Questões relativas à aprendizagem baseada na pesquisa e no questionamento (*inquiry-based*)

Excerto de *Methodological Guide*, *Inquiry-Based Science Education: Applying it in the Classroom (capítulo 4)*

A aprendizagem baseada na pesquisa e no questionamento (*inquiry-based*) envolve um conjunto de aspectos importantes que são apresentados neste artigo.

A. Como escolher o ponto de partida

O primeiro passo desta abordagem diz respeito à identificação de um tema que (1) tenha a ver com a vivência dos alunos (por exemplo, germinação, sombras, alavancas, alimentos, circuitos eléctricos, etc.); (2) se integre no currículo; (3) esteja ajustado ao nível etário dos alunos. Uma vez escolhido o tema a abordar, é importante que se identifiquem os conceitos que se pretende que os alunos adquiram. Percorridas estas etapas, há que iniciar a actividade. Mas como? Qual deverá ser o ponto de partida? A situação a criar tem de levar os alunos a colocar questões e a enunciar o problema a resolver, prevendo-se logo que a resolução do problema vai ser morosa. De realçar a importância de do problema a enunciar, uma vez que a ciência se constrói a partir de problemas a resolver e não apenas de observações.

Aspecto prático

Um professor que está pela primeira vez a ensinar ciência ou a desenvolver actividades seguindo uma metodologia de aprendizagem baseada no questionamento e na investigação (inquiry-based) terá alguma dificuldade em delinear a sequência de actividades e em identificar situações iniciais que levem o aluno a enunciar problemas. Para colmatar essa dificuldade, e como forma de se familiarizar com esta abordagem, é conveniente que, de início, o professor se baseie em actividades modelo (ver exemplos no site do projecto Pollen: www.pollen-europa.net, secção *Learning Units*). Mais tarde os professores ganharão experiência e conseguirão desenhar as situações de partida.

Vejamos um exemplo de actividade. De início foi pedido aos alunos que observassem uma ampulheta. O professor começou por mostrar ampulhetas em que a areia caía em tempos diferentes, o que levou à colocação das seguintes perguntas: Por que motivo numa das ampulhetas a areia demora mais tempo a cair? Que factores determinam quanto tempo é necessário para a areia cair? Esta situação, embora escolhida pelo professor, ajudou os alunos a apropriar-se do problema, sendo eles próprios a colocar as questões que o professor pretendia explorar.

Nalguns casos o estudo pode começar com uma pergunta (Como se calcula a temperatura a que o gelo derrete? De que é feita a água salgada? Como se pode obter sal da água salgada?, etc). Uma vez que se pretende que as situações a apresentar conduzam à enunciação de um problema, a formulação da

pergunta inicial é importante. Por exemplo, se um professor pretende que as crianças montem um espectáculo de sombras chinesas, poderá começar por pedir às crianças que façam desenhos (fornecendo-lhes o material), ou poderá simplesmente perguntar-lhes: "Como fazer para montar um espectáculo de marionetas?"

B. Perguntas a colocar às crianças e como enunciá-las

Este ponto é importante. Existem muitas perguntas que simplesmente não estimulam o raciocínio. W. Harlen [(1)] designa essas perguntas de estéreis, por oposição às perguntas produtivas que estimulam a actividade intelectual ou manual das crianças e que conduzem ao questionamento. Perguntas estéreis geralmente conduzem a respostas que se resumem a explicações verbais (Como é que isto se chama? O que é uma bateria? Por que é que a corrente se movimenta do pólo positivo para o pólo negativo). Não se quer com isto dizer que o professor nunca deva colocar este tipo de perguntas. Há apenas que ter em atenção que não são o tipo de perguntas que se ajustam a uma abordagem baseada no questionamento e na investigação (*inquiry-based),* ou seja, quando se pretende que a criança consiga prosseguir sozinha, se vá tornando autónoma.

As perguntas produtivas são as que colocam um problema às crianças, que conduzem à acção e estimulam o raciocínio. Perguntas deste género podem surgir no início das aulas, mas não apenas nessa altura, uma vez que o objectivo é fazer com que as crianças actuem e raciocinem em diferentes momentos da aula.

