmente dos conhecimentos anteriormente adquiridos pelo aluno. Tal idéia poderá parecer óbvia à primeira vista; entretanto, constatamos que o óbvio é desconsiderado, pois a maioria das disciplinas ministradas na Universidade não leva em consideração aquilo que realmente o aluno já sabe. Admite-se tacitamente que o aluno já aprendeu os pré-requisitos e tenta-se promover a aprendizagem sobre essa base.

Assim sendo, julgamos que as idéias de Ausubel mereciam ser evidenciadas e utilizadas em uma proposição de um modelo de ensino.

A partir das idéias de Ausubel formulamos quatro hipóteses, que foram testadas em cinco amostras de alunos de Física Geral. A verificação experimental dessas hipóteses constitui-se em evidência favorável à teoria de Ausubel.

A Dissertação se divide em cinco capítulos, subdivididos em secções e mais cinco apêndices.

I - INTRODUÇÃO: a apresentação dos objetivos da Dissertação é seguida por um breve apanhado da Teoria Cognitiva da Aprendizagem de David P. Ausubel

II - EXPOSIÇÃO DO PROBLEMA E FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES: nesse capítulo tecem-se algumas considerações de ordem prática e estabelecem-se dois conjuntos de duas hipóteses estatísticas.

III - ABORDAGEM DO PROBLEMA: a caracterização das amostras, a fidedignidade e validade dos instrumentos são inicialmente discutidas. Cada conjunto de hipóteses conduz a métodos diferentes de atacar o problema; os resultados obtidos em cada um dos tratamentos são também apresentados.

IV - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS: os resultados obtidos corroboram as hipóteses estatísticas, constituindo-se dessa forma em evidências a favor das idéias de Ausubel.

V - CONCLUSÃO: inicialmente algumas considerações sobre a validade do presente experimento são apresentadas, em seguida, um modelo de ensino coerente com as idéias de Ausubel é formulado.

Os cinco restantes apêndices servem de subsídios e complementação às diversas idéias apresentadas no desenrolar da Dissertação.

I.2 - Teoria Cognitiva da Aprendizagem de David P. Ausubel

Ausubel^{1),2)} classifica a aprendizagem em dois tipos: "rote learning" e "meaningful learning". O primeiro tipo exige do aprendiz apenas a memorização; "rote learning" acontece quando o que deve ser aprendido não tem sentido, não se relaciona de qualquer forma com aquilo que ele já sabe. A aprendizagem de um conjunto de sílabas sem sentido é um exemplo típico; outro exemplo é a

aprendizagem de um teorema matemático que para o aluno não tenha relação alguma com seus pré-conhecimentos.

Ausubel preocupa-se com o segundo tipo, que pode ser traduzido por aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa ocorrerá quando o conteúdo a ser aprendido tiver "sentido" para o aprendiz e quando ele estiver disposto a aprender. O material terá "sentido" se ele puder ser incorporado aos conhecimentos já existentes. Ao conjunto organizado de conhecimentos de um indivíduo Ausubel denomina estrutura cognitiva. A aprendizagem significativa, contrariamente à "rote learning", envolverá habilidades mentais mais elevadas que o simples ato de decorar, memorizar.

O autor distingue nos materiais a serem aprendidos o sentido lógico e o sentido psicológico. O sentido lógico é inerente aos próprios conteúdos; se o material for não-arbitrário, plausível, lúcido, guardando relações entre as diversas partes, então terá sentido lógico. O sentido psicológico é dado pelo próprio indivíduo e somente "com tempo e grande desenvolvimento psicológico é que a pessoa consegue captar inteiramente o sentido lógico de um material, e dar-lhe uma significação e relacionamento lógico em sua mente"²⁾.

"Quando o indivíduo aprende proposições logicamente significativas, ele não aprende o sentido lógico "per se", mas sim o sentido que elas têm para ele"¹⁾. Por esse motivo o sentido psicológico tem prevalência sobre o sentido lógico.

A fim de compreender o funcionamento da estrutura cognitiva, cabe definir o que Ausubel entende por subsunçor (subsumer). Subsunçor é um conceito amplo, capaz de incorporar os novos conhe-

cimentos.

A existência de subsunçoes na estrutura cognitiva propicia uma "ancoragem" aos conteúdos que estão sendo aprendidos. As idéias ou materiais recém aprendidos relacionam-se com idéias relevantes já existentes na estrutura cognitiva, promovendo o que o autor denominou "ancoragem". A inexistência de subsunçoes implica que os novos conhecimentos devam ser aprendidos de cor, ou seja, ocorrerá "rote learning". A eficiência da ancoragem é função de quão disponíveis são os subsunçoes na estrutura cognitiva.

Na obra "Educational Psychology: A Cognitive View"¹⁾ Ausubel representa da seguinte forma o desenvolvimento da aprendizagem:

a - Nova idéia potencialmente significativa

A - Idéia(s) estável(is) já incorporada(s) à estrutura cognitiva

$a + A \rightarrow A'a'$

O produto interacional $A'a'$ não é apenas a combinação das duas idéias anteriores, mas no momento em que ocorre a interação entre a nova idéia e a estrutura cognitiva, ambas se modificam. O resultado é um novo complexo $A'a'$ do qual a' e A' são membros.

Em seguida ao acontecimento da aprendizagem o novo conhecimento a' é dissociável do produto interacional.

$A'a' \rightarrow A' + a'$

Com o passar do tempo há uma perda de dissociabilidade, podendo finalmente ocorrer uma redução de a' para A' . Ou seja, a idéia a' é esquecida restando apenas A' .

É importante notar que para Ausubel o esquecimento é sim

plesmente a continuação do processo de aprendizagem.

Exemplificando, consideremos um aluno de Física Geral que deverá aprender sobre o movimento de projéteis. As idéias relevantes já incorporadas à sua estrutura cognitiva são soma e decomposição de vetores, velocidade e aceleração como grandezas vetoriais. No momento em que o aluno percebe que o movimento de projéteis é obtido da composição de dois movimentos ortogonais mais simples, que a velocidade instantânea do projétil é a soma das componentes instantâneas horizontal e vertical, que a aceleração gravitacional determina variações apenas na componente vertical da velocidade do projétil, estará relacionando novas idéias com as já existentes na estrutura cognitiva. Conseqüentemente, acontecerá a "ancoragem" dos novos conteúdos. No final, a estrutura cognitiva torna-se mais abrangente, pois o movimento de projéteis é encarado também como uma extensão da soma e decomposição de vetores; por outro lado, o conceito de vetor e as possíveis operações entre vetores são entendidas de uma forma mais geral, já que podem ser aplicadas às grandezas físicas, tais como velocidade e aceleração.

Com o passar do tempo o aluno acabará esquecendo os detalhes sobre o movimento de projéteis (por exemplo, que a projeção do movimento segundo a horizontal é um movimento retilíneo uniforme, que a aceleração gravitacional é responsável apenas por variações na componente vertical da velocidade), mas restará uma idéia geral na estrutura cognitiva: as operações com vetores são aplicáveis ao movimento de projéteis.

A retenção de um novo conhecimento a longo prazo somente será efetiva se houver inicialmente alta discriminabilidade entre

a e A. Sendo as duas idéias muito semelhantes, a redução se dará mais rapidamente.

Conforme anteriormente exposto, as idéias a serem aprendidas são subsumidas pelas idéias já incorporadas à estrutura cognitiva. Ausubel ainda nota duas formas de subsunção:

Subsunção derivativa: novo material é entendido como um caso particular de um conceito já existente.

Subsunção correlativa: novo material amplia, elabora, modifica os conceitos subsunçores.

Ele também admite a ocorrência de um processo de aprendizagem superordenado, contrariamente à subsunção, que é subordinado. Diversas idéias são sintetizadas sob uma nova idéia mais inclusiva, ou seja, diversos subsunçores são englobados por uma nova idéia. De acordo com o autor, esse processo é muito raro e é chamado reconciliação integrativa.

O armazenamento e organização da estrutura cognitiva se dá inicialmente das idéias mais gerais e inclusivas para as idéias específicas e particulares. A esse processo Ausubel chama diferenciação progressiva e, por isso, advoga que o material a ser apresentado ao aluno deve seguir a linha dos conceitos mais abrangentes para os específicos. Dois postulados são por ele utilizados para confirmar a diferenciação progressiva:

"a) É menos difícil, para seres humanos, diferenciar aspectos de um todo previamente aprendidos, mais inclusivo, do que formular esse todo inclusivo a partir das partes previamente aprendidas.

b) A organização de conteúdos por parte de um indivíduo

consiste numa estruturação hierárquica pela qual as mais inclusivas ocupam o topo da estrutura e subsumem progressivamente proposições, conceitos e dados mais inclusivos e mais altamente diferenciados."2)

"Ausubel afirma que enquanto os passos anteriores de uma seqüência de aprendizagem de novo material não forem "dominados" , através de confirmação, correção, classificação, prática diferencial por discriminação, revisões com feedback, etc, não se deve introduzir novo material na seqüência."2)

II - EXPOSIÇÃO DO PROBLEMA E FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES

Conforme anteriormente apresentado, Ausubel coloca como condição primordial para a ocorrência da aprendizagem significativa (meaningful learning) uma estrutura cognitiva adequada. Por estrutura cognitiva adequada entende-se que o aluno deve possuir idéias, princípios e conceitos relevantes aos conteúdos a serem aprendidos. A inexistência de tal arcabouço impedirá a aprendizagem significativa; a estrutura cognitiva, além de ser necessária para o acontecimento da aprendizagem significativa, facilita-a, pois serve de ancoragem para as novas idéias. Em outras palavras, conceitos novos são incorporados aos já existentes, modificando-os, aumentando sua generalidade, tornando-os mais abrangentes.

Ausubel entende por aprendizagem significativa não apenas a simples memorização, mas o envolvimento de processos mentais superiores. A aprendizagem significativa aconteceu se o aluno compreende, interpreta, aplica, transfere os novos conhecimentos.

