

Instrumentos de Medida para o Mapeamento Cognitivo de Conceitos Físicos*†

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS

Departamento de Física Teórica e Experimental, UFRN, 59000 Natal, RN

e

MARCO ANTONIO MOREIRA

Instituto de Física, UFRGS, 90000 Porto Alegre, RS

Recebido em 25 de Maio de 1979

Concept association tests are proposed as instruments that provide proximity, or similarity, measures among physical concepts with which a "cognitive mapping" of the conceptual structure given by the students to the concepts studied in a certain topic might be obtained. The paper focuses specially on the description of two types of tests: numerical association and written association of concepts.

Testes de associação de conceitos são propostos como instrumentos que fornecem medidas de proximidade, ou similaridade, entre conceitos físicos, através das quais se pode obter um "mapeamento cognitivo" da organização conceitual dada pelos alunos aos conceitos estudados em um certo conteúdo. O trabalho detém-se principalmente na descrição de dois tipos de testes: associação numérica e associação escrita de conceitos.

* Trabalho parcialmente financiado pela FINEP

† Versão preliminar e reduzida deste trabalho foi apresentada no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio, 8 a 12 de janeiro de 1979, sob a forma de comunicação intitulada "Mapeamento Cognitivo: INSTRUMENTOS DE MEDIDA".

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por Mapeamento Cognitivo a representação da organização conceitual de um certo corpo de conhecimento na mente das pessoas.

Tal organização conceitual, ou Estrutura Cognitiva, pode, numa primeira aproximação, ser visualizada através de um modelo geométrico simples, onde conceitos são representados por pontos numa configuração espacial.

As distâncias entre os pontos dessa configuração são proporcionais aos graus de relacionamento entre os conceitos.

Assim, conceitos bastante relacionados são representados por pontos bem próximos enquanto que conceitos pouco relacionados são representados por pontos afastados.

Definindo o modelo, resta-nos desenvolver e testar técnicas de medidas para sua investigação.

No ensino de ciências de um modo geral, e no de Física em particular, a solução de problemas tem sido largamente usada para investigar a aquisição de conhecimento conceitual.

Entretanto, no caso de uma pesquisa sobre estrutura cognitiva o que se procura é justamente informações sobre essa estrutura e não sobre a aquisição de conceitos em si nem sobre como esses conceitos são utilizados na solução de problemas. O que se pretende investigar é a capacidade do aluno para relacionar, diferenciar e estruturar hierarquicamente um dado conjunto de conceitos. Como ele vai utilizar essa estrutura para resolver um problema é outro assunto.

A solução de um problema envolve não só a utilização da estrutura adquirida mas também outras habilidades tais como capacidade de raciocínio, perseverança, flexibilidade, improvisação e intuição. Há, portanto, necessidade de um controle de variáveis bastante complicado e por isso mesmo talvez ineficiente no estágio atual das pesquisas nessa área.

Instrumentos que parecem adequados para a investigação da estrutura cognitiva, são os chamados testes de associação de palavras, os quais têm apresentado bons resultados na investigação da organização conceitual na memória [T58], [GH63], [BP70], [Sh72], [Sh73], [Pr76] e [RP76].

Conforme a literatura, os testes de associação numérica e associação escrita de conceitos, descritos a seguir, têm sido os mais usados, porém, não se conhece qualquer análise comparativa de suas aplicações, na área de ciências.

O teste de associação numérica de conceitos (TANC), quando aplicado em experimentos de percepção sensorial, particularmente a auditiva e a visual, tem apresentado resultados, na medida em que as características físicas dos estímulos psicológicos (cor e som) foram reproduzidas pela análise estatística [BP70], [IK60], [IU60].

Nesse sentido, é razoável supor que se a organização de um conjunto de conceitos na mente das pessoas obedece a uma certa estrutura, essa estrutura será refletida pelas medidas do TANC.

2. TESTE DE ASSOCIAÇÃO NUMÉRICA DE CONCEITOS (TANC)

2.1. Coleta de Dados

Formam-se todos os possíveis pares de conceitos selecionados para a pesquisa, distribuindo-os aleatoriamente.

