

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

1. DAS IDEIAS INTUITIVAS DAS CRIANÇAS A IDEIAS MAIS "CIENTÍFICAS"

A prática mais comum dos professores de Ciências, em qualquer nível de ensino, continua a ser a de tentar passar para a mente do aluno o conhecimento do conteúdo científico, tal como ele é visto pelo próprio professor. Tal modelo de ensino assume como pressupostos que: a) o que há a ensinar pode ser fornecido ao aluno sob a forma de informação; b) essa informação pode ser verificada pelo aluno através da observação; e c) tal informação será aplicada em resposta a questões e resolução de exercícios (Cosgrove & Osborne, 1991). Este modelo de ensino foi claramente posto em causa por Piaget, que nos mostrou por via do seu método clínico que, ao contrário de uma tábua rasa, a mente da criança constrói desde os primeiros anos de vida, uma grande variedade de interpretações e modelos explicativos para os fenómenos e objectos do quotidiano, por forma a dar sentido às suas experiências. Desde a década de setenta, no âmbito de estudos sobre Educação em Ciências, assiste-se em diferentes países a um grande incremento de investigações sobre as ideias intuitivas das crianças relacionadas com diferentes tópicos científicos, tendo-se esse movimento estendido a Portugal nos finais da década de 80. Existem hoje ao dispor da comunidade de professores um extenso inventário de ideias intuitivas dos alunos relacionadas com um vasto número de tópicos ou conceitos científicos. Segundo Driver e outros (1985) *as crianças formam estas ideias e interpretações como resultado das suas experiências do quotidiano em todos os aspectos das suas vidas: através de actividades físicas práticas, conversando com as pessoas em seu redor e por influências dos media* (pg. 2). Muitas das concepções intuitivas das crianças são ideias socialmente aceites (Brook *et al*, 1989).

Estudos levados a cabo em diferentes países, mostram que tais ideias são formas alternativas de olhar o mundo, largamente partilhadas por muitas crianças e adultos, o que provavelmente reflecte a semelhança das experiências físicas e influências sociais geradoras de tais concepções, de país para país (Brook *et al*, 1989; Novak, 1981).

A natureza de tais ideias intuitivas (ou concepções intuitivas) e suas interações com o ensino formal das Ciências têm sido objecto de estudo dos investigadores.

1.1. A natureza das concepções intuitivas

Segundo Driver e outros (1985) as concepções intuitivas - geralmente diferentes das ideias científicas - são: a) *pessoais*, ou seja, próprias de cada sujeito, o que não significa dizer que não sejam partilhadas por diferentes indivíduos; b) *incoerentes*, do ponto de vista científico, pois a mesma criança pode ter diferentes concepções de um tipo particular de fenómeno, usando diferentes argumentos que conduzem a previsões opostas para situações cientificamente equivalentes. Porém, do ponto de vista da criança tais ideias são coerentes, motivo porque são fortemente resistentes à mudança (Osborne & Freyberg, 1991); c) *estáveis*, pois frequentemente permanecem após o ensino formal, e ignoram a contra-evidência, ou interpretam-na em termos das ideias iniciais não se dando conta da contradição entre umas e outra.

Segundo Driver e outros (1985), o estudo das concepções intuitivas revela um modo particular de pensar das crianças na sua interacção com o meio físico, com as seguintes características: a) a percepção tem um papel predominante, ou seja, as crianças baseiam o seu pensamento em aspectos directamente observáveis da situação; b) fazem um enfoque limitado aos aspectos mais salientes em termos perceptivos, o que leva as crianças a interpretarem os fenómenos em termos de propriedades absolutas dos objectos e não em termos de interacção entre os elementos de um sistema; c) o seu interesse e atenção incidem preferencialmente sobre estados

de transição que, do seu ponto de vista, requerem uma explicação, contrariamente aos estados de equilíbrio, em que aparentemente nada há para explicar; d) utilizam um raciocínio causal linear, quer dizer, há uma sequência temporal de causa e efeito, com um sentido preferencial da causa para o efeito, o que torna difícil a compreensão da simetria das interações entre sistemas; e) recorrem a termos com diferentes significados na linguagem corrente e na linguagem científica, oscilando indiferenciadamente entre um e outro dos conceitos sem disso tomarem consciência. As palavras familiares que assumem um significado específico na linguagem científica são um factor de dificuldade (Osborne & Freyberg, 1991); f) usam ora o conceito científico ora a concepção intuitiva correspondente a um certo termo, consoante o contexto em que se encontram, o que é particularmente notório no diferente significado que atribuem a termos científicos, consoante estão em situação de um teste escolar ou em situações da vida do quotidiano. As duas perspectivas, científica e pessoal, coexistem (Osborne & Freyberg, 1991) para além do ensino.

Apesar da natureza pessoal que se reconhece às concepções intuitivas, estudos levados a cabo em diferentes países têm revelado uma certa predominância de concepções intuitivas relativamente a cada tópico científico (Driver et al, 1985; Osborne & Freyberg, 1991) o que significa haver algo de comum às crianças em geral, na génese de tais concepções.

Deanna Kuhn e seus colaboradores levaram a cabo estudos partindo do pressuposto de que *as competências de coordenação entre teorias e evidência são o que melhor define o pensamento científico* (Kuhn, 1988, pg. 3). Do seu ponto de vista as crianças, tal como o cientista, *desenvolvem o seu pensamento num processo de coordenação entre as suas teorias naïf e a evidência* (Kuhn, 1988, pg. 4). Uma das condições para uma boa coordenação consiste numa clara distinção entre teoria e evidência. As crianças ao revelarem uma insuficiente ou mesmo ausência de diferenciação entre teoria e evidência revelam também formas imaturas de coordenação entre ambas. A mudança conceptual que estes autores preconizam, será o resultado de cada vez mais evoluídas formas de coordenação entre as teorias da

criança e a evidência, produzindo-se uma sucessão de diferentes teorias numa gradual aproximação à teoria científica.

Um dos domínios particularmente estudados por Deanna Khun, Eric Amsel e Michael O' Loughlin (1988) é o da inferência causal. Notam que, quer no pensamento do quotidiano em geral, quer no pensamento das crianças, se toma a covariância - variação de uma variável acompanhada de uma variação de outra - como sinónimo de causalidade. Referem igualmente que a maioria dos estudos sobre inferência causal em crianças, baseia-se em situações em que duas causas potenciais competem uma com a outra. Do ponto de vista de Einhorn & Hogarth (1986), o modo mais significativo de estudar o raciocínio causal não é forçar as crianças a escolher uma de entre duas causas, mas sim escolher uma de entre várias possíveis causas de um efeito.

Kuhn e seus colaboradores (1988) verificaram que as crianças têm dificuldade em avaliar uma mesma evidência considerando diferentes teorias causais alternativas. Tal facto é gerador da tendência para a *falsa inclusão*, ou seja, o estabelecimento de falsas relações de causalidade. Dada a tendência para se tomar uma simples covariância como equivalente de uma relação causal entre dois factores, são desde logo excluídos outros potenciais factores de causalidade.

Frequentemente as crianças apreciam uma mesma evidência relacionando um aspecto com uma teoria consistente com a evidência e outro aspecto com uma outra teoria inconsistente com tal evidência. Explicam estes autores que tal ocorrência decorre do facto de a evidência não se apresentar como uma entidade única invariante perante diferentes teorias. Por outras palavras, trata-se de oscilar entre diferentes ideias, eventualmente contraditórias, para descrever um mesmo fenómeno a que corresponde uma só explicação científica.

Verificaram ainda, que quando a teoria preferida da criança e a evidência são discrepantes, há frequentemente uma tendência do sujeito para ajustar a evidência à teoria, ora ignorando a evidência na totalidade, ora ignorando-a em parte, distorcendo-a. E fazem-no sem que, aparentemente, disso tenham consciência. Inversamente,

quando a teoria é moderadamente sustentada pela evidência, os sujeitos tendem a reafirmar apressadamente o acordo da evidência com a teoria, antes de analisarem todas as implicações da evidência.

1.2. As concepções intuitivas da criança e a perspectiva do cientista

Vários autores têm admitido que as concepções intuitivas das crianças coincidem com teorias científicas que foram no passado sustentadas pela comunidade científica. Deste ponto de vista a mudança conceptual em direcção aos conceitos científicos, teria o carácter de uma ontogenia do conhecimento com um razoável paralelismo com a filogenia do conhecimento. Como exemplos de tais semelhanças apontam-se o calor descrito pelas crianças como uma substância e a teoria do *calórico*; a visão em termos de raios emitidos pelos olhos em direcção aos objectos como era admitido pelo modelo de visão da escola pitagórica; a visão aristotélica da queda dos graves, presente nas crianças e adultos sem especial formação científica; a explicação do movimento como resultante de uma força inerente ao objecto, como na teoria do *imptus*; etc.

Como os homens de Ciência, que são forçados num período de "Revolução Científica" a mudar o paradigma, também os alunos têm um longo caminho a percorrer afastando-se das representações e convicções que trazem para a aula, para compreenderem e assimilarem os modelos explicativos que se lhes apresenta. (Driver, 1983, pg. 93).

Contudo a mesma autora considera que seria imprudente estabelecer um paralelismo entre a História da Ciência e as ideias da criança. Em primeiro lugar porque há apenas alguns elementos em comum entre uma ideia da criança e o seu correspondente histórico; em segundo lugar porque as ideias usadas no passado pelos cientistas eram parte de um sistema conceptual coerente, o que não se verifica com as ideias das crianças (Driver, 1985).

Schollum e Osborne (1991) consideram haver diferenças de perspectiva entre a criança e o cientista em quatro aspectos:

a) As crianças têm limitada capacidade de pensar em termos abstractos, pelo que o seu pensamento se concentra na sua experiência do quotidiano. Pelo contrário, os cientistas elaboram concepções para o que não é directamente observável (átomos, campos eléctricos, etc.), bem como concepções que não têm qualquer realidade física (energia potencial);

b) As crianças aceitam mais do que uma explicação para um determinado acontecimento, mesmo que contraditórias. Os cientistas buscam a coerência; buscam reduzir a probabilidade do inesperado através das suas teorias, enquanto as crianças se interessam pelo irregular, imprevisto e surpreendente;

c) Os interesses das crianças, processos de pensamento e construção de significados, estão inexoravelmente limitados pela sua maturidade cognitiva, experiência e uso da linguagem, que têm características muito pessoais. Porém os interesses dos cientistas, partem de um conhecimento muito amplo, colectivamente adquirido pela comunidade científica, recorrem a sofisticados meios de ampliar o poder dos sentidos, a uma linguagem precisa e definições operacionais, partilhados pela comunidade científica a que pertencem;

d) As crianças, apenas nas aulas de Ciências têm contacto com pessoas munidas de uma perspectiva científica, enquanto o cientista desenvolve toda a sua vida profissional e não só em contacto com pessoas com uma perspectiva científica.

Segundo Deanna Kuhn (1988),

(...) a metáfora da criança como um cientista é (...) correcta num sentido, mas não o é noutro sentido. É correcta no sentido em que T. Khun caracteriza o pensamento científico como uma sucessão de teorias que se substituem umas às outras. Os nossos resultados sugerem, contudo, que a metáfora da criança com um cientista no sentido de um cientista intuitivo com o mesmo conjunto de competências e conceitos que o cientista, é ilusória. (Khun, 1988, pg. 34).

Kelly argumenta que todos somos uma espécie de cientistas, na medida em que as crianças desde muito cedo tentam construir uma visão do mundo em que vivem, em termos das suas experiências, seus conhecimentos do quotidiano e a sua linguagem (Osborne & Freyberg, 1985). Harlen (1992), partindo da teoria da *falsificabilidade* de Popper, segundo a qual uma teoria se diz científica desde que possa ser testada e refutada pela evidência, argumenta que as ideias que as crianças constróem podem igualmente ser qualificadas de científicas se preencherem aqueles atributos. Afirmar a autora que *aprender Ciência e fazer Ciência seguem caminhos semelhantes* (Harlen, 1992).

Quando as ideias existentes nas crianças são consideradas, a aprendizagem é entendida como mudança destas ideias por via da sua testagem contra a evidência - do mesmo modo que os cientistas testam as suas teorias. A mudança pode envolver modificação ou rejeição das ideias iniciais ou a adopção de ideias alternativas que melhor se ajustem à evidência. (Cavendish et al, 1990).

Deanna Khun (1988) considera uma distinção fundamental entre *pensar com* uma teoria e *pensar sobre* uma teoria. Pensar sobre uma teoria só é possível na medida em que esta seja tomada pelo sujeito como entidade distinta da evidência, podendo deste modo, em si mesma, tornar-se objecto de cognição. É a capacidade de pensar sobre a própria teoria - competências metacognitiva - que permite um elevado nível de coordenação entre a teoria e a evidência, sendo esta coordenação, do ponto de vista da autora, o fundamental do pensamento científico. Assim sendo, a principal distinção entre a criança e o cientista na construção de teorias explicativas do mundo progressivamente mais consistentes com a evidência, reside no baixo nível ou ausência de competências metacognitivas da criança, por um lado, e no elevado nível de competências metacognitivas do cientista, por outro lado.

Osborne & Freyberg (1985) sustentam que é nas semelhanças e nas diferenças entre a "Ciência" da criança e a Ciência do cientista que podemos encontrar o fundamental de uma teoria de ensino e aprendizagem da Ciência.

1.3. O ensino das Ciências numa perspectiva de mudança conceptual

Ainda antes de um estudo sistemático e extensivo da natureza das concepções intuitivas da criança e suas interações com o ensino formal das Ciências, já Ausubel, Piaget e Wallon, preconizavam nas suas teorias que o que a criança é capaz de aprender, depende pelo menos em parte do que ela já tem na sua mente, bem como do contexto de aprendizagem. Os estudos posteriores só vieram reforçar este ponto de vista: *a não ser que saibamos o que as crianças pensam e porque pensam assim, teremos poucas possibilidades de produzir impacto com o nosso ensino, independentemente de sermos muito habilidosos no nosso procedimento* (Osborne & Freyberg, 1985).

Driver *et al* (1985) aceitam a hipótese do modelo cognitivo, segundo o qual, a informação apresenta-se organizada na mente em diferentes conjuntos de elementos designados *esquemas*. Assim o modo como uma nova informação é apreendida depende tanto da natureza da nova informação, como da estrutura de esquemas do aprendiz. Num contexto de aprendizagem das Ciências, tais esquemas são os *conhecimentos* da criança em determinados domínios que, por sua vez, estão mais ou menos relacionados entre si em estruturas.

Quando um estudante revela várias ideias contraditórias, diferentes esquemas são postos em jogo; estas ideias permanecem estáveis na medida em que os esquemas a elas ligados estão integrados em estruturas, e a mudança de qualquer dessas ideias pode requerer a modificação de toda a estrutura em que os esquemas se integram e não só um dos elementos da estrutura. (Driver *et al*, 1985, pg. 5).

E mais adiante acrescentam os mesmos autores:

(...) para integrarem (...) novos conceitos, as crianças poderão precisar de modificar a organização das suas ideias de forma tão radical, que poderá tomar o carácter de uma espécie de "revolução" no seu pensamento (Driver *et al*, 1985, pg. 199).

É por isso que variados autores (Driver, *et al*, 1985; Osborne *et al*, 1985; Khun *et al*, 1988; Harlen, 1992) sublinham que o aluno pode ser confrontado com evidências contrárias às suas expectativas, sem que o acontecimento discrepante baste para que se dê lugar a novas ideias concordantes com a evidência. O professor de Ciências não

poderá pois ter a pretensão de que as ideias científicas sejam adquiridas pelos alunos, num simples processo de substituição ou sobreposição às concepções intuitivas, mas sim pela via de um processo de interação entre ideias científicas e ideias intuitivas da criança (Driver et al, 1985; Tasker & Freyberg, 1985). Para tal são necessários tempo e estratégias adequadas.

