

Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física

I — «Psicologia da construção pessoal» de George Kelly

MARÍLIA FERNANDES THOMAZ

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3800 Aveiro

1. Introdução

Estudos realizados sobre os problemas do ensino de física têm mostrado que a preocupação dominante dos responsáveis pela elaboração dos currícula e educadores em física tem sido sobre — «O que, quando, a quem e como ensinar física». Embora até agora alvo de pouca reflexão por parte dos responsáveis pelo processo ensino/aprendizagem de física, uma outra questão mais pertinente tem sido ciclicamente considerada como fundamental nos meios inovadores em cada época: «Porquê ensinar física?» A resposta a esta questão contribuirá, na minha opinião, duma maneira determinante para a resolução das questões anteriormente levantadas.

Neste artigo pretende-se analisar esta questão, no contexto do ensino unificado ou 3.º ciclo do ensino básico, numa perspectiva construtivista.

2. A metáfora duma ideologia de «transmissão cultural»: «O Homem — A Máquina»

Estudos recentes realizados em vários países, incluindo Portugal, (ex. Osborne e Wittroch, 1983; Thomaz, 1984; Eijkelhof e Kortland, 1985; Gil e Torregrasa, 1985) têm demonstrado que o ensino da física, tradicionalmente conduzido apenas numa perspectiva de transmissão dum corpo de conhecimentos, pouco ou nada contribui para a formação de cidadãos

aptos a actuar eficazmente numa sociedade em rápido desenvolvimento. Na realidade a mudança decorre de modo tão rápido que é quase impossível prever hoje qual a informação que será necessária ao aluno para actuar no mundo de amanhã.

Num estudo conduzido em Portugal (Thomaz, 1984), a análise de entrevistas com indivíduos cuja educação formal em ciências terminara no 9.º ano de escolaridade, revelou que, na maior parte dos casos, mesmo poucos meses passados, aquilo que restava dos conhecimentos de física transmitidos era escasso, vago e confuso.

«de física?... lembro-me que havia umas bolinhas de ferro penduradas... que se afastavam... ou eram atraídas... quando se fazia... não sei o quê.»

(aluna do 10.º ano na área das humanidades)

«havia uns mais que atraíam uns mais... ou uns menos... não faço bem ideia.»

(aluno no 1.º ano da universidade, curso de letras)

«olhe o que me lembro é que havia muitas fórmulas... muito empanço.»

(20 anos empregado numa fábrica)

«lembro-me sobretudo que era preciso passar nos exames... e safarmo-nos nos testes... mas na realidade o que é que estudei em física... bem... (risos) confesso que não faço ideia.»

(21 anos, universitário, curso de História)

Estes pequenos extractos de transcrições de algumas entrevistas ilustram o fenómeno atrás referido.

Por outro lado o resultado de estudos realizados em Portugal com alunos frequentando

cursos universitários na área de ciências (Thomas 1982, 1984; Vasconcelos, 1985), revelaram que, mesmo nessa população, cuja escolaridade em física, ensinada como tal, tinha sido até ao momento de pelo menos 4 anos (excluindo, portanto, ideias físicas ensinadas noutra disciplina tais como Meio Físico e Social, Ciências da Natureza e Biologia) certos conceitos básicos em física não foram assimilados. Mesmo algumas ideias intuitivas, normalmente presentes em crianças antes do ensino formal, persistiam após o ensino formal. Os extractos apresentados a seguir, provêm quer de transcrições de entrevistas, quer de respostas a questionários especialmente elaborados para detectar a existência de ideias intuitivas em vários tópicos de física.

«um corpo atirado na vertical tem que ter uma força a actuar para cima... senão não subia.»
(aluno do 1.º ano da licenciatura em Física e Química)

«no ponto mais alto da sua trajectória... como a velocidade é zero a força que actua nele é zero.»
(aluno do 1.º ano da licenciatura em Física)

«na lua não há gravidade... porquê?... porque a acção da Terra não chega lá.»
(aluna do 1.º ano de Engenharia Electrónica)

«se esta se fundir... (em frente dum montagem de um circuito com cinco lâmpadas em série)... só acendem as que estão antes dela... parece-me a mim... ora deixe ver...»
(4.º ano da licenciatura em Física e Química)