Cada par de conceitos é seguido por uma escala de 1 a 7, 1 significando o mais alto grau de relacionamento entre os conceitos de um par, de acordo com o ponto de vista do estudante, e 7 representando o menor grau de relacionamento.

Isto é, quando dois conceitos de um par são extremamente relacionados, o estudante deve marcar o número 1. Em caso contrário marcará o 7.

Os números de 2 a 6 representam situações intermediárias. O TANC não tem limite de tempo.

Um exemplo deste teste, com as instruções dadas aos alunos, encontra-se no apêndice A.

2.2. Análise dos Dados

O TANC fornece uma medida direta do grau de relacionamento entre os conceitos, de modo que os dados são diretamente introduzidos nos programas de análise multidimensional (AMD) [SM79a] e nos de análise de agrupamentos hierárquicos (AAH) [SM79b].

AMD é uma técnica de ajuste capaz de fornecer uma representação espacial de um conjunto de conceitos, a partir das medidas de similaridade entre eles.

AAH, por outro lado, fornece uma representação dos conceitos em termos de uma hierarquia no agrupamento dos mesmos.

3. TESTE DE ASSOCIAÇÃO ESCRITA DE CONCEITOS (TAEC)

Com a aplicação do TAEC, tenta-se investigar até que ponto a organização conceitual pode ser refletida através da associação verbal.

Ainda existem algumas questões em aberto com relação a esse teste, de modo que esse estudo é uma tentativa de contribuir para uma melhor compreensão desse instrumento.

3.1. Coleta de Dados

Cada um dos conceitos selecionados para a pesquisa (conceito-chave) é apresentado no topo de uma folha, e os sujeitos devem escrever logo abaixo tantos conceitos (ou palavras) quantos puderem associar ao conceito dado, num certo tempo.

A tarefa é geralmente feita em um minuto para cada conceito-chave.

Uma folha exemplo do TAEC com as instruções dadas aos alunos, encontra-se no Apêndice B.

3.2. Análise dos Dados

Os dados do TAEC são transformados numa matriz de similaridades, onde os elementos são os coeficientes de relacionamento entre os conceitos. Este coeficiente, definido por Garskof e Houston [GH63], varia de 0 a 1.

Sua validade está vinculada à premissa de que o grau de relacionamento ou medida de similaridade entre dois conceitos varia com a ordem hierárquica dos conceitos ou palavras associadas a esses conceitos.

Tanto o número como a posição dos conceitos associados a um par de conceitos-chave são levados em conta na definição do coeficiente de relacionamento.

Vejamos agora a definição do coeficiente de relacionamento ou medida de similaridade S_{uv} , entre os conceitos u e v .

Sejam u e v dois conceitos-chave, e A e B as sequências de conceitos associados.

$$A = (u, a_2, \dots, a_j, \dots, a_m)$$

$$B = (v, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n), \quad n \geq m.$$

A cada elemento a_j de A , na j -ésima posição, atribui-se o valor $(n - j + 1)^p$, onde n é o número de elementos em B , e p é um número positivo fixo ($p \geq 0$).

Da mesma forma, a b_i na i -ésima posição de B , atribui-se o valor $(n - i + 1)^p$.

Isto significa que o valor atribuído aos conceitos-chave é n^p . A "importância psicológica" de cada conceito associado é uma função da sua ordem de emissão. O peso p caracteriza essa propriedade.

Quanto maior o valor de p , maior será o peso dado aos primeiros conceitos associados.

O adequado valor de p depende das características dos conceitos-chave. Quando eles possuem conceitos associados dominantes exigem um alto valor de p .

Na realidade, esta é ainda uma questão em aberto, e não se conhece, até o momento, qualquer tentativa de estabelecer critérios objetivos para a escolha do valor de p .

No presente trabalho, utilizamos um critério baseado no ajuste da configuração, através da análise multidimensional. Isto é, consideramos $p = 1, 2, 3$ e aquele valor que proporcionou o melhor ajuste foi tomado como valor mais adequado.

Com a atribuição de valores para as posições dos conceitos, podemos construir os vetores

$$\vec{A} = \vec{B} = (n^p, (n-1)^p, \dots, 1).$$

Por outro lado, o conjunto de intersecção,

$$C = (c_1, c_2, \dots, c_k),$$

dos conjuntos A e B , permite construir os vetores \vec{A} e \vec{B} , simplesmente substituindo cada elemento de C , pelo correspondente elemento de \vec{A} e \vec{B} , respectivamente.

