



CONHECIMENTOS DE ALUNOS E PROFESSORES DE CUBA E PORTUGAL SOBRE SOLUÇÕES E MUDANÇAS DE ESTADO

Knowledge of students and teachers from Cuba and Portugal about solutions and changes of state

José Manuel Carmo [jmbcarmo@gmail.com]
Escola Superior de Educação e Comunicação
Universidade do Algarve, Faro, Portugal

Resumo

O projeto *Ensino Experimental e Interdisciplinar de Ciências* (ENEICEP) foi desenvolvido em Cuba e em Portugal com o propósito de promover o ensino de ciências de tipo prático, experimental e interdisciplinar. Inserindo-se num modelo de Ensino por Mudança Concetual, a sequência de ensino inicia-se por um momento de identificação das ideias dos alunos, que as atividades propostas procuram dar oportunidades para que os alunos explorem as suas ideias e verifiquem a sua solidez. Com este objetivo foi elaborado um questionário aplicado a alunos do 5º ano de escolas cubanas e portuguesas envolvidas no projeto. Com a perspetiva de comparar os resultados obtidos com os alunos com outros intervenientes no processo educativo, o questionário foi também aplicado a professores deste nível de ensino e ainda a grupos de professores em formação nas instituições de ensino superior em ambos os países. Os resultados deste estudo revelam que os alunos de ambos os países não mostram diferenças significativas e apresentam um panorama semelhante de ideias prévias. Constatam-se também que os professores e futuros professores se assemelham fortemente aos alunos na resposta aos itens do questionário, revelando padrões semelhantes de ideias prévias e que a formação específica para o ensino de ciências não contribui para um panorama diferente. Os dados da investigação permitem reivindicar a necessidade de um reforço na dimensão “conhecimento pedagógico de conteúdo” na formação docente, bem como a necessidade de atividades de formação que se orientem para a mudança conceptual, focadas nas dificuldades que os alunos manifestam em concreto sobre os tópicos curriculares.

Palavras-Chave: Ensino por mudança concetual; ideias prévias; soluções e mudanças de estado; conhecimento profissional docente.

Abstract

The project *Ensino Experimental e Interdisciplinar de Ciências* (ENEICEP) was developed in Cuba and Portugal aiming to promote practical, experimental and interdisciplinary science teaching. Affiliated to a Conceptual Change model, the teaching sequence initiates with a moment of identification of students' ideas, the proposed activities aiming to give opportunities for the students to explore their ideas and evaluate their strength. With this objective a questionnaire has been developed and applied to 5th grade students of Cuban and Portuguese schools included in the project. With the perspective of comparing the student results with other intervenient in the educational process, the questionnaire was also applied to teachers in this grade level and to groups of student-teachers in Schools of Education in both countries. The results of this study reveal that students of both countries don't show significant differences and show a similar panorama of previous ideas. Also, it makes evident that teachers and future teachers are strongly identical to students in the response to the items of the questionnaire, revealing similar patrons of previous ideas and that training specifically for science teaching hasn't contributed to a different panorama. Research data allows claiming the need for strengthening the “pedagogical content knowledge” dimension in teacher training, as well as the need of training activities aiming at conceptual change focused on the difficulties the students manifest concretely on the curricular topics.

Keywords: Conceptual change teaching; previous ideas; solutions and physical state change; professional teaching knowledge.

INTRODUÇÃO

O projeto *Ensino Experimental e Interdisciplinar de Ciências* (ENEICEP) foi desenvolvido em Cuba e em Portugal com o propósito de criar e pôr à disposição das escolas e dos professores um dispositivo de formação para promover o desenvolvimento de estratégias, recursos e propostas de ensino adaptadas ao currículo e adequadas às necessidades de formação dos alunos, visando fomentar o ensino de tipo experimental, prático e interdisciplinar de ciências.

A sequência de atividades que compõe a Unidade de Ensino “Misturas, soluções e mudanças de estado” insere-se no modelo metodológico de Ensino por Mudança Conceptual (Cachapuz, Praia & Jorge,, 2000; 2002) que se pode esquematizar pelos seguintes passos: 1) Identificar as ideias prévias dos alunos; 2) criar oportunidades para que os alunos explorem as suas ideias e verifiquem a sua solidez na explicação dos fenómenos, acontecimentos e previsões; 3) oferecer estímulos para que desenvolvam e modifiquem as suas ideias quando necessário; 4) apoiar a reconstrução das suas ideias e pontos de vista; 5) facilitar a extensão ou generalização do conceito pela sua aplicação em situações novas; 6) proporcionar oportunidades para que os alunos reflitam sobre o processo do seu pensamento em relação com as mudanças das suas ideias (metacognição).