Vejamos alguns exemplos de perguntas: Que diferenças e semelhanças se observam entre estes dois objectos (ou situações)? Conseguem encontrar o caminho/solução para...?; Na tua opinião, o que aconteceria se...? (A expressão "na tua opinião" é importante, porque leva a que o aluno não se iniba, não se sinta obrigado a dar a "resposta certa", que não tem obrigação de saber); Como poderíamos fazer...?; Como explicas que ...?; Como podemos ter a certeza...?. Se o assunto se adequar a perguntas quantitativas, estas poderão ser: Quantas...?; Qual é a temperatura...?.

Como afirma Sheila Jelly, na obra de W. Harlen [(1)], "A chave para colocar perguntas produtivas é apenas a prática". Entre outras, sugere a seguinte estratégia: analisar as perguntas sugeridas nos livros de ciências das crianças e verificar se são estéreis ou produtivas.

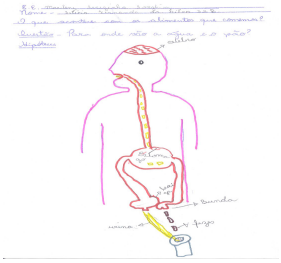
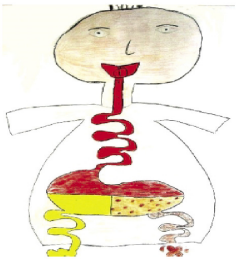
C. Levar em linha de conta as perguntas e as ideias dos alunos

As crianças, independentemente da idade e a cultura têm em geral muitas ideias (pré-conceitos) sobre os fenómenos com que se confrontam no seu dia-a-dia. É importante conhecer esses conceitos ou ideias que se designa de "pré-conceitos" ou "concepções iniciais", porque estas ajudam o professor a dar-se conta do raciocínio dos alunos, e de seguida a colocar questões que guiem as actividades de sala de aula e por fim a verificar se as crianças de facto perceberam os conceitos que lhes foram apresentados. Ao partir das ideias dos alunos e ao levar em linha de conta as suas perguntas, o

professor dá oportunidade ao aluno de perceber que existem ideias diferentes das suas, e que essas ideias se baseiam em factos que eles não tinham levado em linha de conta.

No caso da electricidade, um número significativo de crianças pensa que basta colocar uma lâmpada junto a um dos terminais da pilha para a lâmpada acender. Não há nada como deixá-las experimentar, para que sejam eles próprios a verificar que, se o fizerem, a lâmpada não acende. É importante permitir que as crianças verbalizem aquilo que pensam. Numa segunda fase poderá pedir-se-lhes que expliquem por que motivo, quando têm um conjunto de três lâmpadas, todas elas acendem.

Quando se pergunta a uma criança o que acontece à comida quando é ingerida, muitos respondem que o nosso corpo tem dois tubos digestivos, um para líquidos e o outro para sólidos. Esta ideia decorre do facto de existir o ânus e a uretra.

		
Nanjing (China)	*Sao Carlos (Brasil)*	*Paris (França)*

Por essa razão é importante conseguir-se que as crianças expressem as suas ideias e, de seguida, levá-las a reflectir com base em perguntas, como por exemplo: O que acontece quando se come sopa de vegetais? O alimento poderá ir para o "lado errado"?, etc.

Muitas vezes essas ideias iniciais estão em contradição com as explicações científicas dos fenómenos que os alunos estão a estudar. É importante levar o aluno a apresentar outras explicações mais correctas, através de um processo que será tanto mais aceite pelos alunos quanto mais se aperceberem que as suas ideias iniciais estavam incorrectas ou incompletas. Mesmo que as ideias que os alunos explicitam inicialmente estejam erradas, devem ser aceites pelo professor sem juízos valorativos. A partir daí inicia-se o processo de questionamento (*inquiry*), durante o qual a maior parte das ideias iniciais dos alunos vai mudar.