Uma das conseqüências da validação da hipótese de Ausubel é uma argumentação altamente favorável ao ensino individualizado. Sendo a estrutura cognitiva extremamente relevante à ocorrência da aprendizagem, e sendo por outro lado uma particularidade do aluno, o modelo de ensino deverá levá-la em conta. A realimentação (feed-back) deverá ser feita na estrutura cognitiva, permitindo que o aluno estabeleça os subsunçores indispensáveis.

As disciplinas de Física Geral englobam largas faixas de conteúdos. Tais conteúdos guardam algumas vezes relações lógicas de pré-requisitos. Existem relações lógicas de pré-requisitos en-

tre dois grupos de conteúdos quando um deles define idéias, conceitos que são pressupostos e utilizados no segundo grupo. Exemplificando, a Cinemática é constituída por uma série de conceitos que são utilizados na Dinâmica, ou ainda, o Princípio de Conservação da Energia relaciona-se profundamente à Primeira Lei da Termodinâmica. Ora, estando Ausubel certo, o aluno que aprendeu Cinemática terá condições para aprender Dinâmica e, mais ainda, a aprendizagem da Dinâmica será facilitada se os conceitos de Cinemática estiverem bem estabelecidos e disponíveis na estrutura cognitiva; o mesmo vale em relação ao Princípio da Conservação da Energia e à Primeira Lei da Termodinâmica.

A partir das idéias de Ausubel podemos inferir duas conseqüências importantes:

1) O aluno que possuir subsunçores adequados terá condições de aprender e terá a aprendizagem facilitada.

2) O aluno que não possuir os subsunçores adequados terá a aprendizagem posterior dificultada ou até impossibilitada.

A confirmação das duas afirmações anteriores é de extrema importância para o ensino da Física e de qualquer disciplina que possua conteúdos com fortes relações de pré-requisitos. De um modo geral, os professores admitem a importância dos pré-requisitos e organizam o curso supondo que os alunos os possuam. Se verificam posteriormente que os alunos não conseguem aprender, culpam os cursos anteriores, que deveriam estabelecer os pré-requisitos. Por sua vez, o aluno que não possui os conceitos subsunçores, nada fazendo para adquiri-los, passará à memorização (rote learning) dos conteúdos; sua preocupação primordial não será a de aprender, mas apenas de conseguir o grau que lhe permita ser aprovado. Assim sen

do, é desencadeado um processo que em última análise incentiva a memorização.

Infelizmente, esse parece ser o panorama em algumas das disciplinas da Universidade. As idéias de Ausubel podem parecer óbvias, entretanto, o óbvio não é observado no desenrolar de muitos cursos.

A verificação experimental das duas conseqüências das idéias de Ausubel constituem-se num dos objetivos dessa Dissertação. Para tanto, proporemos a seguir duas formas alternativas de atacar o mesmo problema:

Em termos práticos, ao avaliar os conhecimentos de um aluno através de um teste, estamos obtendo informações sobre sua estrutura cognitiva; de diversas avaliações poderemos inferir a evolução da estrutura cognitiva. Ora, sendo a principal variável para o acontecimento da aprendizagem significativa aquilo que o aluno já havia aprendido, espera-se que seja detectada uma dependência entre os escores de um grupo de alunos em áreas de conteúdos com fortes relações lógicas de pré-requisitos. Exemplificando, a Cinemática estabelece uma série de conceitos extremamente relevantes à aprendizagem da Dinâmica; se tomarmos os escores de um grupo de alunos em Cinemática e Dinâmica, deverá ser configurada uma interdependência entre esses dois grupos de escores. Os coeficientes estatísticos que podem detectar a dependência são: coeficiente de correlação e declividade da reta de regressão (vide Apêndice A) dos dois grupos de escores. O coeficiente de correlação permite constatar quão intensa é a relação linear entre os dois grupos de escores; a declividade da reta de regressão permite inferir quanto uma

variação em um grupo de escores provoca uma variação no outro grupo (se admitirmos que existe uma relação de causalidade entre esses dois grupos de escores), ou seja, no nosso caso quanto os pré-requisitos influem nas novas aprendizagens.

A fim de tornar as idéias de Ausubel passíveis de experimentação, estabelecemos as seguintes hipóteses estatísticas:

1) Os escores de um grupo de alunos em novas aprendizagens são dependentes dos escores em pré-requisitos lógicos; então, deverá ser constatado um alto coeficiente de correlação e declividade da reta de regressão das novas aprendizagens contra os pré-requisitos.

2) A aprendizagem de novos conteúdos não depende da aprendizagem dos conteúdos anteriores se entre eles não houve relações lógicas de pré-requisitos. Entretanto, não se pode a priori excluir a existência de correlação entre testes em tais conteúdos, pois o nível de inteligência de cada aluno determina sempre um coeficiente de correlação entre esses resultados; outro aspecto a ser considerado é que apesar de não existirem relações lógicas entre os dois grupos de conteúdos, poderão possuir um grupo comum de pré-requisitos. A influência desse grupo comum poderá ser evidenciada por um coeficiente de correlação entre os dois grupos de conteúdos sem relações lógicas de pré-requisitos (veja ainda no Apêndice A a discussão sobre o coeficiente de correlação e relação de causalidade). Então, o coeficiente de correlação e a declividade da reta de regressão para escores em conteúdos que não possuem relações lógicas de pré-requisitos deve ser menor que o coeficiente de correlação e declividade da reta de regressão para escores em conteúdos com relações lógicas de pré-requisitos.

Os coeficientes referidos na hipótese 1 deverão ter nível de significância baixo, inferior a 0,05 (vide Apêndice C). O nível de significância é a máxima probabilidade para a qual o coeficiente de correlação (ou a declividade da reta de regressão) não difere de zero, ou seja, é a máxima probabilidade para que tenha sido obra do acaso. Um nível de 0,05 admite uma probabilidade de 5% de que o coeficiente encontrado seja obra do acaso.

Conforme verificamos no exemplo do Apêndice C, quanto maior o coeficiente de correlação, maior o nível de significância. Logo, os coeficientes para conteúdos sem relações de pré-requisitos deverão possuir níveis de significância mais baixos.

A primeira alternativa para verificar experimentalmente a teoria de Ausubel emprega dois grupos de conteúdos relativamente extensos, como a Cinemática e a Dinâmica; conseqüentemente, utilizar-se-á um número de questões proporcional à extensão dos conteúdos. Para avaliar o quanto o aluno domina a Cinemática torna-se necessário que ele responda algumas questões sobre Movimento Retilíneo Uniforme, Movimento Uniformemente Acelerado e assim por diante.

Se pensarmos, por outro lado, em isolar apenas duas idéias com fortes relações de pré-requisitos como, por exemplo, soma e decomposição de vetores e movimento de projéteis, restringimos a avaliação do domínio desses conteúdos a apenas duas questões. É claro que agora deveremos garantir que ambas as questões sejam boas (meçam o que se pretende, discriminem os alunos que dominam e os que não dominam tais conteúdos, etc); os critérios utilizados para garantir que as questões a serem utilizadas são confiáveis, apresentaremos mais adiante.

Raciocinando então em termos de apenas duas questões com fortes relações de pré-requisitos, os alunos que demonstrarem dominar a primeira delas (pré-requisito) preenchem a condição necessária para a aprendizagem do conteúdo exigido na segunda; entretanto, não se pode supor que realmente aprendam a segunda idéia, pois outros fatores como motivação, estudo, interesse, também são condicionantes da aprendizagem significativa. Por outro lado, os alunos que demonstrarem não dominar o pré-requisito, deverão demonstrar não ter aprendido o conteúdo seguinte; entretanto, existe uma probabilidade não nula de responder corretamente à segunda questão mesmo tendo errado a primeira, pois há a chance de acerto casual em se tratando de questões objetivas.

A seguir, apresentamos mais duas hipóteses:

1) Para duas questões sem relações de pré-requisitos consideremos os seguintes dois eventos: responder erradamente a primeira delas e responder acertadamente a segunda delas. Esses dois eventos são independentes. Logo, para um aluno que errou a primeira delas há uma chance de 50% de errar ou acertar a segunda. Então, se N alunos erraram a primeira dessas questões espera-se que dentre eles $N/2$ alunos acertem a segunda.

2) Para duas questões com relações de pré-requisitos consideremos os seguintes dois eventos: responder erradamente a primeira delas e responder acertadamente a segunda delas. O primeiro desses eventos deverá ser determinante do segundo. Então, se N alunos erraram a primeira delas, um número inferior a $N/2$ alunos deverá acertar a segunda.

Na primeira das hipóteses acima deverá ser calculado o

nível de significância para diferença entre $N/2$ e o número de acertos realmente obtido na segunda questão, dentre os alunos que erraram a primeira. Aceitaremos níveis de significância não superiores a 0,05. Ou seja, a hipótese será verificada se a probabilidade de que a diferença seja obra do acaso não exceder a 5%.

Na segunda das hipóteses também determinaremos o nível de significância para a diferença entre $N/2$ e o número de acertos realmente obtido na segunda questão, dentre os alunos que erraram a primeira. A hipótese será verificada se esse nível for superior a 0,05.

III - ABORDAGEM DO PROBLEMA

III.1 - Caracterização das Amostras

A testagem das hipóteses foi feita com dados obtidos nas seguintes disciplinas:

FÍSICA 101, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2ª semestre de 1973

Curso: Farmácia

Carga horária semanal: 6 horas

Nº de alunos que iniciaram a disciplina: 63

Nº de alunos tomados como amostra: 56

Livro texto utilizado: Física (Jay Orear)

Conteúdos programáticos: Mecânica dos Sólidos e dos Fluidos; Leis de Conservação; Movimento Oscilatório e Ondulatório; Acústica; Ótica; Termologia; Calorimetria; Gases Ideais; Termodinâmica; Eletricidade; Eletromagnetismo.

