

tria precisa das bobinas, ou seja, levando em conta a sua espessura média aproximada e a determinação do diâmetro exato da garrafa (ver adiante, secção Montagem Experimental) nos sulcos. Caso os sulcos onde se bobinam os enrolamentos distem entre si mais do que o valor de um raio, deve-se arredondar por excesso o número das espiras; na situação inversa, arredondar por defeito. Desta forma, compensamos o campo devido a este pequeno erro sistemático.

Ao arredondar para o inteiro mais próximo, cometemos um erro sistemático que, em conjunto com as medidas aproximadas das bobinas, não deve ultrapassar na totalidade os 10 %, embora este erro possa ser corrigido *a posteriori* calculando exatamente o campo.

## Montagem experimental

Material:

- 1 garrafa de água plástica de 0,5 l vazia (cerca de 50 mm diâmetro) com sulcos paralelos
- 1 amperímetro (0 mA – 200 mA)
- Fio de cobre isolado com verniz (por exemplo retirado dum transformador)
- Suporte pilhas 1,5 V
- Bússola
- Reóstato de 100  $\Omega$  a 1 k $\Omega$
- Fio elétrico q.b.
- 2 conectores bananas e interruptor (facultativo)

Inicialmente, escolhe-se um suporte cilíndrico que permita bobinar corretamente as espiras da bobina de Helmholtz (Fig. 1). Este par de bobinas circulares é montado sobre um eixo comum, por exemplo uma vulgar garrafa de água, com correntes iguais entre si e que fluem no mesmo sentido. No nosso caso, tiramos partido da tampa da garrafa para fixar o reóstato (resistência variá-



Fig. 1 - Montagem experimental com o potenciômetro fixo à tampa de modo a facilitar a execução da experiência. A escolha judiciosa do número de espiras permite uma leitura direta em microtesla usando o amperímetro na escala de miliampere.

vel), tendo o cuidado de traçar os cabos elétricos enrolando-os sobre si mesmos para não criarem campos de erro (estando o cabo traçado e sendo as correntes anti-paralelas).

Colocando a bússola no interior da garrafa e entre as bobinas segundo o seu plano médio, alinha-se a garrafa de modo a que as bobinas fiquem paralelas à agulha da bússola, ou seja, de modo a que na ausência de corrente a agulha da bússola fique a 90° com o eixo das bobinas. Deste modo, garantimos que quando começar a fluir corrente, o campo criado será ortogonal ao campo terrestre. Deve posicionar-se a agulha da bússola na região central onde o campo é mais uniforme, uma vez que o encapsulamento ocupa geralmente dimensões relevantes.

Liga-se o circuito e vai-se diminuindo a resistência do reóstato de modo a aumentar a corrente no circuito, facto que se constata facilmente ao medir o valor em mA no amperímetro. Como escolhemos o número de espiras adequadamente, esta medida indica o valor do campo magnético diretamente em  $\mu\text{T}$ . Quando a agulha da bússola mostrar um desvio de 45°, significa que o campo criado é de igual valor ao campo magnético local, o qual, em princípio, é somente o da Terra. Convém verificar que não existem objetos com massas significativas de material ferromagnético nas proximidades.

O circuito (Fig. 2) é facilmente roteado com o fio remanescente da bobina. Como este fio tem verniz, o que impede uma soldadura direta, para efetivar as soldaduras usa-se um truque simples: queimam-se as extremidades com a ajuda dum isqueiro e posteriormente limpam-se com uma lixa fina ou esfregão de cozinha.

Video da montagem experimental:

<https://youtu.be/8o9dTqbbceg>

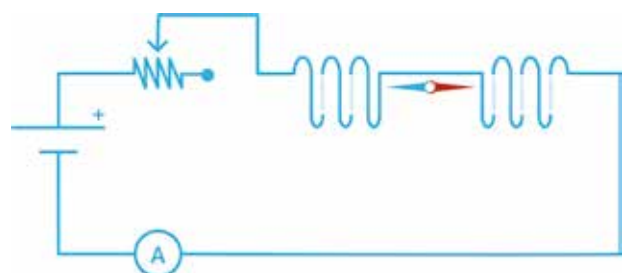


Fig. 2 - Circuito elétrico equivalente onde se pode utilizar um reóstato de 100  $\Omega$  a 1 k $\Omega$ , de acordo com a sensibilidade requerida e a bateria empregue.