D. A troca de ideias em grupo

Os alunos precisam de tempo para pensar e para trocar ideias entre eles (sem ter de haver necessariamente mediação por parte do professor). O professor deve aceitar as ideias iniciais dos alunos e, de seguida, a partir dessas ideias deve organizar um debate como forma de permitir que os alunos de percebam que existem outras ideias para além das suas, e que essas ideias se baseiam em

factos que eles não tinham levado em linha de conta. Em certos casos podem até testá-las através da realização de experiências. Esta troca de ideias pode ter lugar em diferentes momentos da aula:

- No início da aula, quando os alunos tentam encontrar uma ou mais perguntas produtivas a partir das perguntas que colocaram inicialmente;
- Quando os alunos formulam uma hipótese e sugerem protocolos para experiências a realizar;
- Após todos terem realizado as experiências e chegado a conclusões baseadas nos resultados obtidos;
- Quando compararem essas conclusões com o conhecimento científico (este ponto será desenvolvido nos itens G e H).

Como conseguir perguntas mais produtivas

Promover a troca de ideias neste processo nem sempre é fácil, uma vez que as crianças podem avançar com explicações estranhas. Por exemplo, quando é solicitado que as crianças encontrem uma forma de recuperar o açúcar que foi dissolvido em água, corre-se o risco de aparecerem respostas do género: "Basta que digas "Abracadabra". Uma boa estratégia é escrever no quadro todas as perguntas, sugestões, propostas e hipóteses, não deixando nenhuma de fora. Dependendo do tipo de questão colocada, as tarefas podem ser realizadas individualmente ou em grupo (exemplo: desenhar um protocolo experimental). A construção do conhecimento faz-se a partir das várias sugestões dos alunos (pelo menos das que fizerem sentido).

Nesta etapa é importante que o professor não forneça ainda a resposta certa. Do mesmo modo deve evitar dizer logo se uma resposta está certa ou errada ou tomar partido quando há divergência entre dois alunos. O professor tem que assumir o papel de observador, respondendo "veremos", "vamos experimentar...", conseguindo desse modo fomentar o verdadeiro debate.

Voltemos ao exemplo da situação do açúcar dissolvido. É importante deixar a criança experimentar e anotar os resultados. Na fase seguinte, a criança (e as outras crianças da turma) vão perceber que a ideia que tinha(m) avançado inicialmente não se ajustava à pergunta de partida.

Sempre que possível, é importante ajudar as crianças a perceber que algumas perguntas (ou respostas) não poderão ser testadas, poderão conduzir a becos sem saída ou poderão não servir de todo. É também durante estes períodos de discussão em grupo que as crianças poderão vir a colocar perguntas difíceis para as quais os professores não têm respostas. Nesses casos, a resposta apropriada será: "Não sei, mas vamos tentar descobrir juntos". Há que estar ciente que algumas perguntas podem não servir para iniciar uma investigação. Neste caso, a resposta terá que se basear em bibliografia sobre o tema ou no apoio de cientistas (recorrer a uma rede de consultores científicos ou a guiões de apoio como os que estão publicados no site do projecto Pollen: www. pollen-europa.net, secção "Hotline").

*(*Obs*: Não é possível garantir respostas para todas as perguntas, nem mesmo os cientistas sabem tudo. É isso que torna a ciência emocionante.)*

E. Desenho de protocolos experimentais

Esta secção é dedicada ao tipo de apoio que o professor deve dar aos alunos na fase do desenho do protocolo para uma experiência a realizar, com base no equipamento disponível na escola, e ao apoio a dar na fase seguinte, ou seja, na interpretação dos resultados. Cada aluno precisa de saber exactamente o que procura (a questão inicial) e de reflectir sobre o problema.

No que respeita ao equipamento a disponibilizar aos alunos existem várias opções. O professor pode fornecer a cada grupo o equipamento necessário para a(s) experiência(s) proposta(s), pode colocar o material à disposição dos alunos que por sua vez desenham o protocolo em conjunto e escolhem o material necessário para realizar a experiência. Há ainda outras opções, dependendo do tema escolhido e do nível etário dos alunos. Cada aluno pode decidir individualmente o que pretende fazer e empenhar-se na realização da tarefa que lhe permita atingir esse objectivo. Os alunos em grupo desenham um protocolo que apresentam depois a toda a turma para ser analisado pelo grupo alargado.