«quando uma pessoa está parada e segura uma mala não há trabalho exercido na mala. O mesmo acontece quando a pessoa se desloca porque o peso da mala continua equilibrado pela força que a pessoa exerce sobre a mala.»
(5.º ano da licenciatura em Física e Química)

«quando uma pessoa está em frente dum espelho a luz que vem do espelho só chega até à pessoa se for de noite. De dia vai um bocadinho até mais atrás.»
(1.º ano da licenciatura em Física)

Os exemplos apresentados, poucos para não tornar muito extenso este artigo, não são exemplos isolados mas ilustrativos das ideias frequentemente encontradas nos tópicos abordados. É importante salientar que numa análise de livros de texto ou manuais escolares, não é difícil identificar frases, figuras e situações

apresentadas que reforçam estas ideias diagnosticadas nas crianças antes do ensino formal bem como em jovens após este ensino.

Frente aos resultados obtidos e aos problemas encontrados, parecem pertinentes as questões: o ensino da física, tal como está a ser usualmente administrado, numa perspectiva de transmissão dum corpo de conhecimentos valerá a pena? Não será, em muitos casos uma pura perda de tempo? E pior do que isso, não estará a fomentar nos alunos atitudes que serão prejudiciais para a sua actuação numa sociedade culturalmente evoluída?

«...não vale a pena preocupar-me em perceber... o que interessa é empinar... ou (risota) copiar... e ter nota no teste...»

(aluno do 9.º ano de escolaridade)

«...o professor é que sabe... ele diz tudo, não vale a pena a gente esforçar-se por chegar a qualquer conclusão por nós próprios.»

(aluno do 10.º ano de escolaridade)

«...se o professor diz... é porque é verdade.»
(aluna do 9.º ano de escolaridade)

Será que a física está a ser ensinada como ciência ou como uma acumulação de factos, apenas como a transmissão de uma herança cultural científica?

Richard Feynman, em 1966, numa conferência a professores de ciências chegou à seguinte definição do que é Ciência — «Ciência é duvidar da autoridade dos peritos!»

A imagem da física que, na maioria dos casos, está a ser transmitida no ensino formal, não só em Portugal, pois estudos realizados noutros países assim o têm revelado, situa-se décadas atrás da compreensão actual da prática científica. Penso que a conhecida metáfora do relógio ajudará a perspectivar esta ideia. Imaginemos o mostrador dum relógio com os seus 60 minutos e consideremos o intervalo de tempo em que a humanidade tem tido acesso aos sistemas de comunicação. Os conhecimentos mais actuais indicam que o sistema alfabético foi criado pelos gregos, com base num silabário de origem semítica, durante o 1.º milénio a.C. Os 60 minutos do nosso relógio repre-

sentam assim cerca de 3000 anos da história da humanidade e cada minuto representa 50 anos. Assim sendo, podemos constatar que a imprensa, na cultura ocidental apareceu nos últimos 9 minutos. O telégrafo, a fotografia e a locomotiva apareceram há 3 minutos. Nos 2 últimos minutos apareceram o telefone, a imprensa rotativa, o cinema mudo, o automóvel, o avião e o rádio. O cinema sonoro surgiu há 1 minuto e é durante o último minuto que aparece a televisão, o computador, o laser, tendo-se iniciado também a exploração do espaço. É impossível negar que há 3 minutos atrás qualquer coisa extremamente importante, qualquer coisa condicionante do nosso Mundo, aconteceu. Há 3 minutos atrás o grau da mudança mudou. O mesmo relógio pode ser utilizado para qualquer área da actividade humana, como é evidente.

A mudança não é nova, o que é novo é o grau da mudança. Como a metáfora pretende sugerir, há cerca de 3 minutos atrás deu-se uma diferença qualitativa no carácter da mudança. A mudança mudou. E este é realmente um problema novo.

A escola tem que dar aos jovens a perspectiva do — «Para que é que isto serve?» sobre a sua própria sociedade. A perspectiva de «transmissão cultural», só por si, funcionava há cerca de um minuto ou dois atrás. O problema é que a maioria dos professores trabalham muito nesta perspectiva, o que talvez tivesse sentido, se considerarmos os 57 minutos anteriores, mas deixa de ter sentido se considerarmos os 3 últimos minutos. O que constitui outro problema, como já foi notado, é que muitos professores acham estes 3 minutos demasiado complicados, demasiado angustiantes. Também os alunos acham estes 3 minutos estonteantes, confusos, especialmente os últimos 30 segundos e precisam de ajuda. Enquanto que eles têm que viver num mundo de comunicação por satélites, lasers e computadores, os seus professores estão ainda a falar como se o último meio de comunicação fosse a imprensa de Gutemberg.