Nas situações de ensino-aprendizagem, um importante factor de dificuldade reside desde logo na frequente discrepância entre o propósito que o professor tem em mente com as actividades de aprendizagem e a interpretação que dela fazem os alunos, adoptando estes propósitos não coincidentes com os do professor (Driver et al, 1985; Tasker & Freyberg, 1985). Sobre este assunto, Osborne e Freyberg (1985) citam uma frase de um professor de Ciências que é particularmente elucidativa: *eles (os alunos) concentram a sua atenção em coisas que eu jamais imaginaria*. Tasker e Freyberg (1985), levaram a cabo estudos que lhes permitiram identificar as seguintes discrepâncias, entre os propósitos do professor e as interpretações adoptadas pelos alunos para as actividades da aula:

1 - *Discrepâncias quanto à intenção*

As lições são normalmente vistas pelo professor como parte integrante de um conjunto eventualmente já iniciado e a prosseguir, conjunto esse com um propósito global. Pelo contrário o aluno apreende frequentemente cada lição como uma unidade isolada, logo sem a percepção do propósito global que o professor tem em mente. Por outro lado os alunos, com frequência não têm qualquer ideia dos aspectos críticos de uma experiência, que do ponto de vista do professor são a base fundamental para as aprendizagens esperadas. Esse facto dá lugar a que os alunos ignorem os resultados mais relevantes e se fixem em resultados secundários.

2 - *Discrepâncias quanto à acção*

Não havendo um propósito claro que guie os alunos nas suas actividades, estas passam a ser executadas de forma mecânica, em obediência a um conjunto de instruções que se segue como uma receita de cozinha, sendo pois bastante reduzido o nível de investimento intelectual.

3 - *Discrepâncias quanto aos resultados*

Não sendo claro na mente do aluno o propósito da actividade, nem havendo uma noção dos aspectos críticos que permitam a antecipação mental de determinados resultados, então o resultado torna-se matéria de adivinhação do que se julga ser o que o professor pretende, ou então dão lugar a uma busca, a qualquer preço, do que se tem antecipadamente como a "resposta certa".

4 - *Discrepâncias de atitude quanto aos resultados*

Um aspecto importante da educação científica é a apreciação crítica de resultados. Tal atitude só acontece no final de um processo de busca pessoal, dirigido por um propósito determinado, com elevado investimento intelectual e afectivo. No processo de adivinhação ou na fabricação da "resposta certa", nada há para analisar criticamente.

5 - *Discrepâncias quanto à visão do mundo*

Os professores pressupõem que o aluno avalia a experiência e resultados na perspectiva do cientista, quando o que é frequente é uma perspectiva muito pessoal, dada a sua experiência anterior e conhecimentos que possui. Por outro lado são impostos ao aluno resultados de uma actividade, em termos de formulações científicas não perceptíveis e sem relação com a experiência realizada, aos olhos do aluno.

Do ponto de vista dos autores, tais discrepâncias ocorrem

(...) porque os planificadores do currículo e os professores tendem a ver as tarefas de investigação dos alunos, em larga medida, na sua própria perspectiva científica. Esta prática tem encorajado um conjunto de errados pressupostos sobre como o aluno responderá e o que o aluno aprenderá com tais actividades (Tasker & Freyberg, 1985, pg. 77).

Em consequência dos múltiplos estudos, vem-se preconizando um modelo de ensino-aprendizagem das Ciências que toma como ponto de partida as ideias e modos de pensar das crianças e adopta estratégias tendentes a uma progressiva evolução de tais ideias e modos de pensar em direcção às ideias e modos de pensar científicos (Driver,

et al, 1985; Osborne et al, 1985; Khun et al, 1988; Harlen, 1992). Trata-se do que se vem designando em variada literatura de *mudança conceptual*. Assim sendo, a questão da aprendizagem não se coloca em termos de uma dicotomia entre aquisição ou não de ideias científicas, mas em termos de um processo evolutivo, através do qual se percorrem diferentes ideias, progressivamente mais próximas das ideias científicas (Khun *et al*, 1988). Harlen (1992) admite no processo de aprendizagem a passagem por diferentes graus de cientificidade das ideias, ao assumir a expressão "ideias mais científicas" , ou seja, em conformidade com uma maior variedade de fenómenos. Na aprendizagem caminhar-se-ia das ideias intuitivas das crianças para ideias progressivamente "mais científicas".

1.4. Estratégias de mudança conceptual

Quando a mudança conceptual acontece, estamos em presença de um longo e lento processo. Como todos os seres humanos, as crianças têm tendência a interpretar novas situações em termos do que já sabem, portanto reforçando as suas concepções anteriores. (Driver et al, 1985, pg. 1988).

Conforme já referido, Khun e outros (1988) recorrendo ao seu modelo de coordenação entre teoria e evidência, verificaram que em caso de discrepância entre a teoria e a evidência, o sujeito manifesta uma tendência para ajustar a evidência à teoria. Esta situação coloca-nos perante o problema da escolha de estratégias adequadas para promover a mudança conceptual.

Tasker e Freyberg (1991), consideram que no caso de actividades científicas planeadas pelo professor, tendo em vista que os alunos atinjam determinados objectivos, há que evitar as frequentes discrepâncias entre o professor e o aluno: a) o professor deverá assegurar-se de que o seu propósito para a actividade é o mesmo que foi apreendido pelo aluno; b) o professor deve assegurar-se de que a actividade é compreendida e aceite, pelos alunos, como adequada para esse fim; c) o professor

deverá promover a autenticidade dos alunos na obtenção das suas conclusões, valorizando-as e discutindo-as na relação com as conclusões esperadas pelo professor.

Pope e Gilbert (1983), enfatizando a posição epistemológica de Kelly, que à semelhança de Piaget defende a natureza construtivista da aprendizagem, sugerem a necessidade de ser reconhecida a importância do envolvimento pessoal, nos planos intelectual e afectivo, na construção de novas ideias em substituição das velhas ideias. O papel de uma mente activa, capaz de construir novas ideias, modelos e teorias é fundamental. Não basta que externamente seja fornecida uma experiência em contradição com a ideia da criança, nem tão pouco fornecer uma nova explicação que pretensamente tomaria o lugar da concepção intuitiva. As concepções intuitivas são produto de uma elaboração pessoal consolidada ao longo de anos de experiência, e são elas que dão um sentido a tais experiências. *Uma pessoa que seja confrontada com uma nova concepção, não a vai incorporar sem uma boa razão, especialmente se tiver que o fazer à custa de uma concepção existente* (Hewson, 1981).

Na linha do paralelismo entre o modo de fazer Ciência e o desenvolvimento conceptual na aprendizagem, Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982) sugerem que os desenvolvimento de conceitos nos estudantes se processa em duas fases distintas. São as fases de *assimilação* e de *acomodação*, que têm correspondência na História da Ciência no que T. Khun designa de *Ciência Normal* e de *Revolução Científica*, respectivamente. Na fase de assimilação, o desenvolvimento conceptual processa-se lentamente, pois corresponde ao período em que as concepções intuitivas dão sentido a novas experiências de forma satisfatória. Quando porém surgem novos fenómenos que revelam a inadequação das concepções existentes, impõe-se a necessidade de substituição ou reorganização das mesmas. É essa fase mais radical de mudança conceptual que designam aqueles autores de acomodação. Assim preconizam que um ensino eficaz deve privilegiar a criação de condições favoráveis à acomodação, pois é esta fase que corresponde a uma aprendizagem mais acentuada.

Segundo Hewson (1981), mais tarde corroborado por Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982), impõem-se quatro condições para que o fenómeno de acomodação se

verifique: a) deve haver insatisfação com as concepções existentes, para o que concorre a observação de fenómenos não assimiláveis por essas concepções; b) a nova concepção deve ser inteligível, ou seja, deverá o aluno ser capaz de a incorporar significativamente na sua estrutura mental, sem ter que a memorizar; c) a nova concepção deve ser plausível, quer dizer, deve pelo menos compreender a explicação de fenómenos antes explicados pela concepção em vias de ser substituída; d) a nova concepção deve ser frutuosa, ou seja, deve oferecer a possibilidade de novos *insights* relativos a outros fenómenos.

Um conjunto variado de modelos de ensino-aprendizagem propostos (Karplus, 1978; Erickson, 1979; Nussbaum & Novick, 1982; Renner, 1982; Rowel & Dawson, 1983; Driver et al, 1985; Cosgrove & Osborne, 1991) tendo em vista a mudança conceptual, apresenta os seguintes elementos em comum: a) levantamento de concepções intuitivas; b) conflito conceptual entre concepções intuitivas e novas ideias; c) promoção da acomodação cognitiva visando a aceitação de novas ideias. A título ilustrativo apresentemos alguns desses modelos.

Segundo Driver e outros (1985) :

a) Deve ser dada aos alunos a oportunidade de explicitarem as suas ideias, em trabalho de grupo, em discussões com toda a turma, questionando os alunos ou pedindo-lhes que façam desenhos representativos das suas ideias.

b) Há que recorrer-se a fenómenos contra-intuitivos, na medida em que o inesperado estimula a criança a pensar, gera conflito e insatisfação com a sua própria ideia e cria a necessidade de mudança.

c) O questionamento socrático pode ajudar os alunos a apreciar a possível ausência de consistência no seu pensamento, tendo em vista a reconstrução de ideias de um modo mais coerente.

d) Há que encorajar a criação de diversos esquemas conceptuais a serem avaliados em confronto uns com os outros. A pretensão de que os alunos construam eles próprios os seus significados, requer que os alunos reflectam sobre o seu

pensamento e se afaste da sala de aula o síndrome da "resposta certa" que inibe um pensamento genuíno e autêntico.

f) Deve ser estimulada a utilização das ideias em diferentes contextos. Para o cientista uma experiência fornece informação geral sobre uma classe de fenômenos. Porém a aprendizagem que a criança realiza a partir de uma experiência fica frequentemente limitada ao contexto particular em que se verificou. É pois a aplicação dessa aprendizagem a diferentes situações que permite à criança testar a extensão e os limites de uma nova ideia, aumentando desse modo o seu conhecimento.

Há aspectos desta proposta de Driver e seus colaboradores que nos merecem uma reflexão, à luz do pensamento de outros autores. Nussbaum (1985) enfatiza que *a não ser que os alunos adquiram uma elevada consciência dos elementos das suas próprias concepções é pouco provável ter-se a genuína sensação de conflito* (pg. 143). Por isso a explicitação e confronto de diferentes concepções intuitivas dos alunos visa essa tomada de consciência, por forma a que a criança seja capaz de se descentrar da sua ideia, passando a considerá-la uma entre outras possíveis ideias e possa então beneficiar do conflito conceptual. Por sua vez Deanna Kuhn (1988), que define níveis de pensamento científico em termos de competências de coordenação entre teoria e evidência, e estabelece a diferença entre *pensar com* uma teoria e *pensar sobre* uma teoria, diz-nos que:

A pessoa que apenas pensa com as teorias não tem consciência e controlo das interacções das teorias com a evidência no seu próprio pensamento. A pessoa que adquiriu a competência de pensar sobre as teorias e sobre como a evidência que as sustenta adquiriu um considerável grau de consciência e controlo sobre tal interacção. Nós sugerimos que esta competência é metacognitiva no sentido profundo do termo. (...) Os nossos resultados (...) sugerem que o domínio destas competências reflectem um avanço em termos de desenvolvimento. (Kuhn, 1988, pg. 228).

Consequentemente esta autora sustenta que o desenvolvimento do pensamento científico tem mais a ganhar com o desenvolvimento de estratégias metacognitivas em contextos muito específicos e limitados, do que o ensino didáctico de estratégias, de forma geral e abstracta. Por outras palavras, é preferível que o professor proponha

para resolução um só problema novo, que ofereça ao estudante a possibilidade de desenvolvimento de estratégias metacognitivas, do que propor a resolução rotineira de um grande número de problemas familiares segundo uma estratégia previamente ensinada.

Do ponto de vista de Khun (1988), uma coordenação ideal entre teoria e evidência requerem:

a) Competências de se pensar sobre uma teoria, e não apenas pensar com ela. Se uma pessoa não tem consciência da sua teoria é incapaz de fazer dela objecto de cognição. A teoria precisa ser tanto usada quanto contemplada.

b) Capacidade de representar a evidência a ser avaliada como entidade distinta da representação da teoria. Só deste modo teoria e evidência são percebidas como entidades entre as quais se podem estabelecer relações. A excessiva subjectividade consiste na pura assimilação da evidência à teoria do sujeito, sendo aquela tomada como parte desta.

c) Capacidade de, temporariamente, o sujeito se colocar fora do ponto de vista da sua teoria, por forma a avaliar o que a evidência, ela mesma, significa para a teoria. (Khun, 1991). É em diferentes graus de desenvolvimento destas competências que, segundo a autora, se situam as diferenças de desenvolvimento em termos de pensamento científico e conseqüentemente entre a criança e o cientista.

West & Pines, referidos por Freyberg & Osborne (1991),

(...) enfatizam que não podemos ignorar os sentimentos do aluno como uma componente importante do processo. A sensação de êxito, poder e satisfação, que advém da aprendizagem de como fazer algo; a satisfação emocional por ver regularidades no que antes era confusão; o sentimento de entusiasmo derivado de ideias e pontos de vista semelhantes aos dos companheiros; e possivelmente em contraste o sentimento de conforto de que descobrimos a verdade, apesar do que outros pensam - tudo isto influencia o desejo de mudança conceptual (...). (Freyberg & Osborne, 1991, pg. 85).

Uma tal ênfase nos sentimentos e significados construídos pelos alunos conduz ao chamado modelo de ensino *generativo* (Freyberg & Osborne, 1991). Este modelo contém uma fase preliminar e três fases de desenvolvimento.

1 - *Fase preliminar*

Esta fase compreende: a) conhecimento e familiarização, por parte do professor, com as ideias típicas das crianças sobre o tópico em estudo, o que poderá ser efectuado quer através de inventários já efectuados, quer fazendo esse levantamento na própria turma uns dias antes; b) compreensão por parte do professor das ideias que os cientistas usam para descrever e explicar os fenómenos; e c) uma apreciação crítica do professor das ideias que ele próprio tende a utilizar na explicação dos fenómenos.

Preparar inventários de questões a pôr na aula e preparar uma introdução quanto ao desenvolvimento histórico de ideias científicas podem complementar esta fase.

2 - *Fase de focalização*

Trata-se de promover actividades que focalizem a atenção dos alunos num fenómeno particular ou que pensem no significado das suas próprias palavras. O propósito desta fase é que os alunos tomem a responsabilidade da sua própria aprendizagem, ajudando-os a interpretar as suas respostas, a familiarizarem-se com o contexto e a genuinamente tentarem clarificar os seus pontos de vista.

3 - *Fase de desafio*

Os diferentes pontos de vista dos alunos são confrontados e postos à discussão. O professor poderá introduzir quando necessário o ponto de vista científico a um nível adequado e em linguagem acessível às crianças, como sendo mais um ponto de vista. Esta fase pode requerer considerável ensino e discussão com toda a turma. É desejável que esta fase se conclua com os alunos fazendo muitas perguntas na tentativa de acomodar novas ideias.

4 - *Fase de aplicação*

Esta fase consiste na resolução de problemas que requerem a utilização do ponto de vista científico, ou em que o ponto de vista científico é finalmente adquirido pela

resolução do problema. Continua a ser essencial o papel activo do professor: diagnosticando ideias dos alunos, encorajando-os a tentarem soluções alternativas, desafiando-os a pensar nos fenómenos segundo outros pontos de vista, em suma envolvendo-os numa atitude reflexiva (Freyberg & Osborne, 1991).