FÍSICA GERAL IV, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 1ª semestre de 1974

Curso: Geologia

Carga horária semanal: 4 horas

Nº de alunos que iniciaram a disciplina: 28

Nº de alunos tomados como amostra: 27

Livro texto utilizado: nenhum especificamente

Conteúdos programáticos: Mecânica dos Sólidos; Leis de Conservação; Movimento Ondulatório e Oscilatório; Ótica.

FÍSICA 101, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2º semestre de 1974

Curso: Agronomia

Carga horária semanal: 6 horas

Nº de alunos que iniciaram a disciplina: 42

Nº de alunos tomados como amostra: 34

Livro texto utilizado: Física (Jay Orear)

Conteúdos programáticos: idem Física 101, 2º semestre de 1973

FÍSICA GERAL I, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2º semestre de 1974

Curso: Engenharia de Operações

Carga horária semanal: 4 horas

Nº de alunos que iniciaram a disciplina: 41

Nº de alunos tomados como amostra: 34

Livro texto utilizado: nenhum

Conteúdos programáticos: Termologia; Calorimetria ; Mudanças de Fase; Gases Ideais; Termodinâmica; Eletrostática; Eletrodinâmica; Circuitos Capacitivos e Resistivos.

FÍSICA GERAL I, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, intensivo de verão de 1975

Curso: Engenharia de Operações

Carga horária semanal: 4 horas

Nº de alunos que iniciaram a disciplina: 44

Nº de alunos tomados como amostra: 41

Livro texto utilizado: nenhum

Conteúdos programáticos: idem Física Geral I, 2º semestre de 1974

Em todas as disciplinas foi aplicado o modelo tradicional de ensino, desenvolvido através de aulas expositivas-demonstrativas e aulas de problemas. As turmas de Física 101 também tiveram aulas de laboratório, perfazendo um total de seis experiências.

Como amostra não foi tomada a totalidade dos alunos que iniciou a disciplina porque alguns não fizeram todas as provas ou desistiram, não possibilitando as informações necessárias para a determinação dos coeficientes estatísticos.

Todas as disciplinas são básicas para os cursos a que se destinam, envolvendo alunos até o quarto semestre da Universidade. O índice de aprovação oscilou entre 50% e 70% dos que iniciaram.

Constata-se de um modo geral um baixo índice de motivação por parte dos alunos que cursam as disciplinas em questão, excetuando-se os alunos de Física Geral I. Isto pode ser explicado levando-se em consideração que eles não encaram os conteúdos de Física como importantes na sua futura profissão; a exceção acontece com os alunos da Engenharia de Operações, pois percebem que a Física fornece os pré-requisitos necessários às disciplinas técnicas.

III.2 - Instrumentos de Medida

A fim de avaliar os alunos em qualquer das disciplinas foram utilizadas provas objetivas, com questões de Escolha Múltipla, dos tipos Resposta Única e Resposta Múltipla (vide Apêndice D). Optou-se por provas objetivas devido à vantagem de possibilitarem um número razoável de questões. Um número maior de questões

traz dois aspectos positivos: possibilita varrer todos os conteúdos envolvidos e paralelamente aumenta a confiabilidade das medidas, pois a fidedignidade de um teste cresce com o número de questões (vide Apêndice B).

As questões utilizadas sempre exigiram para a sua solução habilidades mentais superiores* à simples memorização, para garantir medidas da aprendizagem significativa e não "rote learning".

Minimizaram-se as possibilidades de comportamentos desonestos ("cola") pela elaboração de duas, três ou até quatro provas diferentes. Essas eram diferentes sob o ponto de vista formal, mas essencialmente idênticas quanto ao conteúdo e habilidades mentais exigidas. As questões, assim como as alternativas dentro de cada questão, foram distribuídas em ordem diversa em cada prova.

A qualidade das questões foi controlada pela análise anterior à aplicação, por dois ou mais professores. Durante o segundo semestre de 1973 (Física 101) as provas utilizadas foram submetidas a análise posterior à aplicação, através da determinação do coeficiente de fidedignidade (vide Apêndice B). Os coeficientes obtidos foram os seguintes:

1.^a prova - 0,76

2.^a prova - 0,74

3.^a prova - 0,64

4.^a prova - 0,70

5.^a prova - 0,75

6.^a prova - 0,74

* Taxonomia de Bloom¹¹⁾

Posteriormente, as questões foram revisadas com a finalidade de identificar as mal formuladas e imprecisas, e conseguir numa próxima aplicação coeficientes de fidedignidade maiores. Obteve-se então uma bateria de cento e sessenta questões que serviriam mais tarde para a elaboração das provas, inclusive em outras disciplinas.

A fidedignidade dos instrumentos utilizados nas outras disciplinas também foi investigada. Para tanto, considerou-se todas as questões aplicadas como sendo um instrumento apenas e se obteve os seguintes coeficientes:

FIS 101/73 (nº total de questões: 160)	0,86
FÍSICA GERAL IV/74 (nº total de questões: 57)	0,90
FÍSICA GERAL I/74 (nº total de questões: 48)	0,90
FÍSICA GERAL I/75 (nº total de questões: 44)	0,83

Os coeficientes encontrados são considerados desejáveis, pois indicam que as medidas são confiáveis.

Um instrumento de medida realmente será bom se, além de fidedigno, for válido (vide Apêndice B). Em nossos testes o critério utilizado para garantir a validade foi a análise de conteúdo, ou seja, os testes possuíam "validade de conteúdo".

III.3 - O Método: Primeira Alternativa e Resultados

Chamemos de A um grupo de conteúdos e B um segundo grupo, de tal forma que ao longo de um curso A antecede B. Se a estrutura lógica do curso coloca A como pré-requisito para o grupo B, então existe uma relação lógica de pré-requisitos entre A e B. A aprendizagem de B estará condicionada à aprendizagem de A, pois idéias relevantes, conceitos subsunçores são definidos no primeiro grupo. O aluno que necessitar aprender o segundo grupo de conteúdos, deverá possuir em sua estrutura cognitiva os conceitos relevantes apresentados em A. Então, os alunos que demonstrarem ter aprendido significativamente A, terão as condições para a aprendizagem de B; os alunos que não incorporaram à sua estrutura cognitiva todos os conceitos do primeiro grupo, terão a aprendizagem do segundo dificultada ou até impossibilitada.

Ao medirmos quanto os alunos aprenderam de A e de B deverá ser detectada uma interrelação entre os dois grupos de escores. Ou seja, deverá ser detectado um coeficiente de correlação entre os desempenhos em A e B e, ainda mais, o nível de significância para o coeficiente deverá ser baixo para garantir que não seja obra do acaso ($< 0,05$). A declividade da reta de regressão de B contra A permite inferir para uma dada variação no grupo de escores A a conseqüente variação no grupo de escores B; em outras palavras, quanto os pré-requisitos influem na aprendizagem subsequente. Pelo mesmo argumento anterior a declividade da reta de regressão deverá também apresentar um baixo nível de significância ($< 0,05$).

Por outro lado, se tomarmos dois grupos de conteúdos

C e D, de tal forma que C não se constitui em pré-requisito lógico para D, não se pode, a priori, concluir que não haverá correlação entre tais resultados (a existência de correlação não implica necessariamente numa relação de causalidade, conforme exposto no Apêndice A)*. Tanto o grupo C como o grupo D possuirão pré-requisitos; esses pré-requisitos poderão ser comuns em parte ou no todo. Dessa forma, o aparecimento de correlação entre C e D será ocasionado pelos pré-requisitos comuns. Exemplifiquemos: a Termologia e a Eletricidade não possuem fortes relações lógicas de pré-requisitos; entretanto, existem determinados conceitos da Mecânica que são relevantes à aprendizagem desses dois grupos de conteúdos; ora, espera-se então uma correlação entre os desempenhos em Termodinâmica e Eletricidade devido à influência que o desempenho em Mecânica tem em ambos.

A correlação entre grupos de conteúdos sem relações lógicas de pré-requisitos é interpretada em última análise como efeito de segunda ordem. Por ser um efeito secundário espera-se que essa correlação (e também a declividade da reta de regressão) seja menor do que a correlação encontrada para conteúdos com relações lógicas de pré-requisitos.

Na prática foi impossível obter dois grupos de conteúdos sem qualquer relação de pré-requisitos. Outrossim, conseguiu-se grupos de conteúdos com poucas relações e grupos com for-

* O nível de inteligência dos alunos determina a priori alguma correlação entre os desempenhos em dois testes, conforme já expusemos no Capítulo II.

tes relações de pré-requisitos, conforme ficará claro quando da apresentação dos conteúdos envolvidos.

Passamos a seguir a apresentar cada uma das disciplinas com os grupos de conteúdos selecionados, bem como os resultados obtidos.

FÍSICA 101, 2º semestre de 1973

Conteúdos com relações de pré-requisitos

Grupo A: Cinemática

Grupo B: Dinâmica

Coefficiente de correlação: $r_{AB} = 0,62$

Nível de significância para r_{AB} : $\alpha < 0,005$

Declividade da reta de regressão de B contra A: $m_B = 0,54$

Nível de significância de m_B : $\alpha < 0,005$

Conteúdos sem relações lógicas de pré-requisitos

Grupo C: Cinemática

Grupo D: Termodinâmica

Coefficiente de correlação: $r_{CD} = 0,43$

Nível de significância de r_{CD} : $\alpha < 0,005$

Declividade da reta de regressão de D contra C: $m_D = 0,31$

Nível de significância de m_D : $\alpha < 0,01$

Os coeficientes dos grupos com relação e dos grupos sem relação de pré-requisitos diferem entre si em $\alpha < 0,05$.