Presentemente os investigadores no campo educacional defendem que os currícula educacionais devem incluir a preocupação de *ajudar* os alunos a lidar com a mudança, a que se referem como «*o ensino de estratégias de sobrevivência*».

Recentes resultados de investigação indicam que, na grande maioria dos casos, as aulas de física têm sido conduzidas numa perspectiva tradicional e são sobretudo centradas nos conteúdos da disciplina, o programa, revelando que a abordagem de «transmissão cultural» do ensino tem dominado a educação em física. O principal objectivo do ensino da física, parece ser a transmissão de «parcelas de verdade». Pressupõe-se que através dum processo de acumulação de tais fragmentos, as mentes vazias das crianças ou dos jovens irão ser cheias com verdadeiro conhecimento.

Os teóricos desta perspectiva vêm como tarefa principal do professor a transmissão de informação, regras ou valores coleccionados no passado. O papel do professor é visto assim como o do agente de instrução directa dessa mesma informação e regras. Esta visão foi veiculada por Hutchins (1936) quando escreveu:

«Educar implica ensinar. Ensinar implica conhecimento. O conhecimento é a verdade. A verdade é a mesma em todo o lado. Daí que a educação deveria ser a mesma em qualquer lado.» (p. 66)

Nesta perspectiva de «transmissão cultural» aos alunos cabe o papel passivo de aceitar os factos «despejados» pelos professores, sendo a sua compreensão desses mesmos factos usualmente avaliada através de meios que, a maior parte das vezes, apenas avaliam a capacidade de memorização dos alunos. Os dados da investigação neste campo revelam que o «conhecimento» produzido por esta abordagem ao ensino não dura muito tempo.

A filosofia subjacente a esta perspectiva sobre o ensino é de que a verdade pode ser acumulada pedaço a pedaço, tópico por tópico, pois o conhecimento é repetitivo e objectivo.

Esta visão de acumulação da verdade absoluta corresponde aos princípios filosóficos básicos do realismo. Muitos cientistas realistas, como por exemplo John Locke, consideram a mente do indivíduo ao nascer como uma «tabula rasa», e a tarefa da escola é encarada como a de transmissão dum corpo de conhecimentos cuja verdade tem sido repetidamente confirmada. A concepção positivista, empirico-indutivista da Ciência está em simpatia com esta visão absolutista da verdade e do conhecimento, e assim, se os professores partilham desta concepção, a maneira como os alunos são ensinados colocará pouca (ou nenhuma) ênfase nas concepções próprias dos alunos e na sua participação activa. A perspectiva de «transmissão cultural» sobre o processo ensino/aprendizagem tem sido suportada por teorias de psicologia do desenvolvimento que salientam a passividade da mente humana. Esta ênfase encontra-se em todos os tipos de psicologias associacionistas, behavioristas, estímulo-resposta, etc. Tal como sugerido por Pope e Keen (1981),

«a metáfora apropriada para a visão do homem avançada por uma ideologia educacional de transmissão cultural é a da máquina. A máquina pode ser qualquer coisa desde a cera sobre a qual o ambiente imprime as suas marcas (Locke) até aos computadores.»

Neste contexto o papel do ambiente, visto como o «input» é o de transmitir a informação mais ou menos directamente, informação essa que será acumulada no «organismo». O «output» será o comportamento resultante. Usando esta metáfora, «*O Homem — A Máquina*», o desenvolvimento cognitivo pode ser visto como o resultado da aprendizagem guiada e o comportamento o resultado de uma associação entre estímulo e resposta.

O desencanto e o descontentamento com esta abordagem no processo ensino/aprendizagem de física têm sido detectados em vários estudos, nomeadamente em Portugal por Thomaz (1984). A necessidade urgente de uma mudança de perspectiva sobre o ensino, quer

por parte dos professores quer por parte dos alunos, impõe uma procura de ideologias educacionais que possam promover essa mudança.