Consistentemente com esta orientação metodológica, a Unidade de Ensino inicia-se com um questionário que procura identificar as ideias prévias dos alunos sobre os conceitos envolvidos, no contexto de fenómenos concretos comuns às suas vivências, que as atividades procuram questionar, dar oportunidades para que os alunos explorem as suas ideias, façam previsões e procurem explicações, que variam de aluno a aluno, e apreciem criticamente observações que não correspondem ao previsto e verifiquem a sua solidez na explicação dos fenómenos e acontecimentos, frente à conceção do professor. As perguntas do questionário e as atividades que lhes correspondem, foram selecionadas em função dos aspetos críticos da compreensão destes fenómenos identificados pela investigação (Kind, 2004).

Em estudos independentes, separados por cerca de 10 anos e em países bem diferentes, alunos de 13 anos, quando confrontados com o fenómeno da evaporação, entre 40 e 55% considera que a água foi para o ar em *partículas* muito pequenas, enquanto entre 45 e 60% admitem que se transforma em oxigénio e hidrogénio ou simplesmente deixa de existir (Osborne & Cosgrove, 1983; Zamorano, Dell'Oro & Silva, 1994). Face à ebulição, no estudo de Osborne e Cosgrove (1983), apenas cerca de 8% consideram as bolhas formadas por “vapor”, enquanto os restantes 92% as consideram formadas por ar (25%), calor (28%) ou oxigénio e hidrogénio (39%). No estudo de Zamorano e colaboradores (1994) os resultados diferem de modo muito significativo, sendo 27% os alunos que consideram as bolhas serem formadas por vapor, embora sejam 37% os que consideram que são constituídas por ar. Nestes mesmos estudos (Osborne & Cosgrove, 1983; Zamorano, Dell'Oro & Silva, 1994) encontram que apenas 14-16% admite a condensação na superfície externa de um copo vedado com gelo, a grande maioria considerando que o frio faz com que o oxigénio e o hidrogénio do ar se transformem em água (50-47%); que o frio atravessa o vidro e se transforma em água (34-35%) ou que a água do gelo que derrete passa para fora através do vidro (2%). Os resultados do projeto SPACE (Russel & Watt, 1990) revelam que 39% dos alunos de 8 a 11 anos consideram que a água que se evapora se encontra no céu ou nuvens, 29% consideram que escorreu ou infiltrou, que foi para o sol ou que deixou de existir e apenas 27% que se encontra no ar; dos 20 alunos de 10-11 anos 50% consideram que não é possível recuperar a água evaporada, enquanto 45% que se recupera como chuva e apenas um refere a condensação. Os mesmos tipos de entendimentos são encontrados por Rosa, Kirchner e Rosa (2016).

O nível de compreensão sobre mudanças de estado, em particular sobre evaporação e condensação, e sobre o papel da energia do sol contribuem para representações mais elaboradas do ciclo da água (Castelltor, 2015; Forbes, Zangori & Schwarz, 2015; Gonzalez, 2015), especialmente, a sua compreensão à luz da teoria corpuscular da matéria (Johnson & Tymms, 2011; Gunckel, Covitt, Salinas & Anderson, 2012; Hadenfeldt, Neumann, Bernholt, Liu, & Parchmann, 2016; Sreypouv & Shimizu, 2017). Sem uma teoria explicativa a nível microscópico, os alunos não concebem a ideia de que o ar tenha massa, ainda que o tenham verificado experimentalmente (Baptista, Martins, Conceição, & Pipitone, , 2020)

A investigação revela também que os docentes e mesmo estudantes de Química, possuem conceções inapropriadas, em larga medida semelhantes às dos alunos, decorrentes de uma deficiente compreensão da teoria corpuscular e da temperatura e pressão como fatores das mudanças, mas também uma deficiente compreensão das dificuldades dos alunos na apreensão desses conceitos (Kruger & Summers, 1989; Leite, Mendoza & Borsese, 2007; Tatar, 2011; Melo, Marín-Resendiz, Florentina-Cañada,, & Martínez, , 2016, Sopandi, Latip & Sujana, 2017; Klutse, 2021; Joras, Bender, Vieira, Tamiosso, & Schetinger, 2023; Morrell & Schepige, 2023).

O conhecimento profissional dos professores deverá incluir o Conhecimento de Conteúdo e Ensino (CCT), isto é, conhecer as metodologias para o seu ensino, assim como os níveis de compreensão dos conceitos e os percursos de progressão delineados pela investigação, bem como o Conhecimento de Conteúdo e Alunos (CCA) que inclui o conhecimento dos conceitos que os alunos possuem e as dificuldades que tipicamente revelam (Ball, Thames, & Phelps, , 2008; Hill, Ball & Schilling, 2008). Um processo de formação que pretende pautar-se por uma perspetiva de construção do conhecimento, também dos docentes participantes, precisa conhecer como ponto de partida as conceções dos envolvidos no processo. Assim o questionário foi também apresentado aos professores participantes a partir do que realizaram as atividades que pretendem dar-lhes resposta.