FÍSICA GERAL IV, 1º semestre de 1974

Conteúdos com relações de pré-requisitos

Grupo A: Cinemática

Grupo B: Dinâmica

Coeficiente de correlação: $r_{AB} = 0,68$

Nível de significância de r_{AB} : $\alpha < 0,005$

Declividade da reta de regressão de B contra A: $m_B = 1,11$

Nível de significância de m_B : $\alpha < 0,005$

Conteúdos sem relações lógicas de pré-requisitos

Grupo C: Transformação de Unidades de Medida

Grupo D: Cinemática

Coeficiente de correlação: $r_{CD} = 0,12$

Nível de significância de r_{CD} : $\alpha < 0,30$

Declividade da reta de regressão de D contra C: $m_D = 0,10$

Nível de significância de m_D : $\alpha < 0,30$

FÍSICA 101, 2º semestre de 1974

Conteúdos com relações lógicas de pré-requisitos

Grupo A: Cinemática

Grupo B: Dinâmica

Coeficiente de correlação: $r_{AB} = 0,66$

Declividade da reta de regressão de B contra A: $m_B = 0,48$

Nível de significância de m_B : $\alpha < 0,005$

Conteúdos sem relações lógicas de pré-requisitos

Grupo C: Cinemática

Grupo D: Termodinâmica

Coeficiente de correlação: $r_{CD} = 0,47$

Nível de significância de r_{CD} : $\alpha < 0,005$

Declividade da reta de regressão de D contra C: $m_D = 0,36$

Nível de significância de m_D : $\alpha < 0,01$

Os coeficientes dos grupos com relação e dos grupos sem relação de pré-requisitos diferem entre si em $\alpha < 0,10$.

FÍSICA GERAL I, 1º semestre de 1974

Conteúdos com relações lógicas de pré-requisitos

Grupo A: Termologia

Grupo B: Termodinâmica

Coeficiente de correlação: $r_{AB} = 0,54$

Nível de significância de r_{AB} : $\alpha < 0,005$

Declividade da reta de regressão de B contra A: $m_B = 0,43$

Nível de significância de m_B : $\alpha < 0,005$

Conteúdos sem relações lógicas de pré-requisitos

Grupo C: Termologia

Grupo D: Eletricidade

Coeficiente de correlação: $r_{CD} = 0,21$

Nível de significância de r_{CD} : $\alpha < 0,20$

Declividade da reta de regressão de D contra C: $m_D = 0,13$

Nível de significância m_D : $\alpha < 0,20$

FÍSICA GERAL I, intensivo de verão de 1975

Conteúdos com relações de pré-requisitos

Grupo A: Termologia

Grupo R: Termodinâmica

Coeficiente de correlação: $r_{AB} = 0,42$

Nível de significância de r_{AB} : $\alpha < 0,005$

Declividade da reta de regressão de B contra A: $m_B = 0,42$

Nível de significância de m_B : $\alpha < 0,005$

DISCIPLINA	RELAÇÃO DE PRÉ-REQUISITOS	GRUPOS DE CONTEÚDOS	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (r)	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE r	DECLIVIDADE DA RETA DE REGRESSÃO (m)	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE m
FÍSICA 101 1973	Sim	AB	0,62	<0,005	0,54	<0,005
	Não	CD	0,43	<0,005	0,31	<0,01
FÍSICA GERAL IV 1974	Sim	AB	0,68	<0,005	1,11	<0,005
	Não	CD	0,12	<0,30	0,10	<0,30
FÍSICA 101 1974	Sim	AB	0,66	<0,005	0,48	<0,005
	Não	CD	0,47	<0,005	0,36	<0,01
FÍSICA GERAL I 1974	Sim	AB	0,54	<0,005	0,43	<0,005
	Não	CD	0,21	<0,20	0,13	<0,20
FÍSICA GERAL I 1975	Sim	AB	0,42	<0,005	0,42	<0,005
	Não	CD	0,21	<0,10	0,16	<0,20

TABELA 1

Conteúdos sem relações de pré-requisitos

Grupo C: Termologia

Grupo D: Eletricidade

Coeficiente de correlação: $r_{CD} = 0,21$

Nível de significância de r_{CD} : $\alpha < 0,10$

Declividade da reta de regressão de D contra A: $m_D = 0,16$

Nível de significância de m_D : $\alpha < 0,20$

Estes resultados aparecem de forma condensada na Tabela 1.

III.4 - O Método: Segunda Alternativa e Resultados

A formulação das duas últimas hipóteses estatísticas propõe um tratamento para o mesmo problema por um método que, contrariamente ao descrito na secção anterior, envolve apenas dois conceitos: o primeiro deles se constituindo em um subsunçor do segundo. O método anterior envolvia alguns conceitos subsunçores de diversos outros conceitos.

No momento em que pensamos em tratar o problema sob esse segundo ponto de vista, que, pode-se dizer, penetra na "estrutura fina" da aprendizagem significativa, acode-nos uma preocupação: temos que possuir uma garantia de que os instrumentos de medida, no caso duas questões objetivas, realmente meçam a aprendizagem dos conceitos em pauta.

Conforme exposto no Apêndice E, existem dois coefi -

cientes que permitem avaliar se uma questão objetiva é ou não é adequada ao propósito a que se destina. O índice de dificuldade e o índice de discriminação são os dois coeficientes (vide Apêndice E).

Segundo Vianna⁹⁾ e Lindemann¹⁰⁾ são consideradas desejáveis questões objetivas com índices de dificuldade média (em torno de 50%) e índices de discriminação superior a 40%.

Os alunos que demonstrarem domínio do conceito subsunçor (primeira questão) terão a aprendizagem posterior facilitada; entretanto, não podemos esperar que necessariamente esses alunos venham a demonstrar aprendizagem do segundo conceito porque esta condição (aprender o conceito subsunçor) não é suficiente. Podem existir diversos conceitos subsunçores e foi detectada apenas a aprendizagem de um deles; por outro lado, existem outros fatores concomitantes que determinarão a ocorrência de aprendizagem significativa posterior à aprendizagem do subsunçor como, por exemplo, a motivação. Logo, a análise não poderá ser feita em termos dos alunos que aprenderam o subsunçor.

Entretanto, os alunos que não aprenderam o subsunçor terão a aprendizagem do segundo conceito impossibilitada ou, no mínimo, dificultada. Dessa forma, espera-se que dentre os alunos que erraram a primeira questão, a maioria venha a errar a segunda; também agora não podemos afirmar categoricamente que qualquer um deles não poderá acertar a segunda questão, pois existe a chance de acerto casual. Além da chance de acerto casual ainda existem outros fatores: a primeira questão mediu a aprendizagem em determinado nível de capacidade e aptidão intelectual*, talvez superior ao nível

* Taxonomia de Bloom¹¹⁾.

suficiente para a ocorrência de aprendizagens posteriores. Em outras palavras, alguém que não tenha respondido corretamente a primeira questão talvez não seja capaz de atingir o nível de aptidão intelectual em que a mesma foi elaborada, mas em níveis inferiores (suficientes à facilitação de aprendizagens posteriores) do mine o conceito subsunçor.

Por outro lado, entre o momento em que o aluno responde à primeira questão e o momento que responde a segunda transcorre um lapso de tempo. Ora, entre a aplicação das duas provas po derá um aluno, que na primeira delas não revelou aprendizagem de determinado conceito, aprendê-lo. Ou seja, no momento que medimos a existência da idéia na estrutura cognitiva ela ainda não exista, mas posteriormente, antes da segunda prova, o aluno estudou e acabou aprendendo-a. Entretanto, apesar de possível, tal evento é con siderado pouco provável; de um modo geral sabemos que os alunos não mais se preocupam em aprender após a avaliação referente aos conteúdos em pauta.

Para testagem das hipóteses formuladas no Capítulo II foram colhidos dados em amostras com mais de quarenta alunos, pois os índices de dificuldade e discriminação apenas terão sentido se o número de alunos for razoavelmente extenso. A seguir, apresentamos os dados obtidos.

FÍSICA GERAL I, intensivo de verão de 1975

Questões com relação de pré-requisitos

Questão A₁: Calorimetria

Questão B₁: Termodinâmica

Índice de dificuldade de A_1 : 30%

Índice de discriminação de A_1 : 70%

Índice de dificuldade de B_1 : 48%

Índice de discriminação de B_1 : 90%

Número de alunos que erraram A_1 : $n(A_1) = 13$

Número de alunos que acertaram B_1 , tendo errado A_1 : $n(B_1) = 3$

Nível de significância em que $n(B_1)$ é diferente de $n(A_1)/2$: $\alpha < 0,005$

Questão A_2 : Eletrostática

Questão B_2 : Circuitos resistivos

Índice de dificuldade de A_2 : 56%

Índice de discriminação de A_2 : 55%

Índice de dificuldade de B_2 : 63%

Índice de discriminação de B_2 : 65%

Número de alunos que erraram A_2 : $n(A_2) = 23$

Número de alunos que acertaram B_2 tendo errado A_2 : $n(B_2) = 7$

Nível de discriminância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(A_2)/2$: $\alpha < 0,05$

Questões sem relações de pré-requisitos

Questão A_1 com a questão A_2

Número de alunos que erraram A_1 : $n(A_1) = 11$

Número de alunos que acertaram A_2 tendo errado A_1 : $n(B_2) = 4$

Nível de significância em que $n(A_2)$ é diferente de $n(A_1)/2$: $\alpha < 0,25$

Questão A_1 com a questão B_2

Número de alunos que erraram A_1 : $n(A_1) = 11$

Número de alunos que acertaram B_2 tendo errado A_1 : $n(B_2) = 3$

Nível de significância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(A_1)/2$: $\alpha < 0,10$

Questão B_1 com a questão A_2

Número de alunos que erraram B_1 : $n(B_1) = 20$

Número de alunos que acertaram A_2 tendo errado B_1 : $n(A_2) = 7$

Nível de significância em que $n(A_2)$ é diferente de $n(B_1)/2$: $\alpha < 0,20$

Questão B_1 com a questão B_2

Número de alunos que erraram B_1 : $n(B_1) = 20$

Número de alunos que acertaram B_2 tendo errado B_1 : $n(B_2) = 7$

Nível de significância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(B_1)/2$: $\alpha < 0,20$

FÍSICA 101, 2º semestre de 1973

Questões com relações de pré-requisitos

Questão A_1 : Soma e decomposição de vetores .