3. Ciência, Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência

Particularmente nas últimas duas décadas, educadores progressistas têm vindo a desenvolver programas que pretendem encorajar os jovens a desenvolver uma abordagem activa em relação à aprendizagem. As teorias psicológicas de Piaget, Bruner e Ausubel, deram suporte a este movimento. No entanto, há quem sinta que a pedagogia que resultou desta influência não conseguiu alcançar aquilo que era desejado. Postman e Weingartner (1971) focam este ponto quando escrevem:

«não há maneira de ajudar o aprendiz a ser disciplinado, activo e profundamente envolvido (no processo educacional) a não ser que ele perceba um problema ou o que quer que seja a aprender como valendo a pena ser aprendido. É estéril e ridículo procurar que os alunos tomem uma atitude de pesquisa iniciando estudos que nada tenham a ver com os seus interesses.»

O estudante pode estar activamente envolvido, no sentido físico, na execução duma experiência-fechada (cujo produto seja previamente conhecido ou em que o aluno tenha apenas que seguir um protocolo ou guia), mas a aprendizagem obtida de tal experiência será de alcance muito limitado se o aluno não vê ligações relevantes entre essa actividade e os seus interesses pessoais.

Muitos filósofos da Ciência, tais como Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend rejeitam uma visão do conhecimento e da razão como sendo impessoal e desligado e sugerem que a razão é informada pela paixão. Popper rejeita a tradição empirico-indutivista na Ciência que supõe que a observação precede a teoria. Para Popper todas as observações estão condicionadas por teorias previamente existentes. Adoptando uma visão não absolutista da verdade científica e a posição de Popper sobre a

natureza do processo de observação, seria de esperar que no ensino das ciências fosse feita ênfase no papel que os esquemas pessoais de pensamento têm nas observações científicas e na necessidade dum exame crítico de pré-suposições antes do envolvimento na tarefa de aquisição de dados. Popper (1972) sugere que o desenvolvimento do Ciência ocorre através dum processo de conjecturas e refutações. Ele vê a Ciência e o conhecimento como um progresso através de tentativas sistemáticas para testar as novas hipóteses ou conjecturas de modo a poder refutá-las. O esquema do método científico avançado por Popper envolve um desenvolvimento contínuo do processo de feedback envolvendo os seguintes passos: 1, descrição de um problema (usualmente uma rejeição da teoria ou expectativa existente); 2, proposta de solução, por outras palavras uma nova teoria; 3, dedução de proposições testáveis oriundas da nova teoria; 4, testagem, isto é, tentativa de refutação através, entre outras coisas, da observação e experimentação; 5, estabelecimento de preferências entre as teorias competidoras.

Segundo Swift et al. (1983) «a visão de Popper do progresso do conhecimento científico tem sido usada como uma analogia do progresso do desenvolvimento cognitivo no indivíduo». E acrescentam a seguir, «uma vez que um objectivo do ensino é o de promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, os professores de Ciência devem achar esta analogia fecunda».

Esta analogia implica que o desenvolvimento cognitivo deva ser encorajado através de estratégias de ensino que promovam a articulação de conjecturas e a submissão dessas ideias a refutações críticas. Isto implicará a necessidade dum envolvimento activo do aprendiz como construtivo em vez de reactivo. Não é suficiente que um corpo de conhecimentos, dum livro ou dado por um professor, seja aceite pelo estudante de modo inquestionável. Os estudantes devem concluir, por si próprios, que as ideias são verdadeiras e devem

ser capazes de as incorporar nas suas próprias visões do mundo.

Gostaria de frisar aqui que a ênfase de Popper tem sido no exame crítico de teorias e no desenvolvimento do conhecimento científico e não nos aspectos sociológicos e psicológicos de como os cientistas empreendem a sua tarefa. Esta visão está em oposição à concepção da «atitude científica» que, de acordo com Gaud (1982) tem sido formulada pelos educadores em ciência nos últimos 60 anos.