É de sublinhar a chamada de atenção dos autores para o facto de que o ensino generativo é essencialmente activo e caracteriza-se por uma constante interacção entre professor e alunos, e nenhum material escrito para os alunos pode substituir tais interacções. Sustentam ainda os autores que o fornecimento de materiais escritos para o aluno, conduzirão com grande probabilidade os professores à tentação de os passar directamente para os alunos, na errada suposição de que desta forma fica assegurado o papel que lhes competiria.

Finalmente somos alertados para o seguinte:

(...) se queremos evitar afastar muitos alunos da Ciência, devemos ter o cuidado de não insistir na mudança conceptual à custa da auto-confiança da criança, do seu entusiasmo e curiosidade sobre o mundo, e o seu sentimento do que constitui uma explicação sensível. (Freyberg & Osborne, 1991, pg. 90).

Segundo Cavendish e outros (1990) e Harlen (1992), na mudança conceptual desejável no ensino das Ciências, jogam um papel fundamental os *processos científicos*.

Harlen (1992) sustenta que:

A medida em que as ideias evoluem para ideias mais "científicas" (em conformidade com uma maior gama de fenómenos) depende do modo como tais ideias são aplicadas e testadas a novas situações, isto é, do uso dos processos científicos (Harlen, 1992) .

De acordo com Cavendish e outros (1990) os processos científicos, que envolvem actividade física e mental,

são os meios por via dos quais são estabelecidas as ligações entre as ideias que a criança transporta da sua experiência anterior e as suas novas experiências, bem

como o modo de testar tais ideias no sentido de verificarem se elas permitem a compreensão das novas experiências. (Cavendish et al, 1990).

Na medida em que a temática dos processos científicos ocupam um lugar central na presente investigação, passemos a uma breve revisão de literatura sobre essa matéria.

2. OS PROCESSOS DA CIÊNCIA NO ÂMBITO DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

2.1. Perspectiva histórica do ensino das Ciências com ênfase nos processos

A *British Association for the Advancement of Science*, criada em Inglaterra na primeira metade do século XIX, tinha de início objectivos fundamentalmente relacionados com os directos interesses da comunidade científica, posicionado-se pois à margem das questões da educação. Contudo, em 1855 a referida associação assume em relatório tornado público, que a educação científica nas escolas é um importante instrumento de prossecução da sua finalidade fundamental: a promoção do avanço da Ciência (Jenkins, 1989). Passando pois a reflectir sobre esta temática, o relatório da *British Association* de 1867 faz desenvolvidas considerações sobre o ensino das Ciências nas escolas públicas e, a esse propósito, introduz uma importante distinção entre *informação científica* e *treino científico*. Reconhecendo embora a importância de ambos os aspectos, a *British Association* recomenda que o principal benefício da educação científica seja o hábito científico da mente (*scientific habit of mind*), considerado de um valor incalculável para o futuro dos alunos, independentemente dos percursos de vida que venham a seguir (Jenkins, 1989). O *treino científico* referido por aquela associação, entendido como *o conhecimento de métodos que pode ser adquirido pelo estudo dos factos em primeira mão (at first hand) sob a orientação de um professor de Ciências competente* (Jenkins, 1989, pg. 26), aparenta ser, à luz da literatura disponível, a primeira vez que é levantada a questão da educação científica escolar dever considerar como um dos seus objectivos a aprendizagem do método científico. Em 1918 um outro relatório da *British Association* recomenda que

a Ciência seja ensinada no sentido de promover o desenvolvimento pessoal do aluno, em vez de ter como único objectivo a elevação do potencial científico do país. Nas últimas duas décadas do século passado a preocupação relativamente ao método científico ressurgiu em Inglaterra por via do trabalho de H. E. Armstrong. No início deste século, Dewey (1916) argumentava que a familiaridade com o método científico era mais importante do que os conteúdos, em especial para todos aqueles que futuramente não venham a ter profissões científicas. Mais recentemente, na década de 60, inicia-se com o projecto Nuffield uma etapa em que os currículos de Ciências efectivamente passam a acolher uma abordagem do ensino das Ciências com ênfase nos processos científicos (Millar & Driver, 1987). Por essa altura a perspectiva de identificação de ideias chave a desenvolver pelas crianças em geral, ou a escolha de áreas de experiência comuns a todas as crianças, foram rejeitadas como sendo detractoras da ênfase nas competências de processo que se pretendia (Harlen, 1984).

Em 1985 o *Department of Education and Science* assume que *a característica essencial da educação em Ciência é que ela introduz os alunos nos métodos da Ciência* (DES, 1985) e sugere que os cursos devem proporcionar aos alunos oportunidades para desenvolverem um conjunto de processos científicos que são aí enumerados. Aí se sugere a ideia de método científico *como uma série de passos que começando na observação conduz por via da classificação à extracção de inferências e formulação de hipóteses, culminando no teste experimental* (Millar, 1989, pg. 47). Segundo Millar e Driver (1987) o programa de avaliação em Ciências *Assessment Performance Unit* (APU) desenvolvido entre 1981 e 1985 deu um grande impulso à perspectiva de um ensino das Ciências com ênfase nos processos científicos, no Reino Unido, em virtude da imposição de avaliação de objectivos nesse domínio que aí consta. Os currículos estabelecem uma clara distinção entre *conteúdo* e *processo*, e

segundo Halliwell (1966) citado por Jenkins (1987) o objectivo era *que os alunos pensem do modo que os práticos da Ciência pensam*.

A expressão *processos científicos* foi adoptada pelos planificadores do currículo em resultado das ideias contidas no projecto americano de Ciências para a escola primária, *Science - A Process Approach*, que se baseava na perspectiva de Gagne de uma Ciência escolar como processo, em contraponto à tradicional visão de um ensino das Ciências visando a transmissão de conteúdo científico (Millar & Driver, 1987). Esta terminologia comunga de idênticas preocupações às que estão subjacentes ao propósito de um ensino das Ciências com ênfase no método científico. Acrescenta-lhe porém a ideia de que o método científico é o resultado de um conjunto de acções particulares identificáveis que o cientista usa de uma forma global e articulada, que designa de processos científicos, sendo eles: observar, usar relações espaço/tempo, classificar, usar números, medir, comunicar, prever, inferir, controlar variáveis, interpretar dados, definir operacionalmente, formular hipóteses e experimentar. *Science ... A Process Approach II tem por objectivo tornar as crianças capazes de fazerem o que os cientistas fazem. As crianças adquirem competência nos processos que os cientistas usam* (SAPA II, Program Guide, 1976, pg. 2).

Segundo Jenkins (1987) foram os importantes contributos para a Psicologia Cognitiva e da Aprendizagem de Piaget, Bruner e Gagne, que influenciaram de forma decisiva a nova tendência do ensino das Ciências iniciada na década de 60, com ênfase nos processos da Ciência. Em Piaget é de destacar o papel reconhecido pela experiência e acção sobre os objectos como factores de reestruturação das estruturas cognitivas do sujeito que ocorre no processo de aprendizagem; em Bruner sublinhe-se a tese de que a actividade intelectual é da mesma natureza, quer ao nível da escola elementar, quer nas fronteiras do conhecimento; e em Gagne é relevante a assunção

de que os processos segundo os quais os alunos aprendem Ciências são os mesmos que o cientista utiliza na investigação científica.

Poucos contestam a tese de que a educação científica tem sido tradicionalmente dominada pela transmissão do conhecimento adquirido como o principal modo de ensino, e a recordação de factos como o principal meio de avaliação (Wellington, 1989, pg. 7), sendo o reconhecido fracasso deste modelo o ponto e partida para as inovações curriculares que colocam os processos da Ciência no centro das preocupações da educação científica.

Numa síntese de argumentos a favor de um currículo das Ciências centrado nos processos Wellington (1989) enumera os seguintes:

a) O modelo de ensino baseado na transmissão de informação científica fracassou;

b) O modelo de educação científica centrada nos processos torna a Ciência escolar mais acessível aos alunos menos capazes, sendo pois mais conforme a reivindicação de uma educação científica para todos;

c) A explosão da informação bem como a existência de desenvolvidas tecnologias de informação que tornam fácil e cómodo o acesso à informação, fazem com que o ensino e memorização de factos seja altamente questionável;

d) Os factos científicos são datados e rapidamente ultrapassados no tempo de modo que não devem constituir a base da educação científica;

e) As competências, especialmente as competências genéricas e transferíveis, são mais relevantes para os alunos do que o conhecimento.

Apesar do forte argumento de que os novos currícula de Ciências deveriam promover nos alunos uma aprendizagem à imagem e semelhança de como o cientista faz Ciência - como forma de promover nos alunos a compreensão e da natureza da Ciência - Wellington (1989) e Hodson (1985) fazem notar que a viragem iniciada em meados deste século na compreensão da história, filosofia e sociologia da Ciência não foi tomada em consideração nem influenciou as novas opções curriculares em Ciências.

As críticas à educação científica com ênfase nos processos têm-se intensificado (Hodson, 1985; Millar & Driver, 1987; Wellington, 1989), contudo essa tendência de inovação curricular ganhou simpatia e adesão dos planejadores do currículo (a realidade da sala de aula é uma outra questão) em muitos países por todo o mundo. Segundo Jenkins (1989) as principais razões que explicam uma tal vaga de adesão são:

a) A ideia muito facilmente disseminada de que numa época histórica de explosão da informação, a competência de aquisição de nova informação é pelo menos tão importante como a informação já adquirida. A educação científica com ênfase nos processos desenvolveria competências de aquisição de nova informação;

b) O reconhecimento de um mais elevado estatuto cognitivo às competências de processo do que aos conhecimentos, especialmente tratando-se de competências transferíveis entre vários domínios;

c) A assunção de uma maior acessibilidade dos processos científicos por parte dos alunos, comparativamente com a aquisição de conceitos científicos frequentemente muito abstractos, o que alargaria o interesse pelas Ciências a um maior espectro da população escolar.

Segundo Millar (1989) e Millar & Driver (1985) o que tem sido determinante em tal adesão é a convicção generalizada de que o modelo de ensino com ênfase nos processos constitui uma alternativa frutuosa a um modelo de ensino falhado, oferecendo uma perspectiva de ensino em que os alunos assumem um papel mais activo, conforme reclamam as teorias psicológicas cognitivo-construtivistas.

2.2. Processos científicos: contributos para a sua definição

Hodson (1985) sustenta que variadas investigações têm falhado em obter conclusões claras e consistentes quanto ao conhecimento do método científico por parte das crianças e as suas competências em utilizarem os processos científicos. E acrescenta que tal vem acontecendo em resultado da incerteza sobre o que são tais métodos e

processos e conseqüentemente da falta de clareza sobre como os medir. Segundo Millar e Driver (1987) existe o risco de não medirmos o que pensamos estar a medir, na medida em que pretendendo-se avaliar processos de pensamento, normalmente o que se pode observar são os seus resultados. E acrescentam ainda estes autores a seguinte interrogação: se os processos científicos são fortemente dependentes do conteúdo e do contexto em que são ensinados, deveremos interpretar o resultado da avaliação em termos de um efectivo domínio do processo científico em causa, ou em termos do grau de familiaridade com o conteúdo e o contexto de avaliação? É em ambos os casos um problema de validade da avaliação que se coloca.

Um estudo de Tamir e Lunetta (1981) mostra que muitos professores, usando os novos cursos de Ciência, falham em promover oportunidades de ensino-aprendizagem consistentes com os objectivos declarados de desenvolvimento de competências de investigação.

Estas considerações levantam, entre outras questões, uma de fundamental importância: como definir processos científicos? A resposta a tal questão é desejável quer do ponto de vista das estratégias de ensino-aprendizagem, tendo em vista o desenvolvimento de competências em processos, quer do ponto de vista dos instrumentos de avaliação a adoptar.

Millar e Driver (1987) consideram existir em torno do termo *processos* três diferentes significados, cada um dos quais apontando para diferentes implicações: a) os processos que os cientistas usam na investigação do mundo natural; b) os processos cognitivos dos alunos utilizados na aprendizagem das Ciências; e c) os processos pedagógicos que são postos em prática na sala de aula. Jenkins (1989) considera o primeiro significado como o mais óbvio, o mais sustentável e historicamente significativo. Funk e outros (1982) sustentam que os processos

(...) são as coisas que os cientistas fazem quando estudam e investigam. Os processos são o veículo para gerar conteúdo e o meio por via do qual se formam os conceitos. (...) O ensino com ênfase nos processos baseia-se no exame do que o cientista faz (...)

Com vista a ensinar à criança as competências de processos é necessário (...) que ela actue como um cientista. A ênfase nos processos dá às crianças uma válida compreensão da natureza da Ciência (Funk et al, 1982, pg. xii).

É esta ideia de processos científicos que dá forma ao projecto *Science... A Process Approach* (SAPA) sob a inspiração do psicólogo Gagne. *Ele argumentava que estes processos são competências utilizadas por todos os cientistas, eles são aplicáveis à investigação em todas as Ciências, podem ser aprendidas pelos estudantes e ser transferidas a diferentes domínios de conteúdo* (Millar & Driver, 1987, pg. 35). Young (1983) considera que num contínuo que tem por extremos uma focalização orientada para o conteúdo e outra orientada para os processos, os projectos *Nuffield* e *Science 5/13* situam-se no extremo da focalização orientada para os processos, em virtude de porem *a ênfase sobre o desenvolvimento de uma atitude inquisitiva da mente, mais do que sobre a aprendizagem de factos científicos* (Young, 1983, pg. 9) O projecto *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS) embora estruturado segundo um esquema conceptual que adopta como principais tópicos *matéria e organismo*, define também objectivos de processos.

A terminologia anglo-saxónica usa indistintamente as expressões *science processes*, *process skills* ou simplesmente *skills*, para se referir aos processos científicos, o que corresponderia em português a *processos científicos*, *competências¹ de processos* e *competências*. Harlen (1984) e Cavendish e outros (1990), adoptam a expressão *process skill* (competência de processo) com o argumento de que assim se evita a confusão com habilidades mecânicas quando o termo *skill* é utilizado noutros contextos. Os autores pretendem assim acentuar que as competências de processo (*process skills*) envolvem actividade física e mental.

O termo competência de processo (process skill) combina a noção de competência (skill) e de processo. Uma competência é geralmente entendida como uma habilidade

¹ A melhor tradução à letra para a palavra *skill* seria *destreza*. Pensamos contudo que no contexto da terminologia educacional portuguesa essa palavra não tem tido aceitação. Preferimos pois traduzir o termo *skill* por *competência*...

que pode ser desenvolvida com a prática. Assim uma competência de processo é uma habilidade em executar operações mentais e acções físicas que podem ser desenvolvidas com a experiência.(Harlen, 1984, pg. 5).

Também Fairbrother (1989) levanta a questão da diversidade de terminologias para, clarificando eventuais confusões de significado, afirmar que os processos científicos são acções envolvendo uma componente invisível - o pensamento - e uma componente visível - as acções práticas de manipulação e procedimentos.

A preocupação em tornar operacional a noção de processos para efeitos de ensino e avaliação, tem dado lugar a diferentes listas de processos científicos. O projecto *Science 5/13* estabelece como meta fundamental *Desenvolver o Espírito de Inquérito e Promover uma Abordagem Científica dos Problemas* à qual se subordinam os seguintes objectivos: *desenvolver interesses, atitudes e consciência estética; observar, explorar e ordenar observações; desenvolver conceitos básicos; fazer perguntas e planear experiências ou investigações para lhes dar resposta; adquirir e aplicar o conhecimento e as competências de manuseamento; comunicar; apreciar relações; interpretar resultados de forma crítica.* Nesta lista, embora a preocupação dominante esteja centrada nos processos, encontramos objectivos ao nível do conteúdo, processos e atitudes.