## Resultados esperados

Devido à sensibilidade da bússola, convém realizar a experiência uma dezena de vezes, quer aproximando por excesso, quer por defeito a medida a  $45^\circ$ . Deste modo, os erros sistemáticos devidos ao atrito interno da agulha são minimizados.

Um conjunto de experiências adicionais poderá ser realizado para outros ângulos (Fig. 3): com efeito, a tangente do ângulo da bússola é a relação entre a força (torque) exercida pelo campo terrestre e o criado pela bobina. Ao traçar um gráfico do campo em função da tangente do ângulo de desvio da bússola, como a  $\tan \theta = B_{\text{Bobina}}/B_{\text{Terra}}$ , poderemos determinar o declive do ajuste linear do gráfico, que não é mais do que o campo magnético da Terra:

$$B_{\text{Bobina}} = B_{\text{Terra}} \cdot \tan \theta$$

Note-se que, devido aos erros sistemáticos e aleatórios, o valor determinado deverá ser expresso com os devidos algarismos significativos. A sensibilidade ao diâmetro da garrafa é particularmente importante, devido à sua dependência em  $r^2$ . Neste artigo não se deu particular importância ao tratamento de erros devido ao método artesanal empregue (realce para o desvio dos  $33 \mu\text{T}$  medidos para o valor mais preciso de  $26 \mu\text{T}$  determinado em [4]). Contudo, esta experiência é bastante inspiradora e liberta a criatividade dos alunos na obtenção de soluções para a melhoria dos dados experimentais.

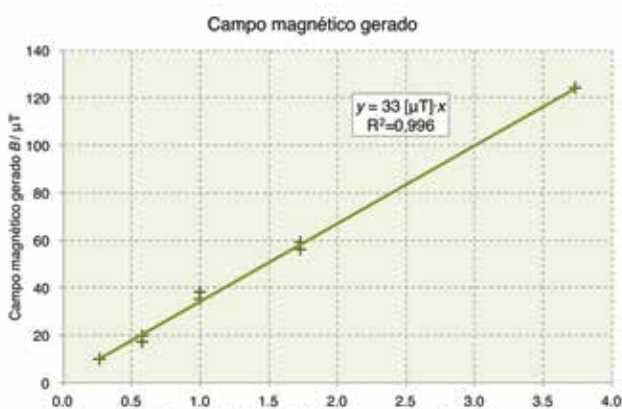


Figura 3 - Campo magnético gerado em função do ângulo da agulha da bússola.

## Referências

1. A. Cartacci e S. Straulino, "Measuring the Earth's magnetic field in a laboratory", *Physics Education* 43(4), 412 (2009).
2. <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/geomaginfo.shtml>, acesso 23/10/2017
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz\\_coil](https://en.wikipedia.org/wiki/Helmholtz_coil), acesso 23/10/2017
4. <https://ngdc.noaa.gov/geomag-web/#igrfwmm>, acesso 23/10/2017



**Horácio Fernandes** é professor do Departamento de Física do IST e investigador no Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, onde coordena a atividade do tokamak ISTTOK. Em 1999 criou o *e-lab*, laboratório remoto do IST, com acesso livre. Mantém igualmente uma regular participação em divulgação científica. Foi membro do *Technical Advisor Panel* da agência europeia para o ITER (F4E) e investigador coordenador duma atividade de pesquisa da IAEA.

# As diferentes teorias de aprendizagem e o ensino da física

Maria José B. M. de Almeida

CFisUC, Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, R. Larga, 3004-516 Coimbra

ze@fis.uc.pt

## Resumo

Pretende-se por em evidência a responsabilidade conferida aos professores de Física para conseguirem que os seus alunos compreendam o que é a Física, qual a atitude mais adequada à aprendizagem da Física e qual o processamento interno que cada aprendiz tem de desenvolver para criar uma estrutura correta dos modelos mais simples desta ciência.

Nesta primeira parte do trabalho, fazem-se algumas considerações sobre as três principais teorias de aprendizagem: o behaviorismo, o cognitivismo e o construtivismo. Segue-se uma breve análise das características específicas da Física, no sentido de justificar uma abordagem especial ao seu ensino nos níveis básico e secundário.