O objetivo da investigação foi conhecer as ideias prévias sobre mudança de estado, soluções e características do gelo, de alunos de 5º ano de escolaridade, em Cuba e em Portugal. No sentido de obter uma imagem mais alargada do panorama de ideias, alargou-se a aplicação do referido questionário a um grupo significativo de professores em exercício, bem como a alunos-professores em escolas de formação docente em ambos os países em que o projeto se desenvolve, nomeadamente alunos de licenciatura em Educação Básica, alunos de cursos de mestrado em ensino em Cuba e em Portugal.

METODOLOGIA


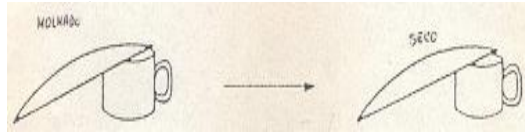
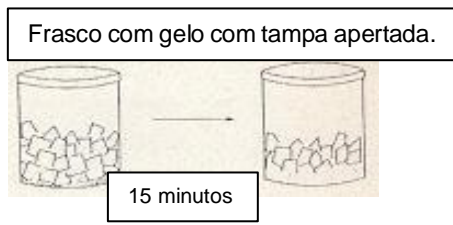

O questionário inicial (quadro 1) é constituído por perguntas recolhidas da investigação publicada: as perguntas 1 a 3 resultam diretamente dos trabalhos de Osborne e colaboradores (Cosgrove & Osborne, 1981; Osborne & Cosgrove, 1983; Osborne & Tasker, 1985) e a pergunta 7 de Keogh e colaboradores (Keogh & Naylor, 1996; Keogh, Naylor, de Boo & Feasey, 2001). As restantes foram delineadas no quadro do projeto.

Em Portugal, o questionário foi apresentado pelo investigador a cinco turmas do 5ºano dos Municípios de Tavira e S. Brás de Alportel, em novembro-dezembro de 2017 e entre Outubro e Novembro de 2019 aos alunos dos professores participantes nos cursos que se referem seguidamente (N=217), e aplicado pelos respetivos docentes em doze turmas do 5ºano em Cuba, Municípios de Havana e Mayabeque, entre Janeiro e Março de 2018 (N=269). O questionário foi aplicado em Cuba, a professores do Ensino Primário (que inclui a docência dos 1º ao 6º anos de escolaridade), na oportunidade de conferências de apresentação do projeto em alguns eventos educacionais, nomeadamente, jornadas pedagógicas “la ciencia adelante” da província de Mayabeque (N=19), curso pós-congresso Pedagogia 2017 (N=16), em março 2017; curso do Ministério da Educação, ERCE (Estudio Regional Comparativo Explicativo), em março 2018 (N=22) e ainda se solicitou aos professores participantes a aplicação do questionário a colegas das escolas a que pertencem (N=43), entre Janeiro e Março de 2018, obtendo-se uma amostra, embora não representativa, ilustrativa dos docentes da região de Havana (N=100). O instrumento foi aplicado em outubro de 2019 a 48 professores portugueses, dos 1º e 2º ciclos do Ensino Básico, no âmbito da realização de cursos de formação contínua promovidos pelos centros de formação de professores “Levante Algarvio”, em Vila Real de Santo António (N= 18) e Tavira (N=16) e “Ria Formosa”, em Olhão (N=14). O questionário foi aplicado pelo investigador, em novembro de 2018, em três Escolas Superiores de Educação portuguesas (duas públicas e uma privada), a alunos da licenciatura em Educação Básica (LEB) (N=100), cerca de um mês e meio após o início do seu primeiro ano, e a alunos frequentando o último período curricular do Mestrado em Ensino do 1º Ciclo do Ensino Básico e 2º Ciclo de Matemática e Ciências Naturais (MstCN) (N=21) e dos Mestrados em Educação Pré-escolar, 1º Ciclo do Ensino Básico e em outras áreas disciplinares do 2º ciclo (Mst outros) (N=31). O questionário foi ainda apresentado, em março de 2019, pelo investigador a alunos frequentando o Mestrado em Ensino de Ciências Naturais, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade de Ciências Pedagógicas Enrique José Varona, em Havana, após o término da sua formação curricular (Mst Cu) (N=17).

Os resultados obtidos para as respostas corretas foram analisados estatisticamente pela aplicação do t-test e pontualmente o teste não paramétrico U de Mann-Whitney que permite verificar se a distribuição pelas várias alternativas de resposta em cada pergunta poderão corresponder a diferenças estatisticamente significativas entre os grupos comparados.