O projecto *SAPA* adopta um conjunto de oito processos básicos e cinco processos integrados, considerando-se que é condição para a consecução dos últimos o domínio dos primeiros (Shaw, 1983). Os processos básicos são: *observar, usar relações espaço/tempo, classificar, usar números, medir, comunicar, prever e inferir.* Os processos integrados são: *controlar variáveis, interpretar dados, definir operacionalmente, formular hipóteses e experimentar.* Cada um destes objectivos é especificado por 3 a 4 objectivos comportamentais.

Funk e outros (1982) apresentam uma lista de 16 processos, cada um deles com 2 ou 3 objectivos comportamentais. Tal conjunto de processos subdivide-se em 6 processos básicos e seis processos integrados que são respectivamente: a) *observar,*

classificar, comunicar, medir, prever e inferir; e b) identificar variáveis, construir uma tabela de dados, construir um gráfico, descrever relações entre variáveis, adquirir e processar dados, analisar investigações, formular hipóteses, definir variáveis operacionalmente, planejar investigações e experimentar.

A perspectiva dos processos do projecto *SAPA*, de Funk e outros (1982), de Talton e outros (1987), que tiveram influência em muitos outros projectos curriculares, têm sido objecto de crítica em dois aspectos: a) a noção de que tais processos são competências gerais independentes do conteúdo, que uma vez adquiridos são os instrumentos de aquisição do conhecimento; e b) a excessiva fragmentação de comportamentos que pela sua natureza não serão compartimentáveis. Segundo Talton e outros (1987), que adoptam também o esquema de processos básicos e processos integrados,

(...) no desenvolvimento de itens para medir competências de processo, foi decidido que os itens (...) não deverão requerer que os estudantes tenham conhecimento conceptual específico de Ciências para dar a resposta ao item. (...) Para responderem correctamente aos itens o estudante deve ser capaz de compreender e aplicar processos científicos e não conceitos científicos (Talton et al, 1987, pg. 3).

E acrescentam que para efeitos de avaliação é preciso

(...) que sejam identificadas definições para cada competências de processo. Estas definições foram compiladas e sintetizadas numa definição operacional para cada processo. O passo seguinte foi examinar cada processo e determinar componentes mais específicas incorporadas no processo (Talton et al, 1987, pg. 2).

Em contraponto a esta perspectiva, vem-se assistindo a uma concepção dos processos que reconhece a sua dependência do conteúdo e do contexto, acentuando-se em particular a dependência do seu nível de desempenho, das ideias que as crianças transportam consigo. Nesta linha de pensamento, Cavendish e outros (1990) definem processos científicos como sendo

(...) os meios por via dos quais se estabelecem as ligações entre as ideias que as crianças possuem em resultado da sua experiência prévia e as novas experiências que elas encontram, e os meios de testar essas ideias a fim de verificarem se elas ajudam à compreensão de novas experiências (Cavendish et al, 1990, pg. 4).

Na mesma linha de pensamento, Russel e Harlen (1990) sustentam uma noção de processos científicos como parte integrante de uma perspectiva construtivista da aprendizagem. Essa é a distinção fundamental que fazem em relação às abordagens centradas nos processos dos projectos *Science 5/13* e *Nuffield Junior Science Project*. Sublinham os autores que tais projectos frequentemente deram lugar, na sala de aula, a simples actividade física, sem pensamento genuíno, e raramente as crianças tinham oportunidades para gerarem e testarem as suas ideias. Do seu ponto de vista, numa adequada ligação de uma ideia inicial a uma nova evidência, bem como no testar dessa mesma ideia a uma nova evidência - como recomenda a perspectiva construtivista da aprendizagem - joga um papel fundamental a utilização dos processos científicos.

Se os processos são aplicados cientificamente, o resultado indicará se sim ou não, a ideia inicial era relevante e útil, ou se requer modificação, ou se deve ser rejeitada e alguma outra ideia ser utilizada para sugerir uma explicação. (...)

Contudo, as competências envolvidas na utilização destes processos também se desenvolvem lentamente nas crianças (tal como a mudança das ideias iniciais em favor de ideias mais “científicas”). De início, elas não serão “científicas”: a observação pode ser superficial e selectiva, de tal modo que apenas a evidência que confirma uma ideia é tida em consideração; as previsões podem ser simples proposições relativas ao que já é conhecido em vez de se basearem num raciocínio do tipo “ se é assim... então acontecerá ...”; os testes podem ser realizados sem um controle dos efeitos para além daquele que está a ser investigado; etc. Se estas inadequações estão presentes no processamento das ideias e da evidência, então poderão ser aceites ideias que deveriam ser rejeitadas e vice versa. Por isso, o desenvolvimento de ideias científicas úteis depende de como os processos são aplicados, ou seja, do desenvolvimento de processos científicos. (...)

Fornecer às crianças ricas e diversificadas experiências acerca do mundo à sua volta é insuficiente, a não ser que elas se envolvam com ele de modo a usarem e desenvolverem processos científicos. O desenvolvimento destas competências é por isso uma elevada prioridade como forma de promover a aprendizagem nas Ciências. (Russell & Harlen, 1990, pg. 13 - 14).

Uma outra tendência actual de reformulação do conceito de processos científicos consiste em considerar cada processo uma categoria mais abrangente, e conseqüentemente, por via de listas de processos menos numerosas procura-se evitar o esparrilho de comportamentos dificilmente fragmentáveis. O *National Curriculum* inglês, que vem sendo implementado desde 89/90, na *Attainment Target 1, Exploration of Science*, estabelece uma lista de seis processos científicos ou conglomerados de processos, designadamente: *formular hipóteses e prever; projectar e planear investigações; executar uma exploração ou investigação; registar dados e resultados; interpretar, extrair inferências, conclusões e deduzir; comunicar as tarefas exploratórias e experiências* (HDERIC - *Hypothesising; Designing and planning an investigation; carrying out an Exploration or investigation; Recording the results or findings; Interpreting, drawing inferences and conclusions, deducing; Communicating the exploratory tasks and experiments.*) (Manchester City Council Education Department, 1988).

Harlen (1992) propõe um conjunto de apenas 6 processos científicos - *observar, formular hipóteses, prever, investigar, interpretar dados e extrair conclusões, e comunicar* - correspondendo cada um a cinco indicadores. Esta autora operacionaliza os processos do seguinte modo:

Observar

- faz uso de diferentes sentidos
- dá-se conta de detalhes relevantes de um objecto e o seu meio em redor
- identifica semelhanças e diferenças
- identifica a sequência em que os acontecimentos se verificam
- usa auxiliares dos sentidos para estudo dos detalhes

Formular Hipóteses

- sugere uma explicação que é consistente com a evidência
- sugere uma explicação que é consistente com algum princípio ou conceito científico
- aplica conhecimento prévio na tentativa de uma explicação

- admite que pode existir mais do que uma possível explicação para um acontecimento ou fenómeno
- reconhece que qualquer explicação tem a natureza de uma tentativa

Uma hipótese é uma proposição que antecipadamente tenta uma explicação para um acontecimento ou característica importante. Quando se formula uma hipótese a explicação sugerida não precisa ser correcta, mas deverá ser razoável em termos da evidência disponível e possível em termos dos conceitos e princípios científicos (Harlen, 1992, pg. 30)

Prever

- fazer uso da evidência da experiência do passado ou presente para antever o que pode acontecer
- usar explicitamente regularidades da evidência para extrapolar ou interpolar
- justificar uma proposição sobre o que vai acontecer ou ser descoberto em termos da evidência presente ou experiência do passado
- revela precaução em fazer assunções com base numa regularidade na sua aplicação para além da evidência que a sustenta
- distingue uma previsão da simples adivinhação

Uma previsão é uma proposição sobre o que poderá acontecer no futuro, ou sobre o que será encontrado que ainda não o tenha sido, que se baseia em alguma hipótese ou conhecimento prévio. (...) A previsão é substancialmente diferente da adivinhação, que não pode ser justificada em termos de uma hipótese ou evidência. (Harlen, 1992, pg. 3).

Investigar

- decide que variável deve assumir diferentes valores (variável independente) e que variáveis devem permanecer com valores constantes (variáveis controladas)
- executa a correcta manipulação das variáveis por forma a que a investigação seja conclusiva (*fair*)
- identifica a variável que deve ser medida ou comparada (variável dependente)
- faz medições ou comparações da variável dependente usando instrumentos apropriados
- trabalha com apropriado grau de precisão

Harlen (1992) sustenta que pode ser atribuído ao termo investigação um significado relativamente restrito

abrindo o que acontece desde o momento em que uma questão para investigação é formulada, ou feita uma previsão derivada de uma hipótese que precisa de ser testada, até ao momento em que é recolhida a evidência que precisa ser interpretada (Harlen, 1992, pg. 32).

Interpretar resultados e extrair conclusões

- liga diferentes fragmentos de informação por forma a dar-lhes um sentido numa visão de conjunto
- identifica regularidades e tendências nas observações ou resultados da investigação
- identifica uma associação entre duas variáveis
- assegura-se de que uma regularidade ou associação se sujeita à prova de todos os dados disponíveis
- revela precaução em fazer assunções sobre a aplicabilidade geral de uma conclusão

Interpretar envolve ver os resultados no seu conjunto por forma a que regularidades ou relações entre eles possam ser identificados (Harlen, 1992, pg. 34).

Comunicar

- fala , escuta ou escreve por forma a organizar ideias e clarificar significados
- faz registos das observações no decurso de uma investigação
- usa gráficos, mapas e tabelas para transmitir informação
- escolhe meios de comunicação apropriados por forma a ser entendido pelos outros
- usa fontes secundárias de informação

Falar, escrever, desenhar ou representar coisas por outros meios são não apenas formas de permitir aos outros conhecer as nossas ideias mas ajuda-nos a organizar e clarificar o nosso pensamento e compreensão. (Harlen, 1992, pg. 35).

2.3. Crítica ao ensino das Ciências com ênfase nos processos

Uma crítica desde logo dirigida ao ensino das Ciências com ênfase nos processos incide sobre a presunção em se definir método e processos científicos. Partindo-se da assunção de que os processos científicos são o que os cientistas fazem na investigação do mundo natural, o problema da sua definição manter-se-ia na medida em que a maioria dos práticos da Ciência não são capazes de explicitar os processos em que estão envolvidos no seu trabalho (Wellington, 1989). Medawar (1969), citado por Wellington (1989), dá-nos uma ideia de tal dificuldade nestes termos:

Pergunte a um cientista o que é que ele concebe como sendo o método científico e ele adoptará uma expressão que é ao mesmo tempo solene e de olhar matreiro: solene, porque ele sente que deve declarar uma opinião; matreiro, porque ele está a considerar como ocultar o facto de que não tem nenhuma opinião a declarar (Wellington, 1989, pg. 16).

No mesmo sentido se pronuncia Millar (1989): *podemos seguramente afirmar que entre os historiadores, filósofos e sociólogos da Ciência não há nenhum acordo geral sobre se a Ciência tem um método ou, se sim, qual é ele (pg. 50)*. Segundo este autor muito do que os cientistas fazem no seu método de trabalho tem o carácter de um conhecimento tácito nos modos de proceder e julgar; uma arte que o cientista vai interiorizando no treino de investigação, sendo algo que se manifesta na sua actividade, mas que não é definível em termos de um conjunto de regras articuláveis numa espécie de algoritmo.

Do ponto de vista do investigador as críticas ao ensino das Ciências com ênfase nos processos podem agrupar-se em três linhas de argumentação: a) uma relativa à filosofia da Ciência; b) uma outra relativa à natureza dos processos de aprendizagem; e c) uma terceira incidente sobre os objectivos da educação científica versus objectivos da actividade científica.

2.3.1. Da filosofia da Ciência

Wellington (1989) nota que, sendo o objectivo de um ensino das Ciências com ênfase nos processos tornar os alunos científicos, não é normal que a novas concepções ao nível da história, filosofia e sociologia da Ciência, emergentes a partir de meados deste século, com os trabalhos de Popper, Khun, Lakatos, Feyerabend, Putman e outros, não tenham enformado os novos currícula de Ciência. Hodson (1985) considera que *há uma urgente necessidade de reconsideração da base epistemológica da Ciência curricular à luz das visões contemporâneas na filosofia e sociologia da Ciência* (pg. 48). Há segundo este autor um problema de conflito entre validade epistemológica do currículo e a necessidade de métodos activos de aprendizagem. Millar & Driver (1987) argumentam igualmente que,

(...) se o ensino das Ciências deve ser feito em termos de (o aluno) dar-se conta de como o cientista trabalha, então deveríamos esperar que os autores (dos currícula) tenham em toda a consideração o modo como a Ciência é vista pela história, a filosofia e a sociologia da Ciência, para se justificar o que deve ser ensinado (Millar & Driver, 1987, pg. 38).

Segundo Gagne (1963) o método científico começa com um conjunto de cuidadosas e sistemáticas observações, prossegue com as medições requeridas, distingue entre o que é observado e o que é inferido, inventa interpretações sempre testáveis e retira conclusões. Trata-se de uma sequência que, supostamente, vai do mais simples para o mais complexo, e que assenta em três pressupostos: a) cada processo é uma competências intelectual específica usada pelos cientistas e aplicável para compreender qualquer fenómeno; b) cada processo é um comportamento identificável do cientista que pode ser aprendido pelos estudantes; e c) os processos são generalizáveis a diferentes domínios de conteúdo e contribuem para o pensamento racional do quotidiano (Finely, 1983). Foi este pensamento que esteve na origem das reformas curriculares com ênfase nos processos e tem mantido a sua influência ao longo de sucessivas décadas. Finely (1983) considera que a premissa filosófica em que se baseia esta visão dos processos e método da Ciência, é que todo o conhecimento se desenvolve por indução a partir da experiência sensorial. Do seu

ponto de vista são criticáveis o indutivismo e o empirismo que estão subjacentes a uma tal visão da Ciência.

Crítica ao Indutivismo

Considerando os quatro passos do processo indutivo, na linha de pensamento de Francis Bacon (1602), Robert Boyle (1672) e Isaac Newton (1687) - a) observação e colheita de dados, b) análise e classificação dos dados, c) derivação indutiva de generalizações a partir dos factos, e d) testagem das generalizações - o primeiro passo é que todos os factos deveriam ser recolhidos sem recurso a hipóteses prévias, sendo a observação científica algo completamente objectivo (Finely, 1983). Do ponto de vista de Hempel (1965, 1966), citado por Finely (1983), nunca se passaria do primeiro passo da investigação científica, pois sem hipóteses não haveria qualquer base para determinar quando é que o número de factos recolhidos seria suficiente para se fazer uma inferência indutiva. E mesmo que se argumente que se deveria ficar pelos factos relevantes, faltaria o critério, necessariamente apriorístico, para se decidir o que são factos relevantes. Existe hoje um largo consenso que rejeita a noção de observação com sendo um processo mediante o qual os sentidos retêm toda a informação disponível de forma objectiva, qual esponja absorvendo toda a água que consegue armazenar, em favor da ideia de que a observação é subjectiva e selectiva, guiada por expectativas, propósitos, intenções e teorias (Kuhn, 1970; Gregory, 1973; Chalmers, 1982; Norris, 1985; Millar & Driver, 1987; Harlen et al, 1988, Popper, 1992).