## Introdução

Há muitas questões com as quais o professor de Física se depara, quando pretende programar as suas aulas, de um modo que seja mais adequado à aprendizagem dos seus alunos: O que é a Física? Como se aprende Física? Como se deve ensinar? Devem ensinar-se conceitos de Física logo

no 1.º ciclo de escolaridade? Quais? Como? Com que objetivo? Quem os deve ensinar?

Em todo o mundo ocidental, são conhecidas as dificuldades de ensinar Física de modo que os alunos a aprendam corretamente [1-6]. E isso acontece mesmo – ou sobretudo – em relação aos fenómenos mais presentes e visíveis na nossa realidade do dia-a-dia, no caso de situações inseridas no domínio da Mecânica Clássica [5,6]. Com base nas teorias de aprendizagem mais aceites pela comunidade científica, tentar-se-á explicar este fenómeno para que, ao promover a sua compreensão, se promova uma maior eficácia nos professores e nas suas atividades de ensino da Física nos níveis pré-universitários.

## As teorias de aprendizagem

Pode dizer-se que há, fundamentalmente, três grandes teorias sobre o modo como se processa qualquer aprendizagem de um ser humano: behaviorismo, cognitivismo e construtivismo [7,8]. Estas teorias têm muitas sobreposições, mas também certas especificidades que importa salientar.

### O behaviorismo

A primeira teoria de aprendizagem proposta por psicólogos nos fins do século XIX e início do século XX foi o behaviorismo. Dominou praticamente os meios escolares do mundo ocidental durante a primeira metade do século XX. Em Portugal, durou mais tempo: quase todos nós aprendemos com professores formados nos seus princípios. De acordo com o behaviorismo, os seres humanos aprendem através de estímulos e de recompensas. A atribuição de notas elevadas e os Quadros de Honra eram um modo de recompensa pelo sucesso nos estudos. As próprias famílias também



recompensavam os bons alunos. Entendia-se que a maioria das aprendizagens podia ser potenciada por motivações extrínsecas, objetivadas nos estímulos e nas recompensas: uma nota elevada, uma medalha, o reconhecimento dos professores, da família, dos pares. A sociedade mostrava que quem estudava com êxito seria aceite no Ensino Superior, e acederia a profissões correspondentes a uma boa qualidade de vida. Tudo parecia mostrar aos jovens que, pelas recompensas presentes e futuras, valia a pena estudar e aprender.

O treino (repetição das atividades letivas, para melhor aprender) era considerado um bom auxiliar de aprendizagem. Deviam repetir-se exercícios e utilizar-se mnemónicas ou classificações de conteúdos em chavetas ou quadros: quanto mais se treinasse uma determinada atividade, tanto menos tempo se iria demorar para a executar com sucesso.

As orientações do behaviorismo apontam para um aprender “decorado”, muito característico do início da aprendizagem nos primeiros níveis escolares: o aluno vai obtendo e decorando informações fornecidas pelo meio ambiente em que vive, pela família e pela escola, e vai-as guardando na sua memória, para mais tarde as utilizar, quando for necessário.

### O cognitivismo

Já segundo o cognitivismo, para se aprender não basta ter acesso à informação. Um ser humano só aprende se “trabalhar” para o fazer. Só através do seu próprio esforço mental, consciente ou não, alguém consegue aprender. A predisposição para este trabalho mental depende fortemente da motivação com que cada aprendiz se aproxima das atividades de aprendizagem. Estas podem ser específicas ou não: há muita aprendizagem apenas por imitação, por vezes inconsciente. De acordo com o cognitivismo, a motivação de cada um para aprender pode ser intrínseca – um aluno pode achar que vale a pena esforçar-se para aprender, simplesmente porque gosta de saber e de ser capaz de resolver situações mais ou menos complicadas (um aspeto muito utilizado nos jogos de computador).

O cognitivismo foi proposto no início do século XX como teoria fundamental de aprendizagens, defendendo que para se conseguir ensinar, é necessário ter os aprendizes “ativos” e “interessados” [9]. Só assim será possível que eles venham a ser capazes de aprender e conseguir aplicar as aprendizagens adquiridas – de reagir bem a desafios envolvendo a resolução de problemas, com um menor ou maior grau de familiaridade com os que foram considerados em sala de aula.