Questão B_1 : Movimento de projéteis

Índice de dificuldade de A_1 : 50%

Índice de discriminação de A_1 : 50%

Índice de dificuldade de B_1 : 55%

Índice de discriminação de B_1 : 64%

Número de alunos que erraram A_1 : $n(A_1) = 33$

Número de alunos que acertaram B_1 tendo errado A_1 : $n(B_1) = 10$

Nível de significância em que $n(B_1)$ é diferente de $n(A_1)/2$: $\alpha < 0,005$

Questão A_2 : Eletrostática

Questão B_2 : Circuitos resistivos

Índice de dificuldade de A_2 : 48%

Índice de discriminação de A_2 : 52%

Índice de dificuldade de B_2 : 63%

Índice de discriminação de B_2 : 60%

Número de alunos que erraram A_2 : $n(A_2) = 28$

Número de alunos que acertaram B_2 tendo errado A_2 : $n(A_2) = 8$

Nível de significância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(A_2)/2$: $\alpha < 0,005$

Questões sem relações de pré-requisitos

Questão A_1 com questão A_2

Número de alunos que erraram A_1 : $n(A_1) = 29$

Número de alunos que acertaram A_2 tendo errado A_1 : $n(A_2) = 13$

Nível de significância em que $n(A_2)$ é diferente de $n(A_1)/2$: $\alpha < 0,30$

Questão A_1 com questão B_2

Número de alunos que erraram A_1 : $n(A_1) = 29$

Número de alunos que acertaram B_2 tendo errado A_1 : $n(B_2) = 12$

Nível de significância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(A_1)/2$: $\alpha < 0,20$

Questão B_1 com questão A_2

Número de alunos que erraram B_1 : $n(B_1) = 30$

Número de alunos que acertaram A_2 tendo errado B_1 : $n(A_2) = 14$

Nível de significância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(B_1)/2$: $\alpha < 0,40$

Questão B_1 com questão B_2

Número de alunos que erraram B_1 : $n(B_1) = 30$

Número de alunos que acertaram B_2 tendo errado B_1 : $n(B_2) = 12$

Nível de significância em que $n(B_2)$ é diferente de $n(B_1)/2$: $\alpha < 0,20$

Estes resultados aparecem de forma condensada na Tabela 2.

DISCIPLINA	QUESTÕES	RELAÇÃO DE PRÉ-REQUISITOS	NÚMERO DE ERROS NA PRIMEIRA QUESTÃO	NÚMERO DE ACERTOS NA SEGUNDA QUESTÃO DENTRE OS QUE ERRARAM A PRIMEIRA	NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA
FÍSICA GERAL I 1975	$A_1; B_1$	Sim	13	3	<0,005
	$A_2; B_2$	Sim	23	7	<0,05
	$A_1; A_2$	Não	11	4	<0,25
	$A_1; B_2$	Não	11	3	<0,10
	$B_1; A_2$	Não	20	7	<0,20
	$B_1; B_2$	Não	20	7	<0,20
FÍSICA 101 1973	$A_1; B_1$	Sim	33	10	<0,005
	$A_2; B_2$	Sim	28	8	<0,005
	$A_1; A_2$	Não	29	13	<0,30
	$A_2; B_2$	Não	29	12	<0,20
	$B_1; A_2$	Não	30	14	<0,40
	$B_1; B_2$	Não	30	12	<0,20

TABELA 2

IV - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Na secção III.3 apresentamos o método que nos levou a obter os resultados contidos na Tabela 1. Esses resultados verificam as duas primeiras hipóteses formuladas.

Os resultados contidos na Tabela 2 foram obtidos a partir de um tratamento diferente do primeiro, conforme expusemos na secção III.4. Esses resultados verificam as duas últimas hipóteses estatísticas, pois os níveis de significância para as questões com relações de pré-requisitos foram sempre menores do que 0,05, e para as questões sem relações de pré-requisitos no mínimo se aproximaram de 0,10. Conforme encontramos nas diversas obras de estatística^{5),6),7),8)} que consultamos, são admissíveis níveis de significância iguais ou menores do que 0,05 para confirmar uma diferença entre dois escores; em casos extremos pode-se aceitar um nível de 0,10, mas já indicará uma probabilidade alta para que a diferença seja apenas obra do acaso.

Um fato interessante observamos na Tabela 2: a questão que envolve o pré-requisito apresenta um índice de dificuldade inferior à outra questão. Na Física Geral I constatamos um crescimento no índice de dificuldade de 30% para 48% nas duas primeiras questões com relação de pré-requisitos e de 56% para 63% nas outras duas questões com relação de pré-requisitos. Na Física 101 esses crescimentos são de 50% para 55% e de 48% para 63%. Esse crescimento no nível de dificuldade novamente confirma as idéias de Ausubel pois o número de alunos que acertaram o pré-requisito deve ser superior ao número de alunos que revelam aprendizagens subseqüentes.

V - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, por verificarem as hipóteses estatísticas formuladas a partir da Teoria Cognitiva da Aprendizagem, constituem-se em argumentos favoráveis às idéias de Ausubel.

Dentre os fatores que podem resultar em fonte de invalidade dos métodos pelos quais atacou-se o problema, destacam-se os instrumentos de medida. Sabe-se que a fidedignidade do instrumento de medida é uma função de sua extensão, conforme a fórmula da Predição de Spearman-Brown (vide Apêndice B). Os instrumentos utilizados foram retirados de um instrumento maior, constituído pela totalidade das questões aplicadas; esse pequeno número de questões utilizadas pode possuir um coeficiente de fidedignidade menor do que o coeficiente calculado para a totalidade das questões (vide secção III.2). Talvez se utilizados instrumentos com fidedignidade maior, constatar-se-ia diferenças maiores entre os coeficientes de correlação e declividade das retas de regressão para conteúdos com e sem relações de pré-requisitos.

Outro fator a ser destacado é o que Ausubel denomina de redução. As medidas da existência dos pré-requisitos na estrutura cognitiva foram feitas em um dado momento; no momento em que esses conhecimentos devem funcionar como ancoragem para as aprendizagens subsequentes, já poderá ter ocorrido o esquecimento. Ou seja, entre o momento em que são detectados os pré-requisitos e o momento em que passam a ser relevantes, poderá ocorrer o processo da redução. Se assim acontecer, a aprendizagem dos conteúdos apre-

sentados muito depois da aprendizagem dos pré-requisitos será difi-cultada; conseqüentemente, os coeficientes determinados para as questões com relações de pré-requisitos ficam diminuídos.

Em qualquer das amostras trabalhadas não foram feitas medidas da estrutura cognitiva dos alunos no início do curso . Esta variável poderá ser relevante se os alunos inicialmente já possuem muitos conhecimentos acerca dos conteúdos da disciplina. En-tretanto, os professores que lecionam em disciplinas básicas do currículo universitário, de um modo geral admitem que os alunos inicialmente pouco ou nada sabem.

Finalmente, destacamos a motivação como uma variável não controlada e que por isso pode ser uma fonte de invalidade do experimento. Não basta que o aluno possua uma estrutura cognitiva adequada; deverá também estar disposto a aprender. A nossa experiência nas diversas disciplinas que serviram de base para esse trabalho, leva-nos a afirmar que o nível de motivação é bastante baixo porque os alunos não as encaram como relevantes ao seu curso. Exceção talvez seja a Física Geral I, onde pode-se perceber um interesse bastante maior do que nas outras.

Um aspecto da teoria que merece ser investigado é o da redução. Medições consecutivas da estrutura cognitiva, espaçadas no tempo, deverão detectar uma perda de dissociabilidade entre os subsunçores e a idéia aprendida significativamente. Por outro lado, o tempo para ocorrer a redução poderia ser medido para os dois tipos de subsunção: derivativa e correlativa. Provavelmente constatar-se-ia um tempo maior quando houve subsunção correlativa do que para a subsunção derivativa porque a redução é mais acentua

da quando a discriminabilidade inicial é pequena.

Conforme admitido por Ausubel, a aprendizagem significativa envolve necessariamente níveis de aptidões intelectuais superiores à memorização. Dessa forma, se os alunos demonstrarem compreensão de determinada idéia ou se forem capazes de aplicá-la estarão evidenciando a ocorrência da aprendizagem significativa. Entretanto, um aluno poderá aprender determinado conteúdo e demonstrar um nível intelectual de aplicação* de tais idéias, enquanto outro poderá chegar apenas ao nível de compreensão. Caberia uma investigação concernente à facilitação da aprendizagem em função do nível de aptidão intelectual atingido pelo aprendiz nos conteúdos subsunçores. É provável que a ancoragem seja mais eficiente se o nível de aptidão intelectual das idéias subsunçoras atingir categorias mais elevadas; em outras palavras, um aluno que atinja o nível de análise provavelmente poderá efetuar uma subsunção mais efetivamente do que um aluno que atingiu um nível inferior, como o de compreensão.

Passamos agora à análise de algumas conseqüências das idéias de Ausubel na formulação de um modelo de ensino-aprendizagem.

Sendo a estrutura cognitiva extremamente importante para a ocorrência da aprendizagem significativa, o modelo de ensino deverá levá-la explicitamente em consideração, a fim de promover alta eficiência.

* Quando nos referimos a níveis de aptidões intelectuais estamos pensando em termos das diversas categorias da Taxonomia de Bloom para o domínio cognitivo e que pode ser encontrada de forma suscinta nas obras 9) e 10).