Quanto ao segundo passo, análise a classificação dos dados, sustenta Hempel (1966) que havendo uma infinidade de formas de organização e classificação de factos, uma determinada organização e classificação inevitavelmente se baseia num determinado conhecimento conceptual. Quanto ao terceiro passo indutivista - a formulação de princípios gerais a partir dos factos observados - Hempel (1966) e Millar & Driver (1987) sustentam que não existe qualquer conjunto de regras lógicas que aplicadas como um algoritmo aos factos permita a formulação de tais generalizações. Nas palavras de Hempel, *a transição dos dados para a teoria requer*

imaginação criativa. As hipóteses científicas e teorias são inventadas em ordem a estarem de acordo com eles (Hempel, 1966, in Finely, 1983, pg. 51). Igualmente Formosinho (1988) considera que *não há nenhum caminho lógico que nos transporte da experiência às leis gerais*. Bohm & Peat (1989) enfatizam a ideia de que o progresso científico é indissociável da criatividade, ao afirmarem que é na compreensão da *natureza essencial da mudança em Ciência* que reside a possibilidade de compreensão da natureza do pensamento criativo. Popper (1989) considera que o ponto de partida para o conhecimento não são as percepções, observações ou recolha de dados, mas antes a identificação de problemas, criticando a perspectiva indutivista nestes termos:

A minha teoria do conhecimento afirma que as Ciências da Natureza não partem de "medições", mas de grandes ideias, e que o progresso científico não consiste na acumulação ou na explicação de factos, mas sim em ideias ousadas e revolucionárias, posteriormente objecto de crítica e de verificação rigorosas (Popper, 1989, pg. 93).

Do ponto de vista de Hodson (1985),

(...) é uma infeliz consequência da preocupação dos professores em ensinar o conhecimento correcto e eliminar as concepções intuitivas na compreensão da Ciência pelas crianças, que eles (inconscientemente) tendam a desencorajar o pensamento especulativo nas crianças e assim promovam a visão errada de que a Ciência é intolerante para com a opinião individual. Uma completa compreensão da prática científica requer que as crianças tenham oportunidades de pensar criativamente (Hodson, 1985, pg. 37).

Taawey (1974) e Driver (1975), referidos por Hodson (1985), sustentam que a tecnologia é um especial veículo que a Ciência pode oferecer para promover a criatividade, na medida em que os problemas tecnológicos comportam normalmente uma grande diversidade de soluções possíveis.

Uma outra perspectiva crítica reside no que Selly (1989) designa de *realismo indutivo*, segundo o qual *há uma tácita assunção de que a verdade científica preexiste à sua descoberta e que a persistente utilização do método científico (...) conduzirá*

inevitavelmente a uma única resposta verdadeira sobre o mundo natural (Selly, 1989, pg. 85). Popper (1963) sustenta a fragilidade desta assunção, argumentando que nenhuma teoria geral pode ser provada como absolutamente verdadeira por qualquer acumulação de evidência favorável à teoria, havendo sempre a possibilidade de uma nova teoria estar em melhor concordância com a evidência, assim como há sempre a possibilidade de que novos factos venham a entrar em conflito com a teoria presente, refutando-a. Popper (1992) considera que na competição entre diferentes teorias, há teorias *preferíveis*, que podem ser consideradas uma *aproximação mais chegada à verdade*, na medida em que suportem melhor os argumentos da crítica racional e se apresentem em melhor conformidade com os factos. Assim, sustenta que o progresso da Ciência assenta na permanente busca científica da verdade.

Vem a propósito levantar a questão da natureza do conhecimento científico e do papel que deve ser reconhecido às teorias. Segundo Popper (1992) o conhecimento científico e as teorias são conjecturas - que embora possam ser sugeridas pelas observações não são induzidas de forma lógica das observações - cuja validade assenta nos resultados do teste experimental. Hodson (1985) sustenta que o valor da teorias não reside na eventual perfeição lógica com que sejam derivadas das observações, mas antes na sua competência para explicar as observações. Igualmente Formosinho (1988) argumenta que

(...) entre um corpo de doutrina com uma lógica "perfeita", mas que não está de acordo com as observações experimentais, e um outro de lógica "imperfeita", mas em bom acordo com a experiência, a Ciência opta pelo segundo (...) E há sempre a convicção de que será possível encontrar uma lógica mais profunda para um tal corpo de doutrina (Formosinho, 1988).

Hodson (1985) sustenta que a Ciência escolar oscila entre duas posições extremas quanto à natureza das teorias: o *realismo naïf* e o *instrumentalismo*. O realismo naïf consiste em tomar a teoria como uma verdadeira descrição do mundo, e conseqüentemente, só as deficiências dos nossos sentidos e/ou imperfeição dos métodos usados podem justificar a revisão de uma teoria errada. A visão

instrumentalista considera que o mundo real e observável só é passível de ser representado por modelos teóricos imaginários, não sendo tentativas de o descrever mas antes ficções convenientes. O instrumentalismo é

(...) a doutrina segundo a qual uma teoria científica como a de Newton, ou a de Einstein, ou a de Schrödinger deveria ser interpretada como um instrumento e nada mais do que um instrumento de dedução de previsões de acontecimentos futuros (medições, sobretudo) e de outras aplicações práticas; e mais especialmente, a doutrina segundo a qual uma teoria científica não deveria ser interpretada como uma conjectura genuína acerca da estrutura do Mundo, ou uma tentativa genuína de descrever certos aspectos do nosso mundo (Popper, 1992, pg. 134).

Popper (1992) rejeita a visão instrumentalista com o principal argumento de que se uma nova teoria consegue prever um acontecimento completamente novo, nunca antes imaginado na ausência da teoria do qual ele é derivado, então dificilmente se poderá negar que a teoria tem conteúdo informativo e uma real capacidade de descrever tais acontecimentos.

O realismo naïf e o instrumentalismo são, qualquer deles, perspectivas filosóficas que advogam um corte absoluto entre teoria e realidade (Hodson, 1985). Este autor preconiza uma perspectiva de síntese entre aquelas duas posições filosóficas nestes termos:

(...) a Ciência contém conhecimento composto de especulação criativa do homem e de regularidades dos factos que têm uma existência ontológica. O nosso conhecimento é em certa medida retirado do mundo exterior (não é conjectura na sua totalidade), mas muitos dos nossos conceitos teóricos não têm quaisquer manifestações directamente observáveis. (Hodson, 1985, pg. 32).

Crítica do Empirismo

A visão empirista, na linha de pensamento de Hume (1974), baseia-se na premissa de que todo o conhecimento é derivado da experiência sensível, sendo as ideias simples imagens das sensações fornecidas pelos sentidos, e cada termo adquire sentido na medida em que designa uma ideia assim construída (Finely, 1983). Segundo este autor, uma tal visão da Ciência, patente no ensino centrado nos processos, foi

severamente criticada por modernos filósofos da Ciência como Hanson, Khun, Toulmin e Bown, entre outros.

O primeiro ponto de crítica é que a percepção é altamente dependente do conhecimento conceptual que já possuímos, não sendo pois o resultado da captação de uma realidade ontológica única do objecto observado, fornecida pelos sentidos. Em segundo lugar, o pressuposto de que as impressões são discretas e independentes umas das outras, todas com igual valor no processo de gerar conhecimento, não está de acordo com o modo como o sujeito interage com o meio. O conhecimento prévio constitui a base para a selecção das observações relevantes, e só assim é possível a identificação de acontecimentos anómalos que conflituem com o que é esperado (Finely, 1983).

É no entanto relevante sublinhar a aceitação por parte de Popper (1992) do *princípio do empirismo* - rejeitando embora o indutivismo -, na medida em que *as teorias científicas são rejeitadas ou adoptadas (ainda que só temporariamente e a título de ensaio) à luz de testes experimentais ou observacionais* (Popper, 1992, pg. 65).

A Dependência dos Processos em relação ao Conteúdo e ao Contexto

Em 1867 a *British Association for the Advancement of Science* estabelecia, num seu relatório, a distinção entre informação científica e treino científico, ou por outras palavras, entre conhecimento de factos, conceitos e leis científicas e o domínio dos métodos da Ciência (Jenkins, 1989). O modelo de ensino das Ciências centrado nos processos, começou por supor que os processos utilizados pelos cientistas na investigação do mundo natural, são competências gerais, independentes do conteúdo e do contexto, generalizáveis a diferentes domínios (Gagne, 1963), assimiláveis a uma espécie de caixa negra geradora de conhecimento quando devidamente manipulada, sempre que o desejamos (Millar & Driver, 1987). *Durante a década de 60 qualquer movimento no sentido de se identificar ideias chave ou áreas de experiência foi*

rejeitada como sendo detractora da (pretendida) ênfase nas competências de processo (Harlen, 1984, pg. 52).

Segundo Losee (1980) uma das questões básicas com que se confronta a filosofia da Ciência é a de saber o que é que é característico do inquérito científico que o distinga de outros tipos de investigação. Contrariamente à perspectiva que veio a inspirar as reformas que originaram os currícula centrados nos processos, a *British Association for the Advancement of Science* considerava em 1917 que o método científico é uma abstracção sem sentido fora das matérias estritamente científicas. Millar & Driver (1987) e Millar (1989) numa extensa análise aos processos enumerados nos currícula de Ciências, concluem que *observar, classificar, inferir, formular hipóteses, etc.*, são aspectos da cognição humana em geral de que nos socorremos regularmente na vida quotidiana, sem nenhuma ligação especial com a Ciência em particular. Os citados processos são comuns a muitas outras actividades humanas. E argumentam que *os vulgarmente designados "processos da Ciência" não podem ser divorciados do conteúdo e contexto, e que apenas o conteúdo e contexto conferem significado e valor às chamadas actividades de Ciências baseadas nos processos* (Millar & Driver, 1987, pg. 42). Do seu ponto de vista, não são os processos que são característicos das Ciências, mas antes as suas construções mentais (*constructs*) e os correspondentes propósitos. Assim só faz sentido falar de processos da Ciência num quadro conceptual das Ciências, que dê suporte e especificidade à noção de processo científico.

Segundo Harlen (1984) a pretensão de ênfase exclusiva dos currícula de Ciência nos processos da Ciência, adoptada na década de 60, negligenciando o desenvolvimento de ideias e conceitos, comporta quatro consequências negativas do ponto de vista dos alunos: a) um programa de conteúdos desequilibrado; b) repetição de actividades e tópicos; c) elevada actividade física e baixo nível de actividade mental; d) ausência de continuidade das actividades.

Toda a crítica ao indutivismo consubstancia a rejeição de uma noção de actividade científica alheia e não subordinada a hipóteses e conhecimento prévio, que

determinam expectativas e guiam os propósitos do cientista. Hempel (1966) considera que a Ciência é fundamentalmente um processo racional de confirmação dedutiva.

O essencial desta visão é que os cientistas formulam hipóteses tentativas, baseadas no seu conhecimento conceptual, no início de uma investigação. As hipóteses determinam que dados serão recolhidos e como a investigação será conduzida. (...) O conhecimento conceptual é claramente essencial em guiar todo o inquérito científico.

Há várias implicações para a educação científica se a Ciência for vista à luz desta alternativa. Primeiro, os educadores científicos devem reconhecer que o conhecimento conceptual guia os processos da Ciência e não resultam deles. Segundo, os processos da Ciência são, com grande probabilidade, contextualmente limitados. Os processos serão diferentes de disciplina para disciplina e diferentes mesmo dentro da mesma disciplina quando são usados diferentes aspectos conceptuais da disciplina em questão. (...) Terceiro, se os educadores científicos pretendem uma melhor compreensão da natureza dos processos da Ciência, é necessária uma melhor compreensão das relações entre conteúdo e processo (Finely, 1983, pg. 53).

Um dos problemas levantados por Finely é o da suposta transferência ou generalização das competências de processo a outros domínios disciplinares. Segundo Millar & Driver (1987),

(...) a abordagem dos aprendizes, e em particular dos aprendizes inexperientes, para compreender uma nova situação parece depender muito mais de um raciocínio por analogia com outras situações conhecidas que são consideradas similares, do que pela aplicação de regras gerais de procedimento. (...) Assim, qualquer transferência que ocorra processa-se por via de uma extensão "horizontal" de esquemas de um contexto para outro, em vez da via da aquisição de regras ou estratégias gerais (Millar & Driver, 1987, pg. 51).

Shaw (1983) levou a cabo um estudo em que procurou avaliar o grau de transferência do treino em competências de resolução de problemas, em alunos do 6º ano. Para isso recorreu a uma turma experimental e uma turma de controle, ambas sujeitas a idênticos períodos de tempo de actividades científicas laboratoriais, sendo apenas a turma experimental treinada nos processos científicos integrados do programa *SCIS II*, designadamente: *interpretar dados, controlar variáveis, definir operacionalmente, formular hipóteses e experimentar*. O autor considerou tais processos como competências de resolução de problemas. Os resultados obtidos revelaram um melhor

desempenho dos alunos treinados nos processos *SCIS II*, na resolução de problemas relacionados com conteúdos não contemplados no programa científico de qualquer das turmas (Shaw, 1983).

Halpern (1992) considera existir investigação que demonstra existir transferência de pensamento matemático e científico para outro tipo de problemas. Recentemente têm sido desenvolvidos programas de *Aprender a Pensar* (Valente *et al*, 1987; Valente *et al* 1991; Costa, 1991). Segundo Mayer (1992) *ensinar para pensar pode ser definido como ensinar material de um domínio específico de modo a que os estudantes fiquem capazes de aplicarem o que aprenderam para resolver problemas de transferência.*(Mayer, 1992, pg. 96).

O problema da transferência continuará provavelmente a ser objecto de discussão, mas parece cada vez mais consensual a ideia de que há um certo grau de transferência de competências aprendidas em dado contexto para outros contextos, dependendo a extensão de tal transferência: a) do grau de afinidade entre o contexto de aprendizagem e o novo contexto apresentado; b) da diversificação dos contextos em que as competências são aplicadas e desenvolvidas, e c) do desenvolvimento de competências metacognitivas (Kuhn, 1988; Valente, 1989) no processo de aprendizagem. E ao contrário do que tradicionalmente se pensa, o potencial de transferência aumenta quando as competências são treinadas em contextos disciplinares específicos e não ensinadas de forma geral e abstracta (Kuhn, 1988; Mayer, 1992).

2.3.2. Da natureza dos processos da aprendizagem

Baseando-se os programas firmemente na ideia dos métodos de descoberta, pretende-se que o aluno reaja continuamente a situações que exigem reflexão; ele aprende formulando hipóteses e discutindo, experimentando, medindo e reavaliando as suas hipóteses à luz dos resultados experimentais. (SED, 1969, pg. 12).

Millar & Driver (1987) sustentam que nesta asserção os processos são descritos e justificados, não porque reflectam o modo como os cientistas trabalham, mas porque

proporcionam às crianças o meio mais adequado de aprenderem acerca do mundo natural que as rodeia. Em certa medida estamos perante a antítese de que *os educadores científicos devem reconhecer que o conhecimento conceptual guia os processos da Ciência e não resulta deles* (Finely, 1983, pg. 53).

Numa desenvolvida crítica à natureza de diferentes processos (*observar, identificar regularidades, experimentar e resolver problemas*) à luz da psicologia cognitiva, Millar & Driver (1987) são de opinião de que tal abordagem não está em conformidade com a já longa tradição construtivista da aprendizagem. Segundo tal perspectiva, a aprendizagem não é um processo segundo o qual o aluno recebe e organiza estímulos provenientes do mundo exterior, mas é antes um processo activo em que o sujeito transporta ideias prévias, esquemas e representações mentais que vão interagir com o meio exterior. Segundo Ausubel e outros (1980) o elemento isolado que maior influência pode exercer no processo de aprendizagem é aquilo que, sendo relacionado com a matéria que é objecto de aprendizagem, o sujeito já tem na sua mente. Tais representações mentais são usadas pelo sujeito quando interactua com o ambiente físico, condicionando as suas acções, gerando previsões e expectativas (Millar & Driver, 1987). *A aprendizagem significativa é vista portanto como um processo activo, em que o aprendiz deve relacionar o que é para ser aprendido com os modelos mentais que o sujeito já possui* (Brook et al, 1989).