Em «The Structure of Scientific Revolutions», Kuhn (1970), faz uma tentativa para delinear uma nova imagem da Ciência, em oposição às imagens disseminadas pelo então influente movimento lógico-empirista na filosofia das ciências e na tradicional historiografia científica. Partindo duma tradição historiográfica mais velha, que apresentava um «desenvolvimento-por-acumulação» do progresso científico, o modelo proposto por Kuhn descreve a evolução, a história duma ciência madura, como uma sequência de períodos de «ciência normal» — episódios extraordinários, nos quais tem lugar uma mudança dos compromissos profissionais. Para além dos períodos de ciência normal e de revoluções, Kuhn considera também um pré-paradigma que precede o primeiro período de investigação na ciência normal num dado campo. Este período é caracterizado por uma proliferação de paradigmas. Segundo Kuhn,

«durante o que é chamado, na Estrutura das Revoluções Científicas, o período pré-paradigmático, os patrocinadores duma ciência dividem-se num número de escolas competidoras, reclamando cada uma competência numa mesma matéria mas abordando-a de diferentes maneiras.» (Kuhn, 1978, p. 235)

Lakatos (1970) desenvolveu uma teoria da Ciência que tenta reconciliar a relação entre teorias científicas gerais e as suas alternativas contemporâneas, juntamente com todas as suas teorias constituintes. Esta abordagem contrasta com a de Kuhn que vê a Ciência como

«normal» enquanto existe um paradigma pre-
valecente sem oposição efectiva. Para Lakatos,

«a história da Ciência tem sido, e deveria ser, a história da competição de programas de investigação (ou se se desejar, «paradigmas») mas não tem sido e não deve tornar-se uma sucessão de períodos de Ciência normal. Quanto mais depressa começar a competição melhor o progresso.» (Lakatos, 1970, p. 155)

Lakatos faz a distinção entre teorias «passivistas» e «activistas» do conhecimento e identifica «passivismo» como implicando que o «conhecimento verdadeiro» é o carimbo da natureza sobre uma mente perfeitamente inerte. Faz a seguir uma distinção entre «activistas conservadores» e «activistas revolucionários». Os primeiros defendem que «nascemos com as nossas expectativas básicas; com elas tornamos o mundo no «nosso mundo» mas a partir daí vivemos para sempre na prisão do nosso mundo». (Lakatos, 1970).

O trabalho de Lakatos enquadra-se no activismo revolucionário, na crença de que os esquemas conceptuais podem ser desenvolvidos e também substituídos por outros novos e melhores.

Feyerabend começou o seu trabalho perguntando como é que as afirmações poderiam ser observadas. Num dos seus primeiros trabalhos (1958), no qual considerava a atribuição das propriedades da côr a objectos não observados, conclui que «a interpretação duma linguagem-observação é determinada pelas teorias que usamos para explicar aquilo que observamos, e muda à medida que essas teorias mudam». (Feyerabend, 1958). Isto coloca Feyerabend no campo anti-positivista. Todas as observações são condicionadas pela existência de teorias prévias e daí serem dependentes de interpretações.

Estes quatro filósofos representam vários graus de relativismo nas suas posições epistemológicas. As suas considerações sobre e para a Ciência representam algumas das principais tradições na filosofia da Ciência. Estas, juntamente com a tradição baconiana, têm, e con-

tinuam a ter influência significativa dentro da comunidade dos filósofos da Ciência. As quatro tradições desenvolvidas por Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, embora contradizendo-se entre si em termos largos, partilham entre si pontos de vistas relativos à inadequabilidade do positivismo, da concepção empírico-positivista da Ciência. A versão básica desta última concepção é chamada frequentemente indutivismo baconiano devido à portentosa contribuição da filosofia da Ciência de Bacon. Em contraste com uma visão absolutista da verdade defendida por Bacon, os outros quatro filósofos partilham uma visão relativista do conhecimento sendo o condicionalismo nas observações da existência de teorias prévias a pedra basilar das filosofias pós-baconianas da Ciência.

É incontroverso afirmar que a Ciência e a filosofia da Ciência interactuam, embora a natureza desta interacção possa levantar muitas controvérsias. A interacção entre a Ciência e o ensino da Ciência é feita através da filosofia da Ciência. Tal como Elkana (1970) sugere é «a filosofia da Ciência que molda as atitudes gerais que formam as fundações das várias teorias do ensino das ciências».

Presentemente existe um grupo crescente de educadores em Ciência que acredita que o ensino das ciências deverá ter em conta o que recentes filosofias da Ciência, tais como as de Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend reconhecem: o papel da construção pessoal no desenvolvimento científico.

A perspectiva psicológica de George Kelly, psicólogo, matemático e físico americano nascido em 1905, é compatível com esta visão. Kelly rejeita uma posição absolutista da verdade e contrasta a sua posição com a noção de que o conhecimento é uma colecção crescente de factos ou «parcelas de verdade».