A estrutura cognitiva é, sem dúvida, uma característica particular, individual, do aluno. O ensino tradicional, constituído na essência por aulas expositivas, dificilmente poderá levar em consideração a estrutura cognitiva de cada aluno. O modelo tradicional pode obedecer uma escala de pré-requisitos: conteúdos relevantes à aprendizagem de outros são apresentados anteriormente.

Apenas uma seqüenciação coerentemente lógica não é o ideal por não garantir que o aluno adquiriu os conceitos subsunções. A distribuição de notas e os índices de aprovação demonstram que apenas alguns alunos conseguem atingir a estrutura cognitiva desejada.

A individualidade da estrutura cognitiva determina uma diferença no tempo necessário à efetivação da aprendizagem em diferentes alunos.

A partir dessas considerações podemos estabelecer dois aspectos importantes que um modelo de ensino-aprendizagem baseado nas idéias de Ausubel deverá conter:

1) Avaliar, sempre que necessário, a estrutura cognitiva do aluno, a fim de determinar a existência dos subsunções e promover realimentação ("feed-back") se os mesmos não forem detectados.

2) Propiciar tempos diferentes para diferentes alunos, para que ocorra a aprendizagem significativa.

Os dois aspectos supracitados conduzem-nos a optar por um modelo de ensino individualizado. Parece-nos que uma boa opção seria uma variante do método Keller^{3),4)}, que incluía uma alternativa para suprir lacunas na estrutura cognitiva e organizadores avançados. Organizadores avançados "são materiais introdutó -

rios caracterizados por serem otimamente claros e estáveis, relevantes e inclusivos do material que se vai ensinar. A principal função dos organizadores avançados é a de estabelecer uma ponte entre o que o aprendiz já conhece e o que ele precisa conhecer, antes de aprender os novos conteúdos"2).

O organizador avançado não é um simples sumário ou visão geral dos materiais a serem aprendidos. Os sumários caracterizam-se normalmente por possuírem o mesmo nível de generalidade, abstração e inclusão. De acordo com Ausubel, os organizadores avançados devem ser apresentados em níveis superiores de abstração, generalização e inclusão. Em outras palavras, o organizador avançado tem as funções de fornecer ou de reavivar os conceitos subsunçores, integrar conceitos semelhantes (pré-existentes) com as novas idéias, aumentar a discriminabilidade entre idéias pré-existentes e as novas idéias.

A seguir, expomos as linhas gerais de um modelo de ensino coerente com as idéias de Ausubel.

a) Estruturação dos Conteúdos em Pequenas Unidades

Idealmente, uma unidade de conteúdo deve envolver apenas os materiais necessários ao estabelecimento de uma nova idéia, pois então é possível promover imediatamente a realimentação, caso seja evidenciada a não aprendizagem. Dessa forma, o estabelecimento da estrutura cognitiva desejada far-se-ia por etapas organizadas segundo a seqüenciação lógica dos conteúdos da disciplina.

b) Organizador Avançado no Início de Cada Unidade

Conforme exposto anteriormente, o organizador a-

vançado tem a função de estabelecer uma ponte entre o que o aluno deve aprender e aquilo que ele já sabe.

c) Teste de Avaliação de Pré-requisitos lógicos Antes de Proceder ao Estudo dos Conteúdos da Unidade

A inexistência de determinados conceitos relevantes à aprendizagem deve ser detectada antes do aluno iniciar o estudo da unidade para que se possa recorrer a

d) Unidades de Apoio que Visam Estabelecer os Pré-requisitos

Essas unidades de apoio têm como objetivo estabelecer os conceitos relevantes, caso seja detectada sua inexistência.

e) O Estudo das Unidades Será Feito Preferencialmente de Forma Individual

Quando o aluno demonstrar conhecimento dos pré-requisitos iniciará o estudo da unidade. Após o organizador avançado, o aluno recebe um roteiro de estudo seguindo a estrutura lógica do material. O organizador avançado, no início da unidade, define entre outros aspectos o que deve ser aprendido; dessa forma, o aluno terá uma orientação bastante objetiva do que é desejado, do que se espera que ele venha a demonstrar no final. Tal orientação é desejável pois o aprendiz poderá saber quando está apto para a avaliação.

f) Avaliação no Final de Cada Unidade

A avaliação no final de cada unidade evidenciará ou não o conhecimento da aprendizagem significativa. Em caso afirmativo

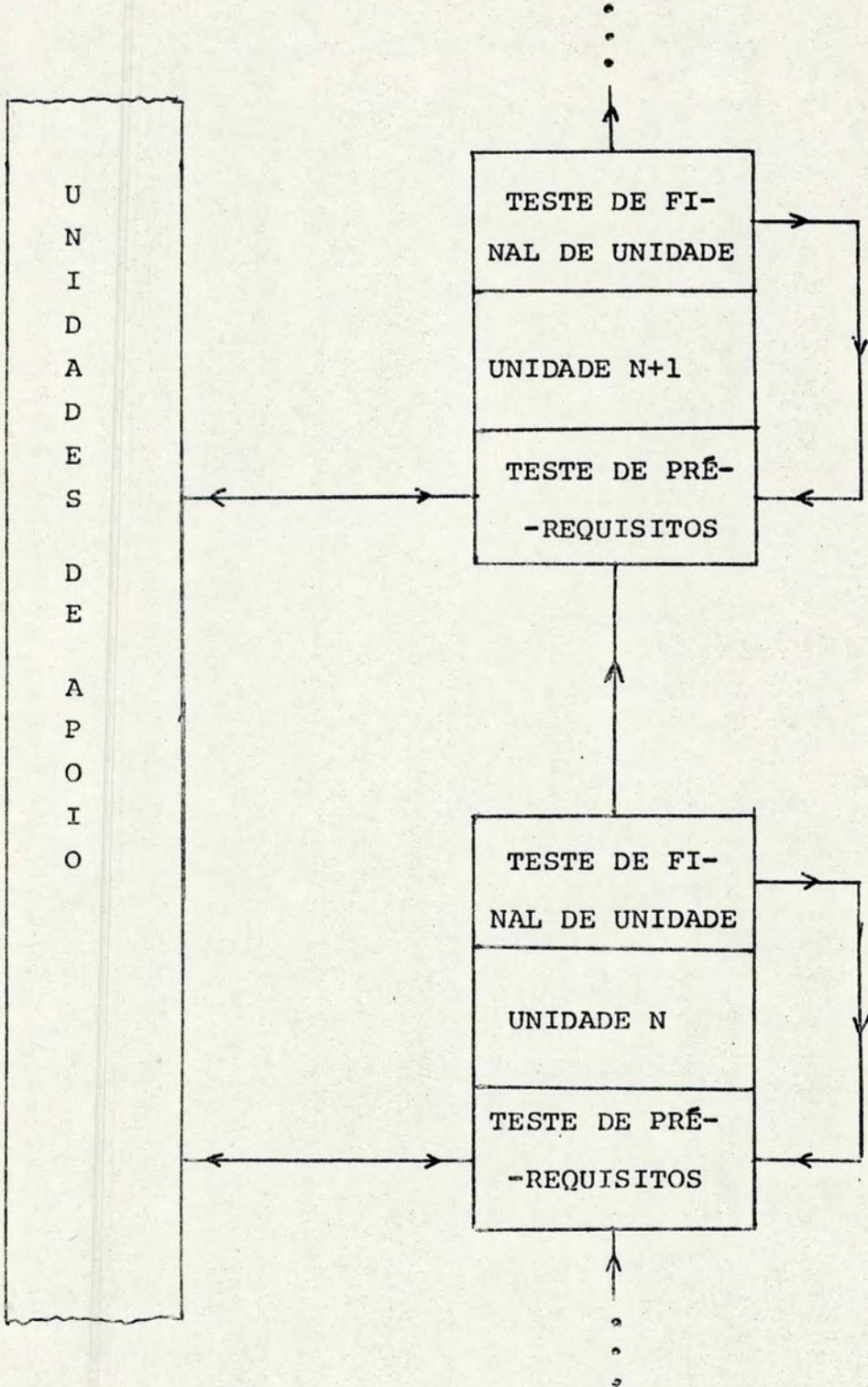


FIGURA 1

mativo, o aluno passará à próxima unidade. De outra forma, se constatado que o aluno não atingiu o esperado, reiniciará a unidade.

A Figura 1 é um diagrama simplificado do modelo de ensino proposto.

Considerações Sobre a Viabilidade Prática do Modelo

O método Keller, aplicado atualmente em disciplinas de Física Geral da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é um modelo de ensino individualizado. Entretanto, da forma como vêm sendo usado, não prevê alternativas para suprir deficiências em pré-requisitos, nem apresenta os organizadores avançados.

Uma adaptação do que já existe, no sentido de incluir algumas unidades paralelas que visem estabelecer os pré-requisitos, parece possível. Tal procedimento tornará mais efetiva a individualização do modelo. Uma comparação amostral entre o que já vem sendo feito e essa nova proposição, em termos de rendimento escolar, poderá servir como testagem das hipóteses de Ausubel.

A introdução do modelo nas disciplinas de Física 101, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por agora parece impraticável. Uma das restrições encontra-se na extensão dos conteúdos da mesma. As pequenas unidades devem envolver uma quantidade mínima de novas informações; sendo o conteúdo da disciplina muito vasto, o número de unidades deverá ser tão grande que se torna impraticável (aumentando o número de unidades, o tempo para abranger todos os conteúdos aumenta, pois o número de testes cresce). Além disso, o modelo proposto exigiria do aluno uma dedicação muito maior do que o modelo tradicional, principalmente se, semelhante -

mente ao método Keller, for exigida mestria para avançar à unidade subsequente (domínio de 100% dos objetivos propostos). Conforme discutido anteriormente, os alunos cursam essa disciplina sem grande motivação (fundamentalmente a motivação se restringe a ter que ser aprovado); dessa forma, ao se exigir muita dedicação dos alunos, ocorrerá um alto nível de desistência.