Millar & Driver (1987) alegam existir ausência da perspectiva construtivista da aprendizagem no ensino centrado nos processos na medida em que, do seu ponto de vista, o ensino dos processos não atende ao facto de que *o que as crianças observam e prevêm sobre os fenómenos, a abordagem que fazem na resolução de problemas ou na experimentação, dependem de forma crucial do modo como elas constróem o seu mundo* (Millar & Driver, 1987, pg. 46). E acrescentam que: a) a observação é um processo de selecção de informação e tomada de decisão entre o que é relevante e o que não é, altamente influenciado pelas hipóteses e expectativas do sujeito, chegando a dar-se o caso de serem ignoradas evidências contrárias às expectativas ou a afirmar-se como observação expectativas não concordantes com a

evidência; b) a identificação de regularidades e semelhanças - tradicionalmente consideradas como a base de formação e desenvolvimento de conceitos - frequentemente dão lugar à reafirmação de concepções prévias e não à identificação de uma relação ou elaboração do modelo explicativo pretendido; c) o processo de experimentação depende do conhecimento prévio do sujeito, ou seja, os factores que são seleccionados para ter em conta na investigação, nomeadamente as variáveis que devem ser objecto de controle, dependem da representação mental que o sujeito tem da situação em questão, podendo dar-se o caso de uma criança falhar a realização de um teste conclusivo (*fair test*), não por ausência da noção do que é um teste conclusivo, mas por insuficiente conhecimento das variáveis que afectam de forma significativa a variável dependente. Em síntese, a aprendizagem tem a natureza de um processo de interacção entre as concepções e o conhecimento prévio das crianças e o contexto (conteúdo e actividades) de aprendizagem. Concluem finalmente os autores que os processos deveriam antes ser encarados como estratégias pedagógicas tendo em vista o desenvolvimento de uma maior compreensão dos conceitos e propósitos da Ciência, e não fins em si mesmo da educação científica.

Hodson (1985) considera ser um erro a pretensão de um paralelismo entre as experiências escolares de aprendizagem das Ciências e a real investigação científica, contestando um modelo de aprendizagem que tende a mimetizar o método científico. Do seu ponto de vista, o método científico apenas constitui um meio significativo de adquirir conhecimento para o próprio cientista, e nem a Ciência nem a Filosofia da Ciência podem fornecer-nos um modelo de aprendizagem credível. No forçar das crianças a aceitarem como "descoberta" algo que efectivamente não descobriram, e pelo contrário verem depreciadas ou rotuladas de "erradas" observações e descobertas genuínas, gera nos alunos sentimentos de frustração, perda de confiança e falta de incentivo no prosseguimento das actividades (Hodson, 1985, Millar & Driver, 1987).

Toda a literatura sobre a natureza das concepções intuitivas e a perspectiva da mudança conceptual (Driver *et al*, 1985; Osborne & Freyberg, 1985; Tasker &

Freyberg, 1985; Khun, 1988; Brook *et al*, 1989; Cavendish *et al*, 1990; Harlen 1992)

está em conformidade com a asserção de que

(...) as crianças podem ser encorajadas a seleccionar observações e interpretar fenómenos de modo mais "científico" se os seus modelos mentais forem desenvolvidos na direcção dos cientificamente aceites; poderíamos esperar que a aprendizagem de ideias e teorias científicas desenvolverão a competência de planear experiências mais científicas. (Brook et al, 1989).

Este ponto de vista não deixa de reafirmar um elevado grau de semelhança entre o comportamento da criança e o do cientista, actuando um e outro dentro dos respectivos quadros conceptuais no processo de desenvolvimento do conhecimento e compreensão de novas situações. Somos de novo remetidos para a discussão da tradicional dicotomia entre conteúdo e processo no âmbito da educação científica.

Segundo Harlen (1983), quando se opta pela abordagem da Ciência como processo, as crianças deverão desenvolver competências e atitudes mentais que as habilitem a investigar o seu meio ambiente e a resolver problemas, sendo irrelevante o conteúdo escolhido para o desenvolvimento de tais competências, o que configura uma abordagem indutiva da aprendizagem; quando em alternativa se opta pela abordagem da Ciência como conteúdo, considera-se que o fundamental para a compreensão do meio reside na aquisição de conceitos, sendo pois dada ênfase ao ensino de um corpo de conhecimentos, o que constitui uma abordagem dedutiva da aprendizagem.

Harlen (1983) considera que nem uma nem outra das abordagens corresponde ao modo como a criança desenvolve a sua compreensão acerca do meio que a rodeia. A abordagem dedutiva, pressupondo a memorização de factos e generalizações, revelou-se ineficaz e está na base da busca de novos modelos de ensino, nomeadamente o deslocamento da ênfase para os processos. Contudo a abordagem indutiva é igualmente contestada pelas investigações que puseram em relevo a importância das concepções intuitivas e conhecimento prévio, no modo como a criança interactiva com o objecto e contexto de aprendizagem.

As actividades planeadas para promover o desenvolvimento das competências de processo, isoladas do desenvolvimento de conceitos (usando conteúdo "vazio", tal como caixas negras ou problemas artificiais) são tão carentes de utilidade para a aprendizagem como é ensinar de memória os princípios científicos e as generalizações. (Harlen, 1983, pg. 37).(...) A medida em que as ideias evoluem para ideias mais "científicas" (em conformidade com uma maior gama de fenómenos) depende do modo como tais ideias são aplicadas e testadas a novas situações, isto é, do uso de processos científicos. O desenvolvimento da compreensão em Ciências depende portanto da utilização de competências ao nível dos processos de forma científica. (Harlen, 1992, pg. 13).

No mesmo sentido se pronuncia Brook e outros (1989):

Aprender o que é tradicionalmente considerado conteúdo de um modo significativo, envolve o aluno num processo activo de construção do conhecimento. Inversamente, o que são convencionalmente considerados processos científicos (...), não são utilizados de forma isolada ou numa perspectiva neutral, mas (...) envolvem a utilização de conhecimento prévio. A posição que sustentamos é que a aprendizagem em Ciência não se caracteriza nem pela aprendizagem de conteúdo nem pela aprendizagem de processos, mas por uma interacção dinâmica em que os alunos continuamente e de forma progressiva constroem e reconstróem a sua compreensão do mundo. (Brook et al, 1989, pg. 76).

Em conclusão, não se pode dizer que há um sentido único dos processos para os conhecimentos e compreensão; nem que as ideias iniciais sobre os objectos e fenómenos predeterminam um nível intransponível de competências de processos científicos. Processos científicos por um lado, e conhecimento e compreensão por outro, potenciam-se mutuamente numa interdependência geradora de melhores competências ao nível dos processos e mais elevados níveis de conhecimento e compreensão.

Contudo, Harlen (1978) e Qualter e outros (1990) advogam que não deixa de fazer sentido uma maior focalização, ora nas competências de processo, ora nos conceitos associadas à resolução de problemas particulares. Harlen (1978) formula a opção por uma maior ênfase nos processos científicos ao nível da escola primária nestes termos:

Talvez seja necessário estabelecer explicitamente que a nossa principal preocupação com a Ciência na escola primária seja desenvolver competências de: observar, levantar questões, propor inquéritos para responder às questões, experimentar e

investigar, encontrar regularidades nas investigações, raciocinar sistematicamente e logicamente, comunicar resultados, aplicar a aprendizagem

e atitudes de:

curiosidade, originalidade, cooperação, perseverança, abertura de espírito, autocrítica, responsabilidade, independência de pensamento. (Harlen, 1978, pg. 622).

Ao mesmo tempo a autora formula uma questão que torna clara a ideia de que uma tal ênfase nos processos não pressupõe uma perspectiva indutiva da aprendizagem, mas antes reconhece a interdependência processos/conteúdos. Do seu ponto de vista, um currículo de Ciências para a escola primária deverá ter em conta esta questão:

Enquanto as crianças investigam problemas (...) e desenvolvem competências de processo e atitudes, qual é o corpo de generalizações que elas deveriam ao mesmo tempo adquirir? (Harlen, 1978, pg. 621).

Hodson (1985), muito crítico em relação ao método científico no âmbito da educação científica, reconhece também que *ao nível do primário, onde os fenómenos em investigação e a estrutura conceptual são relativamente simples, uma abordagem integrada com maior ênfase na metodologia poderá ser apropriada (...)*. (Hodson, 1985, pg. 50).

Um importante argumento em favor de uma especial atenção aos objectivos dos processos, para além dos objectivos de conteúdo, tem a ver com a pesada tradição de apenas se valorizar a aquisição e memorização de conteúdos. Se se considera que o desenvolvimento de competências de processo é importante - não só pelo seu próprio valor intrínseco enquanto competências de pensamento, mas também porque contribuem para o desenvolvimento conceptual - então a sua inclusão no currículo tem que ser objecto de uma especial ênfase, pois só assim se conseguirá contrariar o peso da tradição. (...) *Quando se especifica o conteúdo como um corpo determinado de conhecimentos, resulta com frequência que as metas de conteúdo se tornam predominantes, enquanto as metas de processos e atitudes são postas de lado*

comodamente. É quase impossível ensinar processos sem conteúdo, mas por outro lado é fácil e grande a tentação de se ensinar conteúdos sem processos. (Young, 1983, pg. 10).

Mas a propósito dos resultados de um ensino de conteúdos sem recurso aos processos, atentemos no que nos diz Harlen (1984c):

Na verdade não há nenhuma evidência para negar que o desenvolvimento da compreensão nas crianças depende do exercício destes processos (científicos). Pelo contrário, toda a evidência aponta para a falta de real compreensão quando se tenta um ensino sem que os alunos sejam envolvidos em gerar, testar e aplicar ideias (Harlen, 1984c, pg. 53).

A Reunião de Especialistas para a educação científica e tecnológica no currículo da escola primária, promovido pela UNESCO, reconhece no seu relatório final (Harlen, 1983) que os objectivos de processo devem ocupar um lugar central no currículo de Ciência daquele nível de ensino.

2.3.3. Dos objectivos da Ciência aos objectivos da educação científica

Woolnough (1989) faz uma clara distinção entre *saber Ciência e fazer Ciência*, ao interrogar-se sobre o que é *ser "bom" em Ciência*. Do seu ponto de vista,

é possível saber muito de Ciências, mesmo compreender muito de Ciências, sem se ser bom a fazer Ciência; é possível ser-se bom a fazer Ciência, a resolver problemas científicos, sem saber mais do que uns conhecimentos rudimentares de Ciências (Woolnough, 1989, pg. 117).

Naturalmente a actividade do cientista consiste em *fazer Ciência*, e assim sendo, se as actividades escolares adoptarem como principal fonte de inspiração o modo de trabalhar do cientista, então o objectivo fundamental da educação científica consiste em tornar o aluno capaz de fazer Ciência. *O primeiro objectivo de uma educação científica deverá ser que o estudante se torne bom a fazer Ciência com a*

competências de realizar investigações científica genuínas (Woolnough, 1989, pg. 118). Deste ponto de vista a focalização da educação científica nos processos e métodos da Ciência estaria justificado.

Brook e outros (1989), rejeitando qualquer dicotomia processos/conteúdos, advogam que

um importante objectivo da Ciência escolar é encorajar as crianças a tomarem consciência de que elas trabalham dentro de um quadro conceptual particular e que existem outras perspectivas, e a reconhecerem que com vista a testarem hipóteses elas poderão precisar de sair do quadro conceptual nelas existente (Brook et al, 1989, pg. 76).

Hodson (1985) considera educação científica e treino em Ciência como coisas distintas. Tal distinção assenta basicamente em que, do seu ponto de vista, a educação científica requer uma compreensão dos procedimentos da Ciência, enquanto o treino científico baseia-se na prática da investigação dispensando a reflexão sobre os procedimentos utilizados. Esta última asserção corresponde à tese da importância do conhecimento tácito no aprender a fazer Ciência sustentada por Woolnough (1989) e tem relação com a ideia de que os cientistas são completamente indiferentes ao método científico (Medawar, 1969).

A distinção entre educação científica e treino em Ciência, nos termos em que Hodson (1985) a sustenta, remete-nos para o argumento de Scheffler (1973) segundo o qual para se ser um bom cientista não é necessário o estudo e compreensão de argumentos da filosofia da Ciência, mas que a filosofia da Ciência é essencial para os professores de Ciência.

Talvez um pouco em contradição com a sua própria distinção entre educação científica e treino em Ciência, Hodson (1985) considera que um programa escolar de Ciências para ser completo deverá compreender os seguintes elementos: a) um *background* de conhecimentos científicos; b) a compreensão dos processos e métodos da Ciência; c) experiência directa de actividade científica; d) a apreciação das complexas relações entre Ciência e sociedade; e e) desenvolvimento de atitudes positivas para com a Ciência. Em razoável acordo com Hodson, Yager e McCormack

(1989) sugerem que o ensino das Ciências deverá compreender 5 domínios, designadamente: a) informação; b) processos da Ciência; c) criatividade; d) atitudes; e e) aplicações e relações. A discrepância entre Hodson e estes dois autores reside, por um lado, na distinção feita por Hodson entre compreensão dos processos e sua utilização, o que o leva a considerar a *experiência directa de actividade científica* como um domínio específico; e por outro lado, na inclusão da *criatividade*, por parte de Yager e McCormack, como um domínio a considerar no ensino das Ciências, o que Hodson não considera de forma explícita.

Segundo Millar e Driver (1987),

O aluno é visto como activamente empenhado em construir significados, transportando concepções existentes para o processo de interpretação de novas situações. A aprendizagem acontece em resultado da interacção das ideias das crianças com a experiência e com as ideias dos outros, assim sendo modificadas, tornadas mais extensivas (mais largo o âmbito da sua aplicação) ou substituídas; e o currículo é visto como um conjunto de experiências de aprendizagem facilitadoras de que tal aconteça. (...) Isto pode envolver trabalho empírico nos laboratórios mas compreende igualmente considerações mais amplas tais como a história das ideias científicas, o pluralismo cultural e a Ciência, os mecanismos sociais de validação do conhecimento científico pelas comunidades científicas e as questões de interacção Ciência/sociedade. (Millar & Driver, 1987, pg. 57 - 58).

Concluimos pois tratar-se de uma falsa questão saber se a educação científica tem por objectivo promover o conhecimento e compreensão da Ciência ou promover a competências de fazer Ciência. E constitui igualmente uma falsa questão saber se a actividade do cientista consiste em fazer Ciência independentemente de elevados níveis de conhecimento e compreensão da Ciência. Não há actividade científica, entendida como a actividade do cientista profissional, sem elevado nível de conhecimento e compreensão. Sustenta Karl Popper (1989) que os problemas que são o ponto de partida da actividade científica, situam-se na fronteira entre o *saber* e o *não saber*: *Sem problemas não há saber, como não há problemas sem saber. Quer isto dizer, que o conhecimento começa com a tensão entre o saber e o não saber* (Popper, 1989, pg. 72). Também na educação científica é desejável que estejam

presentes as vertentes de conhecimento e compreensão e de domínio dos métodos do fazer Ciência.

3. A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NO 1º CICLO

Harlen (1983) reconhece que

(...) a formação do professor constitui o factor chave que determina a qualidade da educação científica que a escola pode proporcionar. Os novos materiais, por muito atractivos que sejam, por muito bem apoiados que estejam na teoria psicológica, por muito detalhados e sustentáveis que se considerem, jamais poderão ser eficazes se os professores não estão preparados para os compreender e utilizar cabalmente (Harlen, 1983, pg. 185).

Idêntica posição é sustentada no relatório final da reunião de especialistas sobre a educação científica e tecnológica na escola primária (Harlen, 1983), promovida pela UNESCO. Por sua vez Za' Rour (1983) sublinha que qualquer inovação no desenvolvimento do currículo é mínima se se esquece o papel do professor e as necessidades da sua formação.