- Utilização dos resultados obtidos para chegar a conclusões válidas

Após cada aluno (grupo) ter realizado a experiência e anotado os resultados, todas as conclusões a que os alunos chegarem têm de ser postas à discussão: Existem dúvidas sobre os resultados obtidos?; Será necessário repetir algumas experiências?; Que hipóteses foram confirmadas e quais as que não foram?; É necessário colocar outras hipóteses e fazer outras experiências? Se sim, quais? Este pode ser o ponto em que o processo é repetido desde o princípio, como descrito anteriormente.

A eficácia destas trocas de ideias depende não só do modo como os alunos se expressarem oralmente, mas também da capacidade de se ouvirem uns aos outros. Nalgumas turmas a discussão terá sempre de ser moderada pelo professor, mas haverá outras em que os alunos poderão debater as questões sem necessitar da intervenção do professor. Valerá a pena gastar tempo no desenvolvimento destas competências de comunicação. A participação neste tipo de actividades contribuirá para que as crianças se tornem cidadãos mais críticos e intervenientes.

F. Organização da aula

Antes de iniciar as actividades, é necessário certificar-se que a sala de aula reúne as condições mínimas para as realizar. Algumas escolas têm uma sala de ciências (com mesas suficientes para que as crianças e professor possam fazer as experiências). Outras escolas que não tiverem essas condições poderão reorganizar as mesas e as cadeiras de modo a facilitar o trabalho em equipa e o acesso ao equipamento.

. O equipamento

Nas escolas do primeiro ciclo o equipamento necessário não necessita de ser sofisticado. Pode recorrer-se a materiais do dia-a-dia (garrafas de plástico, sacos de borracha, sacos de plástico e papel, plantas, sementes, terra, cartão, borracha, fios, tesoura, clipes, recipientes de vários tamanhos, fruta,

vegetais, diferentes líquidos). A este tipo de materiais pode juntar-se outros menos comuns: pilhas, lâmpadas, termómetros, bússolas, balança e lupa binocular.

Contudo, nem sempre é possível fazer experiências com os objectos de que se dispõe, como é o caso da Astronomia ou de experiências que envolvem organismos vivos. Nesse caso o professor poderá recorrer a modelos didácticos (por exemplo, um modelo ou réplica da Terra ou do Sol quando se tratar de perceber as variações em termos da duração dos dias ao longo do ano, ou um modelo dos músculos do braço, para mostrar o que permite que o braço suba e desça, etc.), ou ainda documentação.

Ponto Prático
O equipamento poderá já existir na escola, ser pedido emprestado a centros de recursos ou a cientistas ou ainda ser trazido para a escola pelos encarregados de educação (esta última é uma boa solução). **Trabalho de grupo** É importante que todos os estudantes possam participar no trabalho experimental. O trabalho em grupo pode ser especialmente enriquecedor se os alunos forem encorajados a debater, a comparar os seus pontos de vista e a tentar chegar a uma conclusão. Cada grupo pode ter um porta-voz (escolhido pelos alunos do grupo ou pelo professor) que apresenta à turma a conclusão fundamentada a que chegaram.

Ponto Prático
Dividir as crianças em grupos de, pelo menos, 3 ou 4 alunos. Não deverão ser formados mais de oito grupos de forma a não dificultar a gestão das actividades e para se conseguir todos os alunos se envolvem de facto na actividade. Sugere-se que seja atribuída uma tarefa a cada grupo. As tarefas podem ser delineadas pelo professor ou, sempre que possível, pelo próprio grupo. No entanto é importante que, no grupo, a atribuição das tarefas seja rotativa. Essa estratégia permitirá que cada aluno assuma diferentes papéis e impedirá que o grupo seja dominado por alguns alunos e ainda que surjam eventuais atitudes sexistas, sendo, por exemplo, todos os papéis de apresentação assumidos pelos rapazes e todos os papéis de mistura de líquidos atribuídos a raparigas. Um professor que conduz pela primeira vez o trabalho de grupo numa turma pode ser confrontado com algumas dificuldades: grupos que não trabalham bem, muito barulho na sala de aula, discussões, etc. É um processo de aprendizagem, quer para o aluno, quer para o professor. Para minimizar os problemas, é aconselhável que o professor distribua inicialmente as tarefas e dê indicações muito claras sobre o que os alunos devem produzir (um texto, um protocolo, um poster, uma experiência, uma apresentação, etc.). É essencial planear em detalhe a distribuição do tempo pelas várias etapas e prever antecipadamente a forma de chamar a atenção dos alunos quando a turma ficar muito barulhenta (acender e apagar a luz, bater palmas, tocar uma campainha, pedir às crianças que deitem a cabeça sobre a mesa e fechem os olhos, etc.). De início, aconselha-se que os grupos sejam pequenos e que o trabalho seja dividido em pequenas unidades, com o professor a definir o tempo de duração da actividade. Mais tarde, quando as crianças já tiverem aprendido a trabalhar em grupo, podem realizar as tarefas de um modo mais autónomo, havendo uma menor necessidade da