$A \cdot B$ é um número que reflete a intersecção dos conjuntos A e B .

Mostra-se [578] que a intersecção máxima possível é dada por

$$\vec{A}' \cdot \vec{B}' = \vec{A} \cdot \vec{B} - [n^p - (n-1)^p]^2.$$

Define-se a medida de similaridade, S_{uv} , entre os conceitos u e v , como a razão entre a intersecção obtida, $\vec{A}' \cdot \vec{B}'$, e máxima possível $\vec{A}' \cdot \vec{B}'$.

$$S_{uv} = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{\vec{A} \cdot \vec{A} - [n^p - (n-1)^p]^2},$$

$$0 \leq S_{uv} \leq 1.$$

Então, dado um conjunto de sequências de conceitos associados aos conceitos-chave, podemos construir a matriz de similaridade S , cujos elementos são os S_{uv} .

Tal matriz poderá ser analisada por um dos algoritmos de análise multidimensional ou pela análise de agrupamentos hierárquicos, para fornecer o mapeamento cognitivo do grupo de alunos, conforme consta em outros trabalhos dos autores [SM79a] e [SM79b].

4. OUTROS TIPOS DE TESTES

A título de informação é incluída aqui uma descrição sucinta de outros tipos de testes que podem também ser usados como instrumentos de medida para o mapeamento cognitivo [Po77].

4.1. Árvore Conceitual

O aluno recebe uma lista de conceitos em ordem alfabética e é solicitada a escolher nessa lista os dois conceitos que estão mais relacionados entre si. Esses dois conceitos devem então ser escritos no meio de uma folha em branco e unidos por uma linha que recebe o número 1. A seguir, o aluno tem duas opções:

a) procurar entre os conceitos restantes na lista aquele que estiver mais relacionado a um dos dois escolhidos anteriormente e a ele ligá-lo através de uma linha que recebe o número 2, e assim por diante;

b) se existirem na lista dois conceitos que estão mais relacionados entre si do que com qualquer conceito da árvore iniciada com o primeiro par, uma nova árvore pode ser começada com esse novo par.

Continua-se então a adicionar conceitos à(s) árvore(s) seguindo uma dessas regras ou uma terceira opção:

c) ligar árvores quando dois conceitos em árvores já existentes que estiverem mais relacionados entre si do que qualquer dos conceitos restantes da lista com um dos conceitos já pertencentes a uma árvore.

Cada linha ligando conceitos ou árvores é numerada de acordo com a ordem em que foi traçada. A partir desses números determina-se a "similaridade" entre cada par de conceitos e constrói-se uma matriz de similaridades que pode ser analisada através da análise multidimensional ou da análise de agrupamentos hierárquicos.

4.2. Mapa Conceitual

O aluno recebe um conjunto de etiquetas gomadas, cada uma delas com um conceito escrito. Deve então dispor os conceitos em uma folha de papel agrupando os mais relacionados. (A distribuição espacial assim obtida dá uma idéia de como o aluno vê esses conceitos uns em relação aos outros.) Após ter chegado a uma distribuição que julga satisfatória, o aluno deve colar as etiquetas no papel e traçar linhas ligando os conceitos que achar diretamente relacionados.

A similaridade entre cada par de conceitos pode ser obtida, por exemplo, através do menor número de linhas ligando os conceitos do par. Constrói-se assim uma matriz de similaridades passível de análise pelas técnicas já mencionadas.

4.3. Proposição Conceitual

O objetivo do teste é eliciar proposições relacionando dois ou mais conceitos. Existem várias maneiras de aplicar este teste. Por exemplo:

a) São dados dois conceitos e o aluno é solicitado a escrever um parágrafo dizendo tudo o que sabe sobre os mesmos.

b) São dados dois conceitos e o aluno deve usá-los numa frase que reflita a relação existente entre os mesmos.

c) É dada uma frase descrevendo a relação entre dois conceitos, com a qual o aluno deve concordar ou discordar justificando

porque. As frases usadas na justificativa são as proposições a serem analisadas.