4. A Metáfora kellyiana: «O Homem — O Cientista»

Em 1955 Kelly rejeitou a tricotomia clássica do conhecimento — teórico, prático e

poético — para avançar uma teoria psicológica alternativa preocupada com o indivíduo e com a maneira como os indivíduos se constroem a si próprios, constroem os outros e os seus mundos. Kelly baseou a sua teoria num postulado fundamental elaborado através de sete corolários (Kelly, 1955, Cap. 2). A teoria contém três ideias fundamentais: construtivismo alternativista, o homem como cientista e a escolha de dupla entidade.

Construtivismo alternativista é o termo com o qual Kelly identifica a sua posição filosófica. Nas palavras de Kelly,

«não podemos mais ficar seguros que o progresso humano progride estádio atrás de estádio de uma maneira ordenada partindo do conhecido para o desconhecido. Nem os nossos sentidos nem as nossas doutrinas nos proporcionam um conhecimento imediato requerido por uma tal filosofia da Ciência. Aquilo que pensamos que sabemos é ancorado somente nas nossas próprias suposições, não na própria verdade. O mundo que procuramos compreender permanece sempre no horizonte dos nossos pensamentos.»

A seguir explica o que entende por construtivismo alternativista

«Comprender completamente este princípio significa reconhecer que tudo o que acreditamos existir aparece devido à nossa actual construção do que existe. Assim, mesmo as coisas mais óbvias neste mundo estão largamente abertas a reconstruções no futuro.» (Kelly, 1977).

Para Kelly os acontecimentos estão sujeitos a «uma tão grande variedade de construções quanto as nossas vontades nos permitem exco-gitar» (1970, p. 1). Isto significa que mesmo o conhecimento científico mais altamente desenvolvido pode ser visto como sujeito à reconstrução humana.

Em psicologia têm sido usadas muitas analogias. «O Homem — A Máquina» tem sido apontado como a metáfora apropriada para a visão do Homem proposta por uma ideologia educativa de «transmissão cultural». A analogia avançada por Kelly é: «O Homem — O Cien-

tista». Segundo ela, o indivíduo deduz hipóteses, levanta questões, desenvolve metodologias, define instrumentos, produz dados, executa experiências, induz novas hipóteses e reformula no decurso da construção da sua realidade pessoal. Para Kelly, cada pessoa, qualquer pessoa, é vista como um cientista empenhado num processo de observação, interpretação, previsão e controlo. Segundo Kelly cada pessoa constrói para si própria um modelo representativo do mundo, que lhe permite traçar uma linha de comportamento e acção em relação a esse mesmo mundo. Este modelo está sujeito a mudar ao longo do tempo, uma vez que as construções da realidade estão constantemente a ser testadas e modificadas de modo a permitir uma melhor previsão no futuro. Assim, para Kelly, o questionamento e a exploração, revisão e reformulação à luz da previsão mal sucedida, o que é sintomático da teorização científica, é precisamente aquilo que uma pessoa faz numa tentativa de antecipar os acontecimentos. A escolha de dupla entidade implica que quando um indivíduo muda, reconstruindo a realidade, ele escolhe entre duas entidades, não entre uma entidade e uma não entidade. O Homem — O Cientista constroi um conjunto de esquemas de pensamento e acção que testa e que pode eventualmente renunciar em favor de um novo conjunto se os primeiros falharem na previsão adequada dos acontecimentos.

Kelly sugere que por detrás do julgamento do indivíduo, e consequente comportamento, jaz uma teoria implícita acerca do mundo dos acontecimentos nos quais os julgamentos são feitos (postulado fundamental). A teoria implícita sobre o mundo é o sistema da construção pessoal do indivíduo. O sistema permite ao indivíduo ver e lidar com situações (corolário da construção). O sistema é particular a um indivíduo (corolário da individualidade), ordenado (corolário da organização) e composto de duplas identidades (corolário da dicotomia). Um indivíduo desenvolve e usa o seu sistema de construção escolhendo entre duas alternativas (corolário da escolha) numa gama finita (corolário da extensão) à medida que ocorrem

construções sucessivas de acontecimentos (corolário da experimentação). O sistema pode ser variado (corolário da modulação) e pode conter subsistemas incompatíveis (corolário da fragmentação). Os indivíduos podem ter consenso sobre certos aspectos da realidade (corolário da comunalidade), interactuar com o sistema de outro indivíduo (corolário da sociabilidade).