Contudo, reconhece Wynne Harlen (1983) que muito pouco se sabe tanto acerca do efeito de diferentes tipos de programas de formação, como da forma de estruturar um determinado programa com vista a determinados objectivos de formação. Agir no sentido de promover nos alunos o papel de produtores e construtores de ideias e conhecimento, em vez de simples receptores de informação *certa* (Harlen, 1983), fazer com que os alunos utilizem como fontes de conhecimento os objectos, materiais e os seres vivos, em vez de se limitarem ao professor e ao manual escolar (Wilson & Neubauer, 1990), impõe mudanças profundas na acção docente, no perfil de competências do professor e nas suas atitudes. A insuficiência de conhecimento quanto à relação entre programa de formação e resultados da formação, e vice-versa, levanta sérios problemas relativamente ao *como* formar os professores do 1º ciclo, por forma a desenvolver neles as competências necessárias para

promoverem a educação científica das crianças. A revisão de literatura que nos propomos fazer de seguida é uma tentativa de clarificar, tanto quanto possível, esta questão.

Parker (1983) considera que ao pensar-se num programa de formação de professores, tendo em vista habilitá-los a promoverem a educação científica na escola primária - quer sejam professores em serviço quer sejam estudantes-professores em formação inicial - deverão ser consideradas as *variáveis de entrada* e as *variáveis de situação*. Presume-se que o perfil de competências com que o professor ficará habilitado após o processo de formação, com vista a promover a educação científica das crianças, poder-se-iam designar *variáveis de saída*.

Nas variáveis de entrada consideram-se as características dos professores ou estudantes, e nas variáveis de situação são consideradas o tipo de abordagem da Ciência a ensinar (por exemplo conteúdos *versus* processos), os recursos disponíveis para a educação científica e o grau de autonomia de que dispõe o professor na implementação do currículo. Nas variáveis de entrada, a autora reconhece especial relevância às características dos professores face ao ensino das Ciências. É pois a esta variável que nos passamos a referir.

3.1. O sentimento geral de impreparação dos professores para a educação científica

Segundo Tilgner (1990), os factores mais frequentemente citados, nos últimos 20 anos, como obstáculos ao ensino das Ciências na escola primária são: a) o inadequado nível de conhecimentos científicos por parte dos professores; b) equipamento científico e materiais insuficientes e inadequados nas escolas; c) tempo insuficiente para cumprir os programas; e d) espaço inadequado nas escolas. Por seu turno, Parker (1983), considera que os professores do ensino primário, a nível mundial, têm em comum uma grande inquietação relativamente à introdução das Ciências no currículo,

e revelam um conjunto variado de preocupações de que a autora destaca as sete seguintes:

- não terem suficientes conhecimentos científicos para enfrentarem as perguntas dos alunos;
- não gostarem de Ciências, e por essa razão, sentirem-se incapazes de estimularem o entusiasmo das crianças por tal disciplina;
- considerarem ser já insuficiente o tempo de que dispõem para as restantes áreas curriculares;
- acharem que as Ciências são algo de muito difícil para crianças tão pequenas;
- dificuldade em obterem equipamento e materiais adequados;
- falta de meios financeiros para obterem os livros, equipamentos e materiais necessários;
- tamanho excessivo das turmas para poderem organizar os alunos de acordo com a metodologia de trabalho pretendida para as Ciências da Natureza.

Westerback (1982) e Carré & Carter (1990) sustentam que o baixo nível de conhecimentos científicos dos professores constitui um dos principais obstáculos ao ensino das Ciências na escola primária. Carré & Carter (1990) fazem referência a um estudo de Summers (1989) segundo o qual muitos professores do ensino primário, ao reportarem-se a conceitos científicos, se ligavam a crenças baseadas na imaginação e no conhecimento do senso comum. Smith & Neale (1989) demonstraram que os professores da escola elementar possuem, sobre muitos fenómenos, concepções intuitivas semelhantes às das próprias crianças. No nosso país, Costa e outros (1993) concluíram que o nível de conhecimentos científicos com que os professores do 1º ciclo saem das respectivas instituições de formação inicial é insuficiente face às exigências de ensino das Ciências nesse nível de ensino, tendo em conta a gama de conceitos contemplada no programa.

Todo este manancial de dados não poderia deixar de ter fortes implicações no domínio das atitudes dos professores face à Ciência e ao ensino das Ciências. Segundo Westerback (1982) há o consenso generalizado de que os professores do ensino primário têm em comum atitudes negativas face à Ciência e ao ensino da Ciência, o que tem como consequência a fuga ao ensino das Ciências e o desenvolvimento de tais atitudes nos alunos. Estudos de Manning e outros (1981), Metchling (1982) e Westerback (1984) concluíram que os professores situavam a Ciência em 4º ou 5º lugar num conjunto de 5 disciplinas, o que tem inevitáveis consequências no tempo lectivo dedicado ao ensino das Ciências. Segundo esses mesmos autores, 25 % dos professores não dedicavam tempo nenhum ao ensino das Ciências e os restantes 75 % dedicavam-lhe menos de duas horas por semana (Tilgner, 1990). Segundo um estudo de Gerlovich e outros (1981) referido por Tilgner (1990), realizado na região de Kansas, Estados Unidos, os professores do ensino primário dedicam em média 88 minutos por semana à Ciência, em contraste com 342 minutos à Língua Materna e 212 minutos à Matemática, sendo a média nacional de 105 minutos diários para a Língua e 18 minutos para a Ciência. Manning, Esler e Baird (1982) num levantamento realizado na Florida, abrangendo 191 professores verificaram que 25 % não ensinavam Ciências de todo. Gates, Krockover e Wiederman (1987), num estudo que abrangeu 121 professores, nos Estados Unidos, verificaram que embora 92 % declarassem ensinar Ciências, o tempo dedicado às Ciências decaiu comparativamente com estudos similares realizados em 71/72 e 78/79. Decorridos 14 anos, passou de 70 % para 80 %, o número de professores que ensinam Ciências apenas depois da 1 hora e 30 minutos da tarde, ou seja, quando os alunos estão cansados e têm mais dificuldade de concentração. Harty e outros (1989) num levantamento, abrangendo 301 escolas, realizado também nos Estados Unidos, concluíram que os professores dos níveis escolares mais baixos dedicam 70 minutos por semana a um ensino das Ciências com materiais manipuláveis e 90 minutos por semana a um ensino de Ciências sem materiais manipuláveis.

Um factor, recentemente introduzido na investigação a propósito da educação científica na escola primária, são as *crenças* dos professores. Koballa & Crawley (1985) definem crença como informação que se aceita como verdadeira, o que se distingue da atitude que é normalmente um sentimento positivo ou negativo relativamente a algo (Riggs & Enochs, 1990). Estes autores consideram que as atitudes se podem formar a partir das crenças e ambas se relacionam com o comportamento. Por exemplo,

um professor primário julga-se incapaz de ensinar Ciências (crença) e conseqüentemente desenvolve um sentimento de aversão (atitude) para com o ensino das Ciências. O resultado é o professor evitar ensinar Ciências o mais possível (comportamento). Esta forte relação de crenças, atitudes e comportamento recomenda a inclusão do diagnóstico das crenças na investigação do ensino das Ciências na escola elementar (Riggs & Enochs, 1990, pg. 626).

Riggs & Enochs (1990) elaboraram e validaram um instrumento de auto-diagnóstico das crenças dos professores primários relativamente ao ensino das Ciências, *Science Teaching Efficacy Beliefs Instrument (STEBI)*.

Thomas (1980) e James & Hord (1988) consideram que o principal obstáculo à implementação da educação científica nos primeiros anos de escolaridade tem sido o facto de os professores não estarem convencidos da importância da educação científica como parte integrante da educação primária. Continuamos, pois, no domínio das crenças. Se os professores não acreditam na importância educativa das Ciências, em pé de igualdade com outras áreas curriculares, surge como consequência natural que não se esforcem por ser competentes nesse domínio e não dediquem às Ciências um tempo significativo na sua prática lectiva.

Intimamente relacionado com o conceito de crença está o de auto-percepção dos professores relativamente ao ensino das Ciências. Um estudo levado a cabo por Carré & Carter (1990), envolvendo 901 professores primários do Reino Unido, revela que apenas 34% se sentiam aptos para autonomamente ajudarem as crianças a atingirem os objectivos do currículo nacional, no domínio das Ciências, e 28 % indicavam poderem tornar-se capazes de o fazerem com apoio de formação contínua.

O relatório Weiss publicado em 1978 nos Estados Unidos revela que 67% dos professores não se sentiam devidamente preparados para ensinar Ciências (Barrow, 1987).

Segundo Parker (1983), todas as dificuldades e obstáculos ao ensino das Ciências no ensino primário, tal como são sentidos pelo professor, podem ser sintetizadas no que designa de *síndrome de ansiedade*, que tem origem em três factores:

a) O *factor experiencial*, que decorre da experiência, em geral, dos professores e futuros professores, e da experiência escolar de Ciência que tiveram ou que nem sequer tiveram;

b) O *factor conhecimento*, que corresponde à consciência generalizada de que sabem muito pouco de Ciências;

c) O *factor pedagógico*, que corresponde às preocupações relativamente aos aspectos práticos de como implementar as Ciências na sala de aula (Parker, 1983).

Segundo a autora, *estes três factores combinam-se para produzir uma vincada falta de confiança na sua capacidade para lidar com qualquer tipo de Ciência* (Parker, 1983, pg. 198).

3.2. Que Ciência nas escolas do 1º ciclo

Ao inserirmos este estudo no domínio do desenvolvimento de processos científicos, desde logo se avança um importante elemento de clarificação quanto à natureza de educação científica que se preconiza para as crianças do 1º ciclo. É no entanto necessário sublinhar que a educação científica na escola primária focalizada nos processos, que se vem preconizando na literatura mais recente, e que este estudo adopta em grande parte, não se pode confundir com o *process approach* das décadas de 60 e 70.

A partir da década de 80 emerge um novo modelo de educação científica que se caracteriza por diversos parâmetros que passamos a enumerar:

- Reconhece-se o importante papel das ideias intuitivas das crianças na sua visão do mundo e a sua interacção com o processo de aprendizagem das ideias científicas (Ausubel, 1980; Driver *et al*, 1985; Osborne & Freyberg, 1985);

- Preconiza-se um processo de aprendizagem que, rejeitando a pretensão de que os conceitos sejam apreendidos na sua forma última tal como são aceites pela comunidade científica, adopta uma perspectiva evolutiva que vai das ideias intuitivas das crianças para ideias mais "científicas" (Cavendish *et al*, 1990; Harlen, 1992);

- Esse processo evolutivo de *mudança conceptual* (Hewson, 1981; Posner *et al*, 1982) requer a adopção de estratégias como: a) a sujeição das ideias das crianças à prova da evidência por via da manipulação e experimentação com objectos materiais (Piaget, 1979; Harlen,1992); b) a interacção e confronto das suas ideias com ideias alternativas, de outros colegas e mesmo as ideias científicas (Driver *et al*, 1985; Tasker & Freyberg, 1985; Khun, 1988); c) o desenvolvimento de competências de processos científicos como instrumento de elevação do conhecimento e compreensão acerca do meio (Cavendish *et al*, 1990; Harlen, 1992);

- Os processos científicos:a) não são competências gerais de pensamento, mas dependem do conhecimento e compreensão, ideias prévias e expectativas (Hempel, 1966; Millar & Driver, 1987; Kuhn, 1988; Harlen *et al*, 1988; Popper, 1992); e b) são modos de pensamento e acção que pela sua natureza devem ser entendidos numa perspectiva holística (Woolnough, 1989; Qualter *et al*, 1990; Harlen, 1992) e só por conveniência é aceitável formular listas de processos como modos de pensar e agir estanques (Harlen, 1992);

- O desenvolvimento de conhecimento e compreensão tem o carácter de uma construção pessoal do sujeito (Kelly, 1970), sendo um processo generativo de significados progressivamente enriquecidos (Freyberg & Osborne, 1991) pela

invenção, imaginação e a criatividade (Millar & Driver, 1987; Bhom & Peat, 1989), em que a linguagem e a discussão formal e informal na sala de aula jogam um papel fundamental (Barnes, 1976). Este último aspecto tem o seu equivalente na teoria de Piaget (1972) nos chamados *factores sociais de coordenação interindividual*.

O modelo de educação científica que foi implementado no decurso da presente investigação, tem o carácter de uma tentativa de pôr em prática as contribuições teóricas que acabámos de sintetizar. Tal modelo, do nosso ponto de vista, combina elementos do que Harlen (1992) designa de *ensino interactivo* (interactive teaching) e *aprendizagem construtivista* (constructive learning). No ensino interactivo

(...) o professor ajuda a criança a planear como investigar a sua questão, a providenciar os meios necessários, a fazer observações e a preparar as formas de comunicação dos resultados (pg. 48). (...) Onde o ensino interactivo usa as questões das crianças como base para as actividades, os vários tipos de aprendizagem construtivista atribuem às ideias das crianças esse papel fundamental. O que as várias abordagens têm em comum é que elas começam por solicitar às crianças que expressem as suas ideias sobre o que está a ser estudado. (Harlen, 1992, pg. 50).

3.3. Estratégias de formação de professores

Em síntese, poderíamos definir a educação científica para as crianças do 1º ciclo, como sendo um processo de extensão das suas ideias a novas experiências de interacção com o meio físico-natural, quando estas se revelam eficazes, e de modificação das suas ideias para aceder a novas ideias com maior poder explicativo das experiências não compreendidas à luz das ideias iniciais, mediante o desenvolvimento de processos científicos, na dupla vertente de pensamento e procedimentos práticos. O papel do professor consiste basicamente em ajudar as crianças a encontrarem as suas próprias respostas (Finson, 1989), utilizando elas como fonte de conhecimento os materiais, objectos e seres vivos (Wilson & Neubauer, 1990; Tilgner, 1990), devendo ser contrariada a tendência dos professores em se fixarem nos manuais escolares, resultante da sua insegurança para com o ensino das

Ciências (Tilgner, 1990). Rutherford (1987) vai ao ponto de sugerir que os livros de Ciências deveriam ser retirados da escola elementar. *A ênfase coloca-se em que as crianças tenham um contacto directo com materiais e situações que lhes proporcionem pontos de partida para realizar um trabalho de observação e experimentação.* (Parker, 1983, pg. 191). A acção do professor deverá pois centrar-se permanentemente na criança, nos seus pontos de vista, ideias e interpretações, e na busca de estratégias que facilitem à criança as modificações e reestruturações das suas ideias no sentido de um melhor conhecimento e compreensão do mundo que a rodeia (Finson, 1989; Tilgner, 1990; Harlen 1992).

Segundo Elstgeest (1984), tendo em conta a visão mais comum das Ciências e do ensino das Ciências, entre os professores e futuros professores da escola elementar,

(...) antes de acabarem a sua formação, os professores devem ter realizado uma completa mudança de atitudes face à Ciência, face ao que é educação científica, e frequentemente face às crianças e ao que elas devem aprender. (...) Isto tem profundas implicações para a formação inicial e contínua . (...) Boa formação não é servida por um espectro de conversas teóricas, nem por fornecer aos formandos um pacote de receitas de ensino , frequentemente chamadas "métodos", que podem aprender de memória e esquecem ao longo do tempo em que precisam deles. (Elstgeest, 1984, pg. 16).

Segundo vários autores (Kamara, 1983; Parker, 1983; Elstgeest, 1984; Harlen 1984b; 1984c; e Tilgner, 1990), é condição para que se realizem tais mudanças, que os futuros professores experimentem modos de aprendizagem das Ciências semelhantes aos que utilizarão os seus alunos. A título de exemplo Tilgner (1990) refere que,

Se os professores devem identificar e lidar com as ideias intuitivas das crianças, eles devem também ter oportunidades para identificar e explorar as suas próprias ideias sobre o mundo natural. Os professores devem ter oportunidades de planear experiências, recolher dados, e analisar os seus resultados de modo crítico (Tilgner, 1990, pg. 426).