intervenção do professor.

G. Como apoiar os alunos na fase de desenho dos protocolos e identificação das variáveis

Muitas vezes o objectivo é determinar as variáveis de que um dado fenómeno depende e testar essas variáveis, uma a seguir à outra. Para garantir que os resultados de uma dada experiência são fiáveis, é necessário cumprir alguns requisitos, nomeadamente fazer variar apenas um variável de cada vez (mantendo todas as outras), ou seja, controlar as variáveis.

Por exemplo, se o objectivo é perceber o que determina o tempo que a areia leva a cair numa ampulheta, se isso depende do tamanho do orifício, será importante fazer com que as crianças compreendam que apenas necessitam de alterar o factor que estão a testar, ou seja, o tamanho do orifício (podem comparar dois aparelhos com orifícios de dimensões diferentes). A quantidade de areia é a mesma, o tamanho da ampulheta e o tamanho das partículas de areia mantêm-se. Contudo, pode-se deixar que as crianças façam variar todos os parâmetros ao mesmo tempo e, desse modo percebam que os resultados que obtêm não permitem concluir nada.

Na realidade, a necessidade de mudar apenas uma variável de cada vez (mantendo as restantes inalteráveis) nem sempre é óbvia, mesmo para os adultos. Por exemplo, foi pedido a alguns professores que participaram numa acção de formação para prepararem uma experiência que permitisse demonstrar que um fertilizante colocado na terra pode acabar por aparecer na água que consumimos. Para testarem a hipótese, conceberam e realizaram a seguinte experiência: (1) colocaram a mesma quantidade de terra no fundo de duas garrafas de plástico nas quais tinham previamente feito um furo; (2) numa das garrafas deitaram água e na outra garrafa deitaram água com fertilizante; (3) recuperaram, para dentro de um recipiente, o líquido que saiu de cada uma das garrafas, após este ter sido filtrado pela terra; (4) deixaram evaporar o líquido para poderem verificar se obtinham resíduos sólidos que indicassem a presença de fertilizante.
Alguns professores, embora tivessem afirmado inicialmente que apenas pretendiam mudar uma variável de cada vez, fizeram a experiência usando não só água com fertilizante, mas também água com corante alimentar. Após terem feito a experiência, estes professores verificaram que não poderiam concluir nada, uma vez que tinham mudado duas variáveis ao mesmo tempo (fertilizante e corante alimentar)!

O professor deve não só estar ciente desta questão, como também deve estar atento a esse aspecto na sala de aula. Num outro exemplo, uma turma realiza experiências sobre evaporação. O objectivo é demonstrar de que forma o facto de um recipiente estar fechado ou aberto poder afectar o fenómeno da evaporação. O professor pediu aos alunos para desenharem o protocolo para a realização da experiência. Começaram por sugerir a comparação dos níveis de líquido nos recipientes, independentemente de estes terem tampas ou não terem. Como alguns alunos sugeriram a utilização

de recipientes com uma superfície de exposição muito pequena, uma parte da turma concebeu experiências que levaram a resultados inconclusivos.

Em primeiro lugar é importante que as crianças se apercebam que mudar todas as variáveis ao mesmo tempo não permite chegar a conclusões. Se, por exemplo, se um dado grupo que está a realizar uma dada experiência mudar mais do que uma variável vai chegar a resultados muito diferentes daqueles a que chega um outro grupo ao lado. Na fase de recolha dos resultados de todos os grupos, no momento em que confere os resultados, o professor pode colocar questões que ajudem os alunos a compreender essa questão.