Quando aplicada a um contexto educacional a filosofia de George Kelly proporciona uma base para um sistema educativo em que os estilos individuais de aprendizagem são importantes e em que a investigação é conduzida na perspectiva da pessoa. Kelly reconhece a aprendizagem como uma exploração pessoal e vê o papel do professor como o de um *facilitador do desenvolvimento humano*. Esta ênfase construtiva está em oposição aos métodos tradicionais de ensino baseados numa ideologia educacional de «transmissão cultural». Pode ser assim encarada como uma alternativa às teorias empírico-associacionistas que têm dominado a educação em física neste país e que têm conduzido a uma abordagem passivista do conhecimento científico.

Na segunda parte deste artigo serão analisados objectivos para o ensino da física à luz da «Psicologia de Construção Pessoal» de George Kelly.

REFERÊNCIAS

- ELJKELHOF, H. e KORTLAND, K. — «What, Why, How, When and to Whom: Physics as one of the Tools for Decision Making in Daily Life». Paper presented at the International Symposium on Physics Teaching, Brussels, November 1985.
- ELKANA, Y. — «Science, Philosophy of Science and Science Teaching». *Education Philosophy and Theory*, **2**, 15-35 (1970).
- GAULD, C. — «The Scientific Attitude and Science Education». *Science Education*, **66**, 109-121 (1982).
- FEYERABEND, P. — «An Attempt at a Realistic Interpretation of Experience». *Proc. Arist. Soc.*, **58**, 160-162 (1958).
- GIL, D. e TORREGROSA, M. — «Science Learning as a Conceptual and Methodological Change». *Eur. J. Sci. Educ.*, **7**, 231-236 (1985).
- HUTCHINS, R. M. — «The Higher Learning in America». Yale University Press, New Haven, Conn. (1936).
- KELLY, G. — «The Psychology of Personal Constructs» (Vols. 1 e 2). New York, W. W. Norton and Co. Inc. (1955).
- KELLY, G. — «A Brief Introduction to Personal Construct Theory». In D. Bannister (ed.) *Perspectives in Personal Construct Theory*, London, Academic Press Inc. (1970.)
- KELLY, G. — «The Psychology of Unknown». In D. Bannister (ed.) *Perspectives in Personal Construct Theory*, London, Academic Press Inc. (1977).
- KUHN, T. — «The Structure of Scientific Revolutions» 2nd edition, Chicago: The University of Chicago Press (1970).
- KUHN, T. — «Second Thoughts on Paradigms». In T. Kuhn *The Essential Tension*, Chicago: The The University of Chicago Press (1978).
- LAKATOS, I. — «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programs». In I. Lakatos e A. Musgrave (eds.) *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press (1970).
- OSBORNE, R. e WITTRICK, U. — «Learning Science: A Generative Process. *Science Education*, **67**, 489-508 (1983).
- POPE, M. e KEEN, T. — *Personal Construct Psychology and Education*. London, Academic Press (1981).
- POPPER, K. — «Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge». London: Routledge and Kegan Paul (1972).
- POSTMAN, N. e WEINGARTNER, L. — *Teaching as a Subversive Activity*. London, Penguin Books (1971).
- SWIFT, D.; GILBERT, J. K.; POPE, M. L.; ZYLBERSZTAJ, A. e WATTS, D. M. — «Philosophies of Science and Science Education». Mimeograph. Institute of Educational Development, University of Surrey (1983).
- THOMAZ, M. — «Uma análise da compreensão dos alunos sobre o conceito de força». Comunicação apresentada ao 3.º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Física, Coimbra (1982).
- THOMAZ, M. — «Análise do Processo de Ensino/Aprendizagem da Física: Perspectivas de Sete Categorias de Indivíduos Envolvidos». Comunicação apresentada no 4.º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Física, Évora (1984).
- VASCONCELOS, N. — «Estudo de Noções de Alunos sobre a Existência (ou não Existência) de Forças em dadas Direcções: sua Evolução com o Nível Etário e Formação Científica em Física dos Alunos». Trabalho de Síntese apresentado nas provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Universidade de Aveiro, Aveiro (1985).