O autor conclui, após uma extensa revisão de literatura, que quanto mais actividades experimentais manipulativas os professores realizarem, tanto melhor serão eles próprios capazes de testar as suas ideias no estudo do ambiente e, conseqüentemente,

em melhores condições estarão de promover actividades científicas significativas para as crianças (Tilgner, 1990). Igualmente Kamara (1983) preconiza que os professores tenham, no âmbito da formação contínua, oportunidades de manipulação dos mesmos materiais que serão manipulados pelas crianças. Kelsey (1989) levou a cabo um estudo em que conclui que um programa de formação, em que os professores, em pequenas turmas, realizam investigações manipulando materiais, melhoram significativamente as suas atitudes face à Ciência e ao ensino das Ciências.

Uma outra razão frequentemente invocada para que o processo de formação dos professores inclua oportunidades de manipulação dos mesmos materiais que serão manipulados pelas crianças, é que tais actividades promovem a melhoria dos níveis operatórios Piagetianos dos professores, desenvolvendo competências de pensamento formal (Tilgner, 1990; Scharmann, 1989). Um estudo de Chiappetta (1976) concluiu que 50 % dos estudantes-professores da escola elementar se apresentavam no nível operacional concreto em termos do nível de desenvolvimento cognitivo de Piaget, e 25 % apresentavam-se no estágio de transição do concreto para o formal. Nakayama (1988), tendo aplicado o instrumento *Learning Style Inventory* desenvolvido por Kolb, a 107 estudantes-futuros professores da escola elementar, verificou que 80 (74,8%) eram do estilo *experiencial concreto* e os restantes do estilo *conceptual abstracto*. Quer dizer, a grande maioria privilegia a experiência concreta no modo de perceber o mundo.

Os vários autores supra citados convergem na ideia central de que os professores, para apreciarem e adquirirem uma noção do seu papel a desempenhar num novo tipo de aprendizagem, precisam eles próprios de vivenciarem esse modo de aprendizagem como aprendizes (Harlen, 1984b). Paraphraseando esta autora,

Se uma pessoa não vivenciou aprender por interacção e inquérito, por si mesma, a noção é demasiado abstracta para ser compreendida por via de explicações sobre a mesma. (...) Os professores que podem aparentemente estar intelectualmente convencidos de que as crianças deveriam aprender por inquérito e interacção não têm qualquer sentimento do que isso significa na prática, e por isso não têm qualquer base para providenciarem tais actividades às crianças. (...) Ouvir-se falar sobre algo não é substituto de vivenciá-lo. Por outro lado, os professores que tenham vivenciado

o interesse e excitação de descobrirem sobre as coisas pela sua própria actividade sabem justamente o que estão a tentar que as crianças façam. (Harlen, 1984b; pg. 9).

No *Informe Final de la Reunión de Expertos sobre la Incorporación de Ciencia y de Tecnología en el Currículo de la Escuela Primaria* (Harlen, 1983), está expressa a conclusão de que a única maneira de poder comunicar plenamente a natureza dos processos durante a formação - no pressuposto de que a Ciência na escola elementar deve colocar a ênfase nos processos - é através do envolvimento dos sujeitos na sua utilização, sendo esse princípio válido a todos os níveis.

Harlen e outros (1990), recomendam no entanto que nas actividades incluídas no âmbito da formação, os conteúdos e processos da Ciência devem ser tratados ao nível intelectual dos próprios professores, o que para além de evitar os risco de possível infantilização, torna as actividades mais estimulantes e envolventes para eles próprios.

Em síntese, o professor em formação precisa pois vivenciar um processo de aprendizagem em que, também ele, tenha a oportunidade de construir e reestruturar ideias a partir dos conhecimentos e experiência prévios (Yager & McCormack, 1989). Deverá pois aplicar-se à formação dos professores, o princípio de que aprender é um processo interpretativo, envolvendo construções individuais e colaboração social (Tobin, Briscoe & Holmer, 1990). Para além das actividades de manipulação é pois,

(...) essencial que a experiência dos professores também os conduza a apreciar o valor de discutirem ideias uns com os outros, trocarem pontos de vista e apresentarem argumentos testando alternativas. Isto alarga a sua própria experiência como aprendizes e ajuda-os a apreciarem que as crianças precisam de tempo para falarem umas com as outras (...). (Harlen, 1984b, pg. 9).

Para além da vivência como aluno, por parte do professor ou futuro professor, da aprendizagem preconizada para as Ciências, vários autores sustentam que um complemento fundamental desse factor, no processo de formação, é a vivência do

papel de professor acompanhado de reflexão, análise e avaliação desse desempenho. Segundo Harlen (1984b) e Elstgeest (1984), o primeiro elemento da vivência do papel de professor, no contexto de formação, será uma reflexão sobre as actividades manipulativas realizadas, na perspectiva da sua relevância educativa para as crianças. *O quê, do que foi feito, seria apelativo para as crianças? O que poderiam elas fazer? O que poderiam elas adquirir a partir delas? Que possibilidades de desafio existem para as crianças?* (Elstgeest, 1984, pg. 19).

Harlen (1983a; 1984c), Elstgeest (1984), Harty e outros (1984), Strawitz & Malone (1987), Finson (1989) e Scharmann (1989) consideram que experiências de prática pedagógica são um elemento crucial de um curso de formação para o ensino das Ciências na escola elementar. Harlen (1984c) e Elstgeest (1984) sustentam que a prática pedagógica se inicia com o ensaio, por parte dos professores, de implementação nas suas aulas das actividades por eles realizadas no curso de formação. Porém há uma diferença substancial entre implementar actividades planeadas por outros e ser capaz de, autonomamente, planear actividades e implementá-las com os seus alunos (Harlen, 1984c). Considera esta autora que o processo de formação deve habilitar os professores a realizarem os seus próprios planos de aula e a submetê-los à prova do ensino com os seus próprios alunos. Finson (1989), tendo levado a cabo uma investigação que teve o carácter de avaliação de um programa de formação em serviço, concluiu que *a oportunidade para extrair ideias de um curso de métodos, aplicá-las na sala de aula, e reavaliar estas ideias ajuda os professores e estudantes a relacionarem a teoria com a prática* (Finson 1989, pg. 429). Strawitz & Malone (1987) numa investigação de avaliação de programas de formação que incluíam treino dos professores nos processos científicos integrados (identificação de variáveis, construção de tabelas e gráficos, descrever relações entre variáveis, adquirir e processar dados, analisar investigações, planear investigações e experimentar), elaboração de planos de lição de desenvolvimento dos processos científicos e levar a cabo tais planos na sala de aula, concluíram que a experiência de ensino nas escolas durante o curso de formação, melhora as atitudes face à Ciência e

ao ensino das Ciências. Neste estudo considerou-se ser um importante elemento de formação que os formandos recebessem *feed-back* da sua prática lectiva da parte de supervisores, à luz do qual os formandos reflectiam sobre os seu desempenho como professores.

Tendo em conta que muitos dos objectivos das actividades de Ciências na escola primária se atingem por via da forma como a criança enfrenta um problema, da forma como os professores respondem às perguntas que lhe formulam as crianças, e da forma como se socorre do pensamento das crianças na busca de uma solução, resulta então muito claramente, que os programas de formação que não incluam experiências que levem os professores a conduzirem-se destes diferentes modos, será muito pouco provável que produzam professores que possam ajudar as crianças a alcançar tais objectivos. (Harlen, 1983a, pg. 187).

Em boa concordância com este ponto de vista, Vazquez (1984) sustenta que a tarefa dos formadores poderia resumir-se do seguinte modo:

- *providenciar os professores com experiências básicas do seu ambiente para encorajar um espírito inquiridor e uma atitude inventiva. Através da sua própria experiência, os professores deveriam descobrir o rico potencial do fazer Ciência;*
- *tornar os professores conscientes do valor educativo da actividade científica como método progressivo de aprendizagem, como um meio de aprenderem a pensar e a resolver problemas, e como um meio de adquirir auto-confiança (...);*
- *tornar os professores capazes e competentes nos procedimentos por via dos quais queremos que as nossas crianças sejam educadas: actividade científica actual;*
- *tornar os professores conscientes da especial natureza das crianças, da sua relação com o meio e do modo como aprendem, de tal modo que eles tenham mais facilidade em reconhecer situações de resolução de problemas adequados às crianças;*
- *gerar nos professores um elevado grau de competências, criatividade e compreensão em lidar com materiais e com as crianças.* (Vazquez, 1984, pg. 24).

Segundo Harlen (1983a;1984b; 1984c; 1984d), Elstgeest (1984), Finson (1989) e Harlen e outros (1990), o modelo de formação de professores da escola elementar para a educação científica mais adequado, tendo em vista desenvolver-lhes a confiança e um efectivo compromisso com o ensino das Ciências baseia-se na estratégia de *workshop*. Harlen (1984b), considerando embora que o modelo de *workshop* não constitui a única resposta para todos os problemas da formação, justifica a sua preferência com base na sua experiência de muitos anos de formação

inicial e contínua. Reconhece, no entanto, que não dispõe de resultados de investigação controlada que lhe permitam mostrar que os professores formados por via de *workshop* são melhores do que os formados por via de outras estratégias (Harlen, 1984b). Segundo esta autora são as seguintes as características da *workshop*:

- *os participantes são activos, tanto mental como fisicamente. Eles são envolvidos em vivenciar o tipo de aprendizagem que é preconizado para as crianças, reflectindo, analisando e criando;*
- *as mensagens que são veiculadas não são transmitidas por palavras directamente, mas através de envolvimento activo;*
- *através da manipulação dos materiais por eles próprios é adquirida a confiança necessária para que providenciem experiências semelhantes para as crianças;*
- *a compreensão é adquirida por cada participante a partir do interior em vez do exterior; ela advém da reflexão sobre experiências directas e sobre novas ideias que podem ser apresentadas para discussão;*
- *o produto não é o conhecimento de um conjunto de actividades específicas para as crianças fazerem mas uma apreciação de novas formas de aprendizagem e algumas das muitas maneiras de transportar isso para as crianças.* (Harlen, 1984b, pg. 8 - 9).

Num curso de formação contínua levado a cabo em Inglaterra (Harlen, 1984c) segundo estes princípios, numa primeira fase, os professores tentaram levar a cabo nas suas aulas as actividades realizadas no âmbito da formação e tinham *feed-back* relativamente ao seu desempenho e comportamento das crianças, fornecido por observadores, no âmbito de uma discussão e reflexão sobre o que se passara na aula. Uma das principais dificuldades identificadas situava-se ao nível da intervenção do professor, designadamente no seu papel de ouvir e estimular as crianças a ouvirem-se umas às outras, bem como em estabelecer o desejável equilíbrio entre a sua intervenção e a discussão autónoma das crianças em grupo. Numa segunda fase desse mesmo curso, os professores foram solicitados a escolher um tópico e, eles próprios, em grupo, planificarem as actividades correspondentes para as crianças. Verificou-se que as tentativas de planificação efectuadas centravam-se na matéria e não na criança, e enfatizavam resultados da aprendizagem em termos de conteúdo e não de processos. *Foi inevitável o reconhecimento de que a maioria dos professores ainda tem muito que andar em termos de compreensão do papel dos processos de aprendizagem, do gradual processo de construção das ideias das crianças, e o reconhecimento das*

ideias próprias das crianças. (Harlen, 1984b, pg. 68). Os professores, embora tenham reconhecido que o esforço de planearem e imaginarem actividades lhes tenha sido útil como actividades de formação, sublinharam que não dispunham de tempo para serem eles próprios a fazerem a planificação regular das suas aulas de Ciências.

Em idêntica situação, no âmbito de uma *workshop* levada a cabo na Indonésia (Harlen, 1984d) as principais dificuldades dos professores identificadas, residiam na ajuda a prestar aos alunos quando trabalhavam em grupo e no incentivo às crianças a trabalharem sobre os objectos por si mesmas, havendo uma tendência para fornecer explicações ou colocar questões fechadas que induziam a resposta. Verificava-se ainda uma certa incomodidade em face de experiências que não conduziam aos resultados esperados, nomeadamente nas situações em que as crianças chegavam a respostas "erradas".

Uma velha questão relacionada com a formação de professores de Ciências em geral é a que diz respeito ao doseamento e modo de articulação entre competência científica - domínio de conhecimentos e processos da Ciência - e competência em métodos de ensino. Esta questão assume uma maior acuidade no domínio da formação de professores da escola elementar para a educação científica: por um lado, porque há um consenso generalizado quanto ao baixo nível de competência científica desses professores ou futuros professores; e por outro lado porque se reconhece que só por via de uma profunda renovação de métodos e com especial formação dos professores nessa componente, as Ciências da Natureza poderão cumprir a função educativa que justifique a sua inclusão nos primeiros anos de escolaridade.

Mason (1988) interrogava-se se a melhor via para a modificação das atitudes negativas dos alunos face às Ciências e das suas ideias distorcidas da Ciência, seria promover nos professores de Ciências um maior domínio de conteúdos científicos ou dar maior ênfase à formação no domínio do ensino das Ciências. Um estudo por si realizado, fê-lo concluir que o *paradigma pedagógico* de formação, ou seja, uma formação mais subordinada às necessidades de ensino na sala de aula, seria mais

adequado para os professores de Ciências em geral. Segundo Carré & Carter (1990) o conhecimento da matéria a ensinar, por si só, pode não ser tão importante como a competências dos professores em saberem o que fazer com tal conhecimento na sala de aula. E sublinham estes autores que conhecer as crianças, o modo como elas aprendem, dominar estratégias de ensino e possuir competências de comunicação, constituem elementos importantes do perfil de um professor. Segundo Duschl (1980), nos cursos de formação de professores da escola elementar, as disciplinas de Ciências da parte inicial do curso enfatizam a Ciência como corpo de conhecimentos, enquanto que as disciplinas de carácter metodológico enfatizam a sua dimensão de processo, o que deixa os estudantes confusos quanto ao que é suposto que venham a ensinar. Por seu turno Lucas & Dooley (1982), tendo estudado comparativamente os efeitos de cursos de métodos e cursos de conteúdos, concluíram que apenas os cursos de métodos produzem efeitos ao nível das atitudes dos estudantes em relação ao ensino das Ciências. A reunião de especialistas para a educação científica e tecnológica na escola primária, concluiu no seu relatório final o seguinte:

considerou-se que a formação que o professor recebe em muitas instituições de formação inicial resulta demasiado fragmentada e insuficientemente relacionada com as realidades da aula. O conteúdo da Ciência e a metodologia de ensino são abordadas de forma separada e raramente se integram. (Harlen ed,1983, pg. 244).

Scharmann (1989) concluiu, após uma revisão de literatura, que o ensino de competências de processos, um apropriado curso de conteúdos e experiência de prática pedagógica, são componentes essenciais de uma sequência de formação para promover a excelência no ensino das Ciências na escola elementar. A tradição não consagra normalmente o treino de processos científicos na formação de professores. Um estudo levado a cabo por Scharmann (1989), envolvendo a formação de professores da escola elementar, conduziu à obtenção de resultados que lhe permitem concluir que *um curso de competências de processo é capaz de facilitar uma mudança significativa na aquisição de conhecimento científico e é capaz de favorecer*

uma mudança significativa na compreensão da natureza da Ciência (Scharmann, 1989, pg. 723).

No modelo de formação baseado em *workshop*, tal como tem sido entendido por Harlen (1983a;1984b; 1984c; 1984d), Elstgeest (1984), Finson (1989) e Harlen e outros (1990), a três dimensões de conteúdos, processos e métodos de ensino, fazem parte de um todo integrado. As actividades realizadas, sendo da mesma natureza das que se preconizam para as crianças, permitem a aquisição de conhecimentos e o domínio de processos que os formandos precisarão como professores; por outro lado, o domínio dos métodos adquire-se pela vivência do mesmo processo de aprendizagem pretendido para as crianças, pela reflexão sobre tal vivência na perspectiva dos alunos, pela sua experimentação na sala de aula e posterior avaliação desse desempenho.