Com o desenvolvimento da ciência cognitiva sobre o funcionamento do cérebro, da memória, e das ligações neuronais, houve um reforço significativo na justificação da importância do cognitivismo como teoria de aprendizagem [4,7,8]. Aceita-se agora que os seres humanos têm duas memórias, entre as quais se desenvolve um processamento (cognitivo) semelhante ao funcionamento dos computadores (Figura 1). Há nos seres humanos uma memória de trabalho mais superficial e limitada em termos de conteúdos a trabalhar. Há, além desta, uma outra memória profunda, onde são guardadas as aquisições processadas por cada um nos diferentes episódios de aprendizagem. Esta memória mais profunda tem uma capacidade praticamente ilimitada de armazenamento.

Numa sala de aula, perante um novo assunto apresentado de forma direta pelo professor, é suscitada a memória de trabalho dos alunos. Para isso, é necessário que os alunos estejam atentos e ativos: este fator depende de cada aluno, mas também depende das capacidades científicas e pedagógicas do professor, que deve ser capaz de motivar os alunos e captar a sua atenção para as novas aprendizagens, relacionando-as com as anteriores. Os alunos ativos tentam começar a “entender” (ou integrar) a nova informação: são suscitadas ligações entre a memória de trabalho e a memória profunda, na qual cada aluno procura os conteúdos anteriormente aprendidos, que poderão ajudar ao processamento das novas aquisições. Os professores podem facilitar esta fase de aprendizagem, evocando as principais ligações significativas entre os novos conteúdos e os anteriormente adquiridos, e fazendo os alunos trabalhar sobre elas (observar ou fazer experiências, comentar os seus resultados, responder a testes ou resolver problemas; na sala de aula ou em casa, isolados ou em grupo).

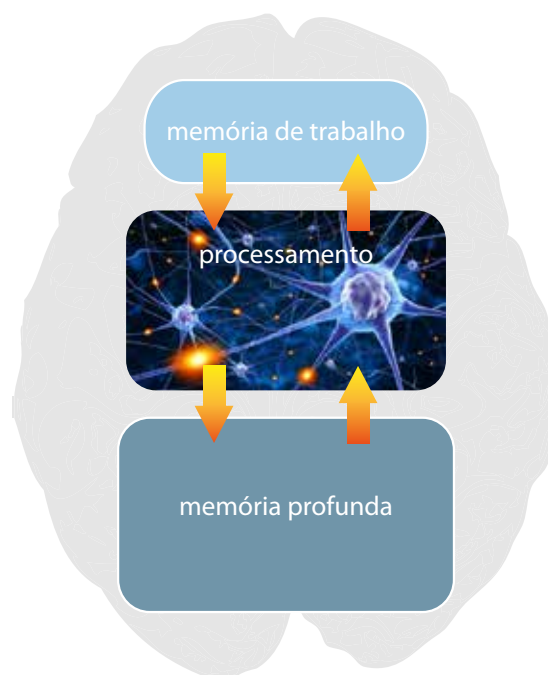


Fig. 1 - Esquema ilustrativo do processamento cognitivo durante a aprendizagem.

Como resultado desta ligação necessária entre as duas memórias, podem ocorrer diferentes situações:

a) O aluno consegue interiorizar o que está a aprender de novo, e há uma ligação eficaz entre a nova situação de aprendizagem e a estrutura correta de conhecimentos que já tinha construído antes: consegue resolver com sucesso os problemas baseados nesta nova aprendizagem, fazendo-o com rapidez e aumentando corretamente a estrutura de conhecimentos na memória profunda. O aluno fundamenta melhor as suas noções anteriores, eventualmente com alguma extensão do seu campo de aplicação. Houve aprendizagem significativa no sentido de ter havido transferência (alargamento) de aprendizagens anteriores a novas situações.

b) O aluno consegue estabelecer ligações com os conteúdos antes aprendidos, mas a ligação não é tão eficaz que lhe permita imediatamente resolver as novas situações problemáticas. Neste caso, há duas possibilidades:

- 1) O aluno fica confuso, tem algumas dificuldades de integração dos novos conhecimentos e esclarece essas dificuldades dialogando com o professor e/ou com os colegas; coloca questões e tenta responder às questões colocadas pelo docente, e/ou pelos seus colegas, justificando as suas opções com argumentos racionais. Assim, o aluno pode aprender algo de novo e corrigir deficiências de armazenamento dos conteúdos anteriores: a aprendizagem é ainda significativa, com transferência e alargamento de conhecimentos.
- 2) O aluno absorve o novo conhecimento de modo deficiente, encaixando-o “à sua maneira” nos conhecimentos anteriores, que já eram deficientes; o aluno fica com a ilusão de ter aprendido e o professor, se não tiver um cuidado especial em aferir a qualidade da aprendizagem conseguida, pode ficar com a ilusão de ter ensinado algo ao aluno. No entanto, desta maneira apenas aumentaram as preconcepções erradas que o aluno já tinha, bem como a “confiança” que o aluno tem nelas.

c) O aluno que possui poucos conhecimentos ou os tem mal aprendidos, que está desatento ou que está desmotivado, não procura, ou não encontra, na sua memória profunda as ligações adequadas ao processamento das novas informações; estas ficam apenas algum tempo na memória de trabalho e serão rapidamente esquecidas, porque outras informações posteriores virão substituir as anteriores não-processadas. Neste caso, o aluno não “captou” nada desta situação de aprendizagem e não vai ser capaz de resolver nenhuma consequente aplicação.

Compreende-se assim a importância do conhecimento adquirido por cada aprendiz ficar armazenado na memória profunda de acordo com uma estrutura mental bem organizada, que permita que seja futuramente acedido com mais facilidade e correção: perante uma nova situação, o aluno

encontrará mais rapidamente razões para descartar caminhos incorretos de resolução de problemas, selecionando com eficácia a parte dos conhecimentos anteriores que vai permitir alcançar os objetivos pretendidos. Os conhecimentos, as capacidades e as competências desenvolvidas nas aprendizagens escolares poderão assim ser transferidas para a vida do dia-a-dia e para atividades profissionais futuras.

### O construtivismo

O construtivismo é mais uma teoria sobre o modo como se aprende, proposta no início do século XX [10,11]. Tem muitos pontos de sobreposição com o cognitivismo. De acordo com o construtivismo, cada aprendiz é o produtor da sua própria aprendizagem, que constrói ativamente com base no que capta acerca do meio que o envolve. Pode fazê-lo por livre iniciativa (sozinho, a aprender), ou ser orientado por familiares, por professores ou colegas. Cada uma destas situações representa distintas vertentes do construtivismo, que podem variar entre si.

Uma, o construtivismo radical [12], defende que a estrutura interpretativa da realidade, construída por cada um, pode ser diferente da própria realidade (meio ambiente): a interpretação resulta de um processamento mental individual, baseado em informações recolhidas através dos cinco sentidos de cada ser humano, que poderá ser diferente da construída por outro ser humano, ainda que perante a mesma realidade. Por exemplo, ninguém pode dizer que a cor “amarela” seja vista com as mesmas características por outro observador: apenas nos ensinaram a chamar “amarelo” a uma determinada sensação cromática que cada um tem perante determinados corpos que observa em determinadas situações – sensação cujo resultado cognitivo pode ser diferente de observador para observador.

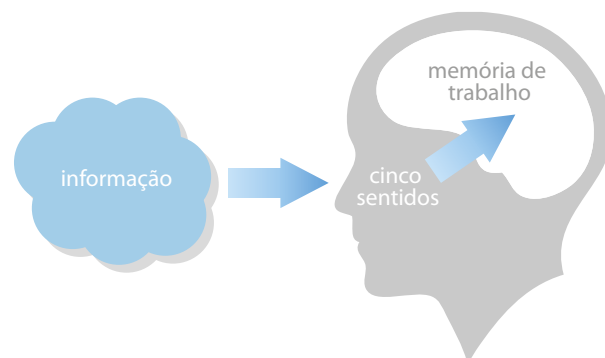


Fig. 2 - Esquema ilustrativo da aquisição de informação pelo ser humano.

Uma outra versão, com aspetos bem diferentes da anterior, é o construtivismo social [11]. Este defende que o meio ambiente (família, escolas, media) exerce uma influência fundamental e uniformizadora nas