O primeiro passo a ser dado a fim de individualizar o ensino da Física 101 é a reestruturação dos conteúdos, tornando-os voltados ao curso a que se destinam. Isso deverá ser feito pela eliminação dos conteúdos não relevantes; entretanto, tal eliminação não poderá quebrar a estrutura lógica dos conteúdos, sob pena de haver uma dificuldade da aprendizagem. Por outro lado, uma redefinição dos conteúdos deverá ser feita com assessoramento de especialistas do curso do qual a Física 101 faz parte. É bem provável que esse novo programa venha influir positivamente sobre a motivação dos alunos.

Uma vez estabelecidos quais os conteúdos importantes, passar-se-á à determinação da seqüência mais adequada. Naturalmente, a seqüenciação dos conteúdos deverá possuir um sentido lógico, estabelecendo sempre os subsunçores indispensáveis ao prosseguimento da aprendizagem significativa.

APÊNDICE A

CORRELAÇÃO LINEAR E RETAS DE REGRESSÃO^{5), 6), 7), 8)}

Supondo que se tenha medido duas variáveis X e Y, associando a um dado valor X um valor Y correspondente, haverá uma correlação perfeita entre as variáveis se satisfizerem uma equação linear do tipo $Y = a_1X + a_0$.

As variáveis representadas em um diagrama de dispersão (figura 1) deverão determinar pontos situados sobre uma reta.

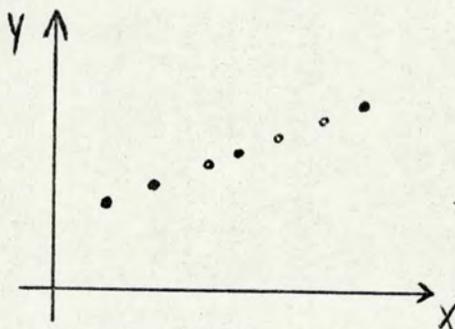


Figura 1

A figura 2 representa o diagrama de dispersão de duas variáveis sem correlação.

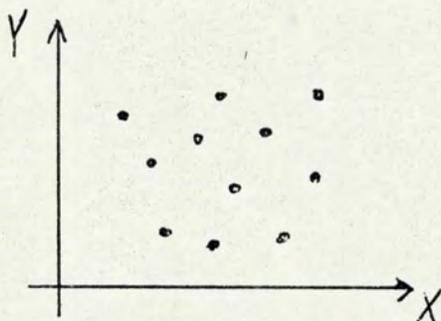


Figura 2

A figura 3 representa o diagrama de dispersão de duas

variáveis com correlação imperfeita.

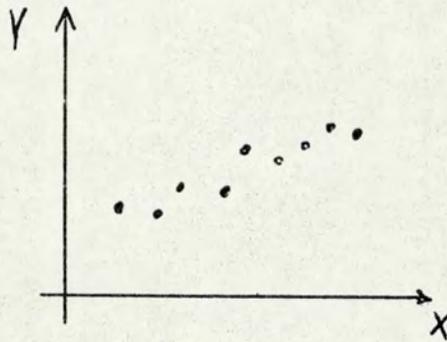


Figura 3

O grau de correlação pode ser determinado quantitativa_{mente} pelo coeficiente de correlação de Pearson, dado pela equação abaixo:

$$r_{XY} = \frac{\sum xy}{(\sum x^2 \sum y^2)^{1/2}} \quad (\text{A.1})$$

onde x e y representam, respectivamente, os desvios em relação ao valor médio de X (\bar{X}) e Y (\bar{Y}). Ou seja,

$$x = X - \bar{X} \quad (\text{A.2a})$$

$$y = Y - \bar{Y}$$

Supondo que haja uma correlação perfeita entre X e Y , tem-se:

$$Y = a_1 X + a_0 \quad (\text{A.3a})$$

$$\bar{Y} = a_1 \bar{X} + a_0 \quad (\text{A.3b})$$

Substituindo-se as equações (A.3a) e (A.3b) na equação (A.2b) chega-se à equação (A.4)

$$y = |(a_1 X + a_0) - (a_1 \bar{X} + a_0)|$$

(A.4)

$$y = a_1 |X - \bar{X}| = a_1 x$$

Substituindo-se a equação (A.4) na equação de definição do coeficiente de correlação:

$$\begin{aligned} r_{XY} &= \frac{\sum x a_1 x}{(\sum x^2 \sum a_1^2 x^2)^{1/2}} = \frac{a_1 \sum x^2}{(a_1^2 \sum x^2 \sum x^2)^{1/2}} \\ &= \frac{a_1}{|a_1|} \frac{\sum x^2}{\sum x^2} = \frac{a_1}{|a_1|} \\ &= \begin{cases} 1 & \text{se } a_1 > 0 \\ -1 & \text{se } a_1 < 0 \end{cases} \end{aligned}$$

Dessa forma, uma correlação perfeita positiva entre X e Y resulta no valor 1 para o coeficiente de Pearson. Sendo a correlação perfeita negativa, o coeficiente será -1.

Coefficientes entre 1 e -1 representam correlações imperfeitas. Um coeficiente nulo representa nenhuma correlação.

A reta de regressão é uma reta que melhor se ajusta aos pontos do diagrama de dispersão. Essa reta pode ser determinada quantitativamente sabendo-se que em relação a ela a soma dos desvios quadráticos é um mínimo. Realmente, tendo-se correlações imperfeitas é sempre possível traçar duas retas que satisfaçam a condição de mínimo; uma delas é chamada reta de regressão de Y contra X e a outra reta de regressão de X contra Y.

A primeira das retas permite estimar valores de Y a partir de valores conhecidos de X ; a segunda, estimar valores de X a partir de valores conhecidos de Y .

É possível demonstrar que a declividade da reta de regressão de Y contra X vale:

$$m_Y = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (\text{A.5})$$

e da reta de regressão de X contra Y :

$$m_X = \frac{\sum xy}{\sum y^2} \quad (\text{A.6})$$

A existência de correlação entre duas variáveis não implica em relação de causalidade entre elas; simplesmente implica que X e Y variam de maneira perfeitamente concordante se $r_{XY} = 1$. Logicamente, as variações de X podem ser causadas pelas variações de Y ou as variações de Y pelas de X ou, finalmente, as variações de X e Y podem ser causadas por uma terceira variável Z .

Por outro lado, se existir uma relação de causalidade entre duas variáveis X e Y , elas deverão estar correlacionadas. Uma variação na variável X implicará necessariamente em uma variação na variável Y .

APÊNDICE B

FIDEDIGNIDADE E VALIDADE DE UM TESTE^{8),9),10)}

"Uma nota de teste é considerada fidedigna quando se tem razão para acreditar que seja invariável e exata".⁹⁾

"A validade de um teste, ou de qualquer instrumento de medida, depende da fidedignidade com que mede o que tem a medir. Uma régua simples é inteiramente válida quando as medições feitas por ela são aferidas em termos de unidade de medida que se equivalha em grau de precisão".⁹⁾

A diferença entre validade e fidedignidade pode ser exemplificada da seguinte maneira: suponhamos que uma arma dispare diversas vezes contra um alvo; se os diversos projéteis se localizarem muito próximos uns dos outros, a arma será considerada fidedigna e, sendo essa localização muito próxima do centro do alvo, a arma será considerada válida.

Pelo exemplo acima fica bem claro que um teste válido deverá ser fidedigno, não sendo necessariamente a recíproca verdadeira.

Denomina-se coeficiente de fidedignidade (representado pela letra *f*) de um teste ao coeficiente de correlação desse teste com ele mesmo (autocorrelação).

Uma das formas de determinar o coeficiente de fidedignidade é o chamado método das duas metades. O teste é dividido em duas partes equivalentes e é determinado o coeficiente de correlação entre elas. O processo mais utilizado para fazer essa divisão é considerar as questões pares como um subteste e as ímpares como

outro. A partir da correlação entre os subtestes, calcula-se a autocorrelação do teste completo pela fórmula da Predição de Spearman-Brown, que está transcrita abaixo.

$$r_K = \frac{k r}{1 + (k-1) r}$$

onde: r é a correlação conhecida

k é o fator de proporcionalidade entre a extensão do teste completo e do subteste

r_K é a correlação procurada

Logo, a partir da fórmula acima, encontramos, para a autocorrelação (coeficiente de fidedignidade)

$$f = \frac{2 r}{1 + (2-1) r} = \frac{2 r}{1 + r}$$

se substituirmos k por dois.

A fórmula da Predição de Spearman-Brown também pode ser utilizada para avaliar a fidedignidade de um subteste retirado de um teste do qual se conhece a fidedignidade, ou seja

$$f_K = \frac{K f}{1 + (K-1) f}$$

onde: f é o coeficiente de fidedignidade do teste completo

k é a razão entre o número de questões do subteste pelo número de questões do teste completo

f_K é a fidedignidade do subteste

O valor desejável para o coeficiente de fidedignidade

dos testes que servirão para determinar tendências de grupos de indivíduos (por exemplo, média), deve ser superior a 0,6. Para diagnose individual exige-se testes com coeficientes na ordem de 0,9.

Os critérios para estabelecer se um teste é válido são muitos. Um desses critérios é o da "validade de conteúdo": se o teste abrange aquilo que deve medir, se é logicamente construído então é considerado válido. Um critério mais sofisticado e mais correto para determinar a validade de um teste é determinando a correlação desse teste com outro instrumento, já sabidamente válido.

Conforme já dito anteriormente, a validade depende da fidedignidade. Quantitativamente a máxima validade que um instrumento pode ter é igual à raiz quadrada da fidedignidade. Por exemplo, se a fidedignidade é 0,81, então a máxima validade será 0,9.

APÊNDICE C

TESTES DE HIPÓTESE E NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA^{6), 7), 8)}

A partir de informações amostrais pode-se tomar decisões estatísticas acerca das populações. Por exemplo, pode-se decidir com base em dados amostrais se um modelo de ensino é superior a outro, se um instrumento de medida é melhor que outro.