A análise das proposições pode ser feita convertendo as frases em diagramas e estes em digrafos [HN65] a partir dos quais se obtém a matriz de similaridades.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho deteve-se principalmente na descrição de dois testes de associação de conceitos, TANC e TAEC, os quais vêm sendo utilizados em pesquisas sobre estrutura cognitiva no Instituto de Física da UFRGS [M77], [S78], [SM79a] e [SM79b].

Resultados apresentados na literatura, mostram que o TANC é um bom instrumento de acesso à estrutura cognitiva, particularmente, quando aplicado à experimentos de percepção auditiva [BP70] e percepção visual [IK70] e [IU60].

Por outro lado, o TAEC tem sido largamente usado em investigações da estrutura cognitiva de conceitos físicos [Sh72], [Sh73] [M77] e [Pr76], porém a primeira tentativa de comparar os resultados do TANC e do TAEC surgiu com o trabalho de Santos [S78], cujos resultados sugerem que o TAEC é influenciado por uma "componente semântica". Isto é, dois conceitos podem ser fortemente associados simplesmente pelo fato de suas denominações terem significados semelhantes na linguagem cotidiana.

Todos os testes descritos neste trabalho supõem apenas que a estrutura cognitiva é formada de "nodos conceituais" interrelacionados, através de relações não especificadas, uns com os outros (certamente esta suposição é discutível, porém isso foge ao escopo do trabalho) e foram propostos como instrumentos de medida para investigar essa estrutura.

REFERÊNCIAS

- BP70 Bricker, P.D. & Pruzansky, S. *A comparison of sorting and pair-wise similarity judgment techniques for scaling auditory stimuli*. Murray Hill, Bell Telephone Laboratories, 1970. p.1-9. Mimeografado.
- GH63 Garskof, B.E. & Houston, J.P. Measurement of verbal relatedness ; and idiographic approach. *Psychological Review*, Washington, 70(3): 277-88, 1963.
- HNC65 Harary, F., Norman, R.Z. & Cartwright, T.D. *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*. New York: John Wiley, 1965.
- IK60 Indow, T. & Kanazawa, K. Multidimensional mapping of Munsell colors varying in hue, chroma, and value. *Journal of Experimental Psychology*, Washington, 59(5):330-6, 1960.
- IU60 Indow, T. & Uchizono, T. Multidimensional mapping of Munsell colors varying in hue and chroma. *Journal of Experimental Psychology*, Washington, 59(5):321-9, 1960.
- M77 Moreira, M.A. *An Ausubelian approach to physics instruction: an experiment in an introductory college course in electromagnetism*. Ithaca, Cornell University, 1977. Tese de Doutorado.
- Po77 Posner, G.J. *The Assessment of Cognitive Structure*. Curriculum Series Research Report Nº 5. Ithaca, New York, Cornell University, 1977.
- Pr76 Preece, P.F.W. Mapping cognitive structure; a comparison of methods. *Journal of Educational Psychology*, Washington, 68(1): 1-8, 1976.
- RP76 Rudnitsky, A.N. & Posner, G.J. *The effect of content sequence on student learning*. Ithaca, Cornell University, 1976. Trabalho apresentado na 1976 Annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Sh72 Shavelson, R.J. Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, Washington, 63(3):225-34, 1972.
- Sh73 Shavelson, R.J. Learning from physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, 10(2):101-11, 1973.
- Sh74 Shavelson, R.J. Methods for examining representations of a sub-

- ject-matter structure in a student's memory. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, 11(3):231-49, 1974.
- SM79a Santos, C.A. & Moreira, M.A. *Mapeamento Cognitivo: ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL*. Comunicação apresentada no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 08-12 de janeiro de 1979, Rio de Janeiro.
- SM79b Santos, C.A. & Moreira, M.A. *Mapeamento Cognitivo: ANÁLISE DE GRUPAMENTOS HIERÁRQUICOS*. Comunicação apresentada no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 08-12 de janeiro de 1979, Rio de Janeiro.
- S78 Santos, C.A. *Aplicação da Análise Multidimensional e da Análise de Agrupamentos Hierárquicos ao Mapeamento Cognitivo de Conceitos Físicos*. Porto Alegre, Instituto de Física, 1978. Dissertação de Mestrado.
- T58 Togerson, W.S. *Theory and methods of scaling*. New York, John Wiley, 1958. cap.11.