Em segundo lugar é essencial que sejam fornecidos os instrumentos necessários para as crianças desenharem os protocolos correctamente. Aqui há várias opções. Pode-se ensinar as crianças a desenhar tabelas que mostrem os valores de cada variável, chamando a atenção para o facto que se mantêm inalterados nas várias linhas da tabela, excepto no caso da variável que está a ser testada. Outra alternativa é fazer pequenas fichas com os seguintes itens:

- a questão sobre a qual incide a experiência; o nome da variável que irá ser testada; a lista de variáveis que se mantêm.

H. Considerar os resultados de cada aluno, relacioná-los com a hipótese inicial e resumir a informação

Após a realização de uma experiência, é importante rever os resultados obtidos e relacioná-los com as hipóteses e os pressupostos iniciais. A partir deste ponto, pode iniciar-se a troca de ideias em grupo, com moderação do professor, que se assegura que todos têm oportunidade de expressar as suas ideias e que todos os pontos de vista são respeitados. Caso surjam divergências, elas serão resolvidas, não com base no maior número de defensores de um dado ponto de vista ou nas opiniões dos "líderes", mas nos resultados obtidos na experiência e na reflexão feita a partir desses resultados.

Para se ter a certeza que os resultados da experiência são fiáveis, é importante que o professor se assegure que cada experiência é feita mais do que uma vez, pelo mesmo grupo ou por grupos diferentes. Este procedimento permite assegurar que não foram cometidos erros. Nalguns casos pode ser necessário repetir a experiência.

Durante as fases anteriores de realização da experiência, a criança constrói conhecimento. No entanto, se o professor não ajudar a consolidar estas aprendizagens, tudo poderá ser vago, frágil e até esquecido de seguida. A revisão e a síntese das conclusões da experiência ou da pesquisa documental possibilitará que as crianças percebam bem o que descobriram, conseguindo-se que façam aprendizagens mais seguras e significativas. Mais uma vez, a síntese é importante para a criança, sobretudo depois de ter passado por todas as etapas anteriores.

I. Comparação com os "factos"

A etapa de confrontação com a realidade é essencial, como fica demonstrado na situação que se relata de seguida.

Uma turma realizou uma experiência sobre o tema "mistura de sólidos e líquidos" (dissolução). No final da sessão, vários grupos concluíram: "a água e o sal não se misturam".

O professor não comentou o que considerou como as "conclusões das crianças" e concebeu uma outra actividade para a aula seguinte.

O que levou os alunos a chegar a uma conclusão incorrecta? O professor tinha dado instruções em relação à quantidade de sólido a usar, mas não tinha dado indicações em relação à quantidade de líquido a utilizar. Os grupos que usaram uma pequena quantidade de água observaram que, mesmo depois de misturar a água com o sal, ficava sempre algum sal no fundo do recipiente. O professor poderia ter sugerido que investigassem o que aconteceria se a quantidade de líquido fosse aumentado. Isso teria permitido que os alunos tivessem chegado a uma conclusão correcta, isto é, de acordo com *factos estabelecidos* (neste caso, a quantidade de sólido que pode ser dissolvido numa solução não pode exceder um determinado valor – cerca de 360 gramas de sal comum por litro de água à temperatura ambiente -). É importante que, na fase da preparação das aulas, os professores se documentem através do recurso à literatura.

A abordagem recomendada para os professores é semelhante à usada pelos investigadores, embora com algumas diferenças. As crianças devem "descobrir" os fenómenos da natureza, as suas propriedades, experimentar e comparar as conclusões a que chegam com as dos colegas, à semelhança do que é feito na comunidade científica. No entanto, ao contrário dos investigadores, as crianças não têm que descobrir fenómenos e leis que ainda não são conhecidos da comunidade científica.

Obras citadas:

(1) W. Harlen, 2004. Enseigner les sciences: comment faire? – Collection La Main à la Pâte, Le Pommier Eds, 220 pp.

(2) L. Viennot, 2001. Reasoning in physics, the part of common sense. Kluer Academic Publisher, 248 pp. (translated from the French)