A forma de melhor conduzir a uma decisão é através da formulação de uma hipótese relativa às populações que interessam. Esta hipótese poderá ou não ser verdadeira e é chamada de hipótese estatística.

"Se uma hipótese for rejeitada quando deveria ser aceita, diz-se que foi cometido erro do Tipo I. Se, por outro lado, for aceita uma hipótese que deveria ser rejeitada, diz-se que foi cometido erro do tipo II".⁷⁾

"Ao testar uma hipótese estabelecida, a probabilidade máxima à qual se sujeitaria a correr o risco de um erro do Tipo I é denominada nível de significância do teste".⁷⁾

Se o nível de significância for 0,05, então há cinco probabilidades em cem da hipótese ser rejeitada quando deveria ser aceita. Ou seja, a certeza a respeito da hipótese é de 95%. É importante notar que qualquer julgamento não será absoluto, mas sua segurança aumentará quando o nível de significância diminuir.

O cálculo do nível de significância é possível pela aplicação da "teoria das pequenas amostras" de Student. Apresentamos a seguir um exemplo.

Coeficiente de correlação

A turma de Física Geral IV, constituída de 28 alunos, teve um coeficiente de correlação de 0,68 para conteúdos com relações lógicas de pré-requisitos. Queremos saber em que nível de significância esse coeficiente é diferente de zero.

De acordo com o exposto na obra "Estatística" de Murray R. Spiegel, devemos determinar o escore "t" para o coeficiente de correlação, e que é dado por:

$$t = \frac{r \sqrt{N-2}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

onde r é o coeficiente de correlação

N o número de alunos

N-2 o número de graus de liberdade

$$t = \frac{0,68 \sqrt{28-2}}{\sqrt{1 - 0,68^2}}$$

$$t = 4,73$$

Procurando na tabela dos escores "t" encontramos que no nível 0,005 ou 0,5%, para 26 graus de liberdade, $t = 2,78$. Como 4,73 é maior do que 2,78, o coeficiente de correlação é diferente de zero em nível de significância inferior a 0,5%.

APÊNDICE D

QUESTÕES DE ESCOLHA MÚLTIPLA

Entre as possibilidades de questões para testes objetivos, existem as questões de Escolha Múltipla.

As Questões de Escolha Múltipla podem ainda estar divididas em diversas categorias, entre elas as de Resposta Única e Resposta Múltipla.

Questões de Resposta Única possuem um enunciado seguido de cinco alternativas, discriminadas pelas cinco primeiras letras do alfabeto. O aluno deverá assinalar a alternativa que melhor corresponde ao enunciado.

Exemplos:

1) Um pêndulo simples de 10 m de comprimento oscila com um período de 6,28 s quando sua amplitude é 5 cm. Se a amplitude for aumentada para 10 cm, qual o seu período?

- a) 12,56 s
- b) 6,28 s
- c) 3,14 s
- d) 1,57 s
- e) 25,12 s

2) Dois cilindros do mesmo material possuem respectivamente comprimento L e $3L$ e raios de seção reta R e $2R$.

Quando submetidos à mesma tensão, o primeiro sofrerá uma deformação igual a

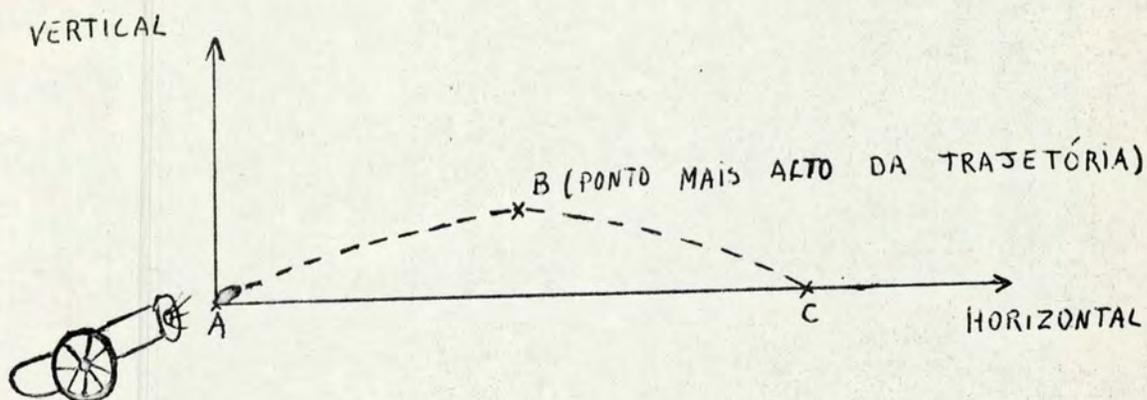
- a) $2/9$ da deformação do segundo
- b) $3/4$ da deformação do segundo

- c) $\frac{4}{3}$ da deformação do segundo
- d) $\frac{3}{2}$ da deformação do segundo
- e) $\frac{2}{3}$ da deformação do segundo

Questões de Resposta Múltipla possuem um enunciado seguido por três alternativas, discriminadas pelos três primeiros algarismos romanos. O aluno deverá encontrar qual ou quais das alternativas referem-se corretamente ao enunciado proposto (exclue-se a possibilidade de nenhuma alternativa correta).

Exemplos:

1) A figura abaixo representa a trajetória de um projétil disparado por um canhão.



Desconsiderando-se forças dissipativas sobre o projétil, pode-se afirmar:

I) Em B a componente vertical da velocidade do projétil é nula.

II) Em A a componente vertical da velocidade do projétil possui a mesma direção e intensidade que em C, mas sentido contrário.

III) Em A, B e C a componente horizontal da velocidade

do projétil é a mesma.

2) Forneceu-se a uma amostra de gás hélio uma quantidade de calor igual a 0,2 kcal e foi realizado sobre ela um trabalho de 840 J. Então

I) A transformação que o gás sofre é isométrica.

II) A variação da energia interna do gás é 1680 J.

III) A temperatura do gás aumentou na transformação.

Os exemplos foram retirados de provas aplicadas nas diversas disciplinas e que serviram de instrumentos de medida para a pesquisa.

APÊNDICE E

ANÁLISE DE QUESTÕES⁹⁾ e 10)

Das questões de escolha múltipla, após a sua aplicação, pode-se obter, entre outras, duas informações importantes: nível geral de dificuldade de cada questão; seu poder de discriminação, ou seja, até que ponto uma particular questão distingue entre os alunos que se saíram bem no teste total e os que se saíram mal.

O nível de dificuldade é medido pelo índice de dificuldade: razão entre o número de alunos que erraram a questão pelo número total de alunos. De acordo com essa definição é óbvio que o índice de dificuldade poderá ter qualquer valor entre zero e um. Quanto maior o índice, mais difícil é a questão.

Uma questão com índice de dificuldade igual a um ou a zero não discrimina entre os alunos que se saíram bem no teste total e os que se saíram mal. Sob esse aspecto deseja-se que uma questão não possua valores próximos dos extremos para o índice de dificuldade; valores desejáveis encontram-se no entorno de 0,50 ou 50%.

O poder de discriminação de uma questão não é totalmente informado pelo índice de dificuldade. Vejamos um exemplo: a questão A e a questão B possuem o mesmo índice de dificuldade, ou seja, 40%. Na questão A, os alunos situados no grupo superior de acordo com o desempenho em todo o teste (por grupo superior entende-se 27% dos alunos que se situam no extremo superior da distribuição de notas) são 20, dos quais 16 acertaram essa questão; no grupo inferior (27% dos alunos situados no extremo inferior da dis

tribuição de notas) também há 20 alunos, dos quais 2 acertaram a questão A. Sintetizando, 80% do grupo superior e 10% do grupo inferior acertou a questão A. A mesma análise aplicada à questão B revela que 60% do grupo superior e 30% do grupo inferior acertou a segunda questão. Ora, é óbvio que a questão A discrimina melhor entre os melhores e piores desempenhos, porque houve maior porcentagem de acertos no grupo superior e menor no inferior para a questão A do que para a B.

Define-se convenientemente um índice de discriminação da seguinte forma: diferença entre a porcentagem de acertos no grupo superior e no grupo inferior para uma dada questão. Dessa forma o índice de discriminação da questão A é 70% e da questão B 30%.

O índice de discriminação pode adquirir qualquer valor entre -1 (-100%) e 1 (100%). Considera-se como desejável índice de discriminação de 0,40 (40%) para cima; entretanto, são aceitáveis índices de até 0,30 (30%). Índices inferiores a 0,30 revelam algum problema na questão, devendo a mesma ser revisada em vista de uma futura reaplicação.

BIBLIOGRAFIA

1. Ausubel, D.P., 1968, "Educational Psychology: A Cognitive View", Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
2. Oliveira, J.B.A., 1973, "Tecnologia Educacional", Editora Vozes, Rio de Janeiro.
3. Keller, F.S., 1968, "Good-bye, Teacher...", Journal of Applied Behavioral Analysis, 1968, 1, 79-89.
4. Moreira, M.A., "The Keller Plan", UFRGS, Porto Alegre (mimeografado).
5. Smith, M., 1970, "Estadística Simplificada para Psicólogos y Educadores", El Manual Moderno S.A., México.
6. Spiegel, M.R., 1974, "Estatística", Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda., MEC, Brasília.
7. Nick, E. e Kellner, S.R.O., 1971, "Fundamentos de Estatística para as Ciências do Comportamento", Editora Renes Ltda., Rio de Janeiro.
8. Garrett, H., 1962, "Estatística na Psicologia e na Educação", Vol. 1 e 2, Editora Fundo de Cultura S.A., Rio de Janeiro.
9. Vianna, H.M., 1973, "Testes em Educação", IBRASA, São Paulo.
10. Lindemann, R.H., 1972, "Medidas Educacionais", Editora Globo, Porto Alegre.