APÊNDICE A

TESTE DE ASSOCIAÇÃO NUMÉRICA DE CONCEITOS (TANC)

Instruções

Este teste destina-se a verificar com que grau de intensidade você relaciona ou associa certos conceitos físicos. A página seguinte conterá um certo número de pares de conceitos. Ao lado de cada par existe uma escala numérica que vai de 1 a 7. Nessa escala, 1 corresponde a um alto grau de relacionamento entre os conceitos (e.g., carga elétrica e campo elétrico, corrente e resistência) e 7 a praticamente nenhuma relação (e.g., momento e volume). Se você achar que os conceitos de um determinado par estiverem intimamente relacionados coloque um X sobre o número 1 da escala. Por outro lado, se na sua opinião um conceito do par não tiver nada a ver com o outro coloque o X no número 7. Estas são as duas situações extremas, os números entre 1 e 7 refletem situações intermediárias: quanto mais perto de 1 você colocar o X maior

é o relacionamento que você vê entre os conceitos e quanto mais perto de 7 menor esse relacionamento. (Não há limite de tempo para este teste).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Calor - Energia | | | | | | | |
| Trabalho - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Energia - Variável de Estado | | | | | | | |
| Variável de Estado - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Calor - Trabalho | | | | | | | |
| Temperatura - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Temperatura - Entropia | | | | | | | |
| Temperatura - Calor | | | | | | | |
| Temperatura - Calor Específico | | | | | | | |
| Energia - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Entropia - Variável de Estado | | | | | | | |
| Entropia - Trabalho | | | | | | | |
| Calor - Entropia | | | | | | | |
| Entropia - Energia | | | | | | | |
| Entropia - Calor Específico | | | | | | | |
| Entropia - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Temperatura - Variável de Estado | | | | | | | |
| Calor - Variável de Estado | | | | | | | |
| Trabalho - Variável de Estado | | | | | | | |
| Calor Específico - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Trabalho - Calor Específico | | | | | | | |
| Temperatura-Energia | | | | | | | |
| Calor Específico - Variável de Estado | | | | | | | |
| Trabalho - Energia | | | | | | | |
| Calor - Calor Específico | | | | | | | |
| Energia - Calor Específico | | | | | | | |
| Calor - Equilíbrio Térmico | | | | | | | |
| Temperatura - Trabalho | | | | | | | |

TESTE DE ASSOCIAÇÃO ESCRITA E CONCEITOS (TAEC)

Instruções

Este teste destina-se a verificar quantos conceitos físicos você é capaz de associar a um dado conceito num determinado tempo. Nós lhe daremos uma palavra (ou palavras) que representa(m) um conceito físico e você deverá escrever ao lado dela(s) tantas outras palavras quanto possível. Estas palavras deverão ser do campo de Física, da linguagem usual da Física que você conhece de cursos anteriores, deste curso e de livros onde estudou ou está atualmente estudando. Não esperamos que você seja capaz de preencher todos os espaços existentes numa certa página. O que esperamos é que você preencha tanto quanto possível.

Abaixo, apresentamos um exemplo:

CARGA ELÉTRICA

| | | | |
|----------------|-------------------------|----------------|---------------|
| Carga elétrica | campo elétrico | Carga elétrica | elêtron |
| Carga elétrica | corrente elétrica | Carga elétrica | |
| Carga elétrica | força | Carga elétrica | |

Em cada uma das páginas seguintes você encontrará um único conceito físico. Proceda tal como no exemplo acima escrevendo ao lado desse conceito tantas palavras quantas você seja capaz de a ele associar dentro do campo da Física. Assegure-se de sempre pensar no conceito dado e não nas palavras que você já escreveu. O conceito dado está repetido justamente por isso.

Você terá um minuto para cada página. O professor ou monitor lhe dirá quando mudar de página. Não passe para a página seguinte antes do aviso dado pelo professor.

TEMPERATURA

Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____
Temperatura _____