Quadro 1 - Perguntas do questionário e respetivas opções de resposta

1ª pergunta	5ª pergunta
-------------	-------------

<p>Quando a água ferve numa cafeteira formam-se grandes bolhas. De que são feitas as bolhas?</p> <p>a) Ar. b) Vapor.* c) Calor. d) Oxigénio ou hidrogénio.</p> 	<p>Se puseres uma colher de açúcar num copo de água e misturares bem, ao fim de um certo tempo que acontece com o açúcar.</p> <p>a) Dissolve-se.* b) Derrete-se. c) Fica no fundo. d) Evapora-se e) Desaparece</p>
<p>2ª pergunta</p>  <p>Quando, ao fim de um certo tempo, ele seca. O que acontece à água que não escorreu e ficou no pires?</p> <p>a) É absorvida pelo pires. b) Simplesmente seca e deixa de existir. c) Transforma-se em oxigénio e hidrogénio. d) Vai para o ar em partículas muito pequenas.*</p>	<p>6ª pergunta</p> <p>Uma garrafa de vidro cheia completamente de água e bem fechada fica durante a noite no congelador. De manhã a garrafa estava partida. Por que se partiu a garrafa?</p> <p>a) O vidro parte-se com o frio intenso do congelador. b) No frio o volume da água aumentou e a garrafa rebentou.* c) O vidro parte-se em contato com o frio do gelo que se forma dentro. d) Passar uma noite completa dentro do congelador é demasiado tempo.</p>
<p>3ª pergunta</p> <p>Um frasco com gelo com uma tampa bem apertada. A parte exterior do frasco é seca com um guardanapo de papel.</p>  <p>Ao fim de 15 minutos:</p> <p>a) O frasco continua seco do lado de fora. b) A água do gelo que derrete passa através do vidro para o lado de fora. c) O frio faz o oxigénio e o hidrogénio do ar transformar-se em água. d) A água existente no ar cola-se ao vidro frio.* e) O frio atravessa o vidro e transforma-se em água.</p>	<p>7ª pergunta</p>  <p>Não ponhas o casaco no boneco de neve porque o fazes derreter</p> <p>Vai mantê-lo frio e impedirá que derreta</p> <p>Não creio que o casaco faça diferença</p> <p>Que acontecerá ao colocar um casaco sobre o "boneco de neve".</p> <p>a) O "boneco de neve" vai derreter mais depressa com o casaco. b) O casaco vai mantê-lo frio e impedirá que continue derretendo.* c) Não creio que o casaco faça qualquer diferença. d) Dependerá de que material é feito o casaco.</p>
<p>4ª pergunta</p> <p>Ao evaporar-se a água passa ao estado gasoso. Qual corresponde à água no estado gasoso.</p> <p>a) Nuvem de fumo que sai de uma panela com água quente. b) Nevoeiro c) As nuvens no céu. d) A água no estado gasoso não se vê.*</p>	<p>8ª pergunta</p> <p>Um cubo de gelo em água ...</p> <p>a) ... Flutua à superfície.* b) Afunda. c) ... Fica no meio da água. d) ... Depende do tamanho.</p>

Adaptado do questionário original. Assinaladas com asterisco as respostas corretas

RESULTADOS

Os alunos

Comparando os resultados da aplicação do questionário ao conjunto dos alunos de Portugal e de Cuba verifica-se um panorama semelhante com o mesmo tipo de distribuição de respostas: coincidência em geral das tendências centrais de resposta e semelhante padrão de distribuição pelas diversas opções de resposta (Gráfico 1). A tabela 1 mostra a dimensão das respostas na opção correta. Não obstante se registre uma diferença significativa em seis itens, a dimensão das respostas corretas é semelhante entre os alunos dos dois países. Na pergunta 8, embora se verifique uma diferença significativa a um nível menos exigente de 95% (ver tabela 1), ambos os grupos atingem uma elevada percentagem de respostas corretas (cerca de 70%) e um padrão semelhante de resposta pelas restantes alternativas; o grupo português diferencia-se na pergunta 6 ao atingir 45% de resposta na opção correta, no entanto a diferença para o grupo cubano é significativa apenas a um nível de menor exigência (ver tabela 1) e o padrão de respostas nas diferentes alternativas se compare com o grupo cubano; na pergunta 2 ao ultrapassar os 55% de respostas corretas, o grupo português distingue-se de modo estatisticamente significativo do grupo cubano (ver tabela 1) e o perfil de resposta às diferentes opções é claramente diferente relativamente a duas das respostas alternativas (2a e 2b). Em ambos os grupos, nas perguntas 3, 4 e 7 a resposta mais frequente não é a resposta correta e nos dois grupos o padrão de distribuição pelas alternativas é semelhante. Na pergunta 3 não parece existir uma tendência central, os dois grupos distribuindo-se de modo semelhante pelas alternativas propostas, embora com uma diferença significativa relativamente à opção correta (3d), claramente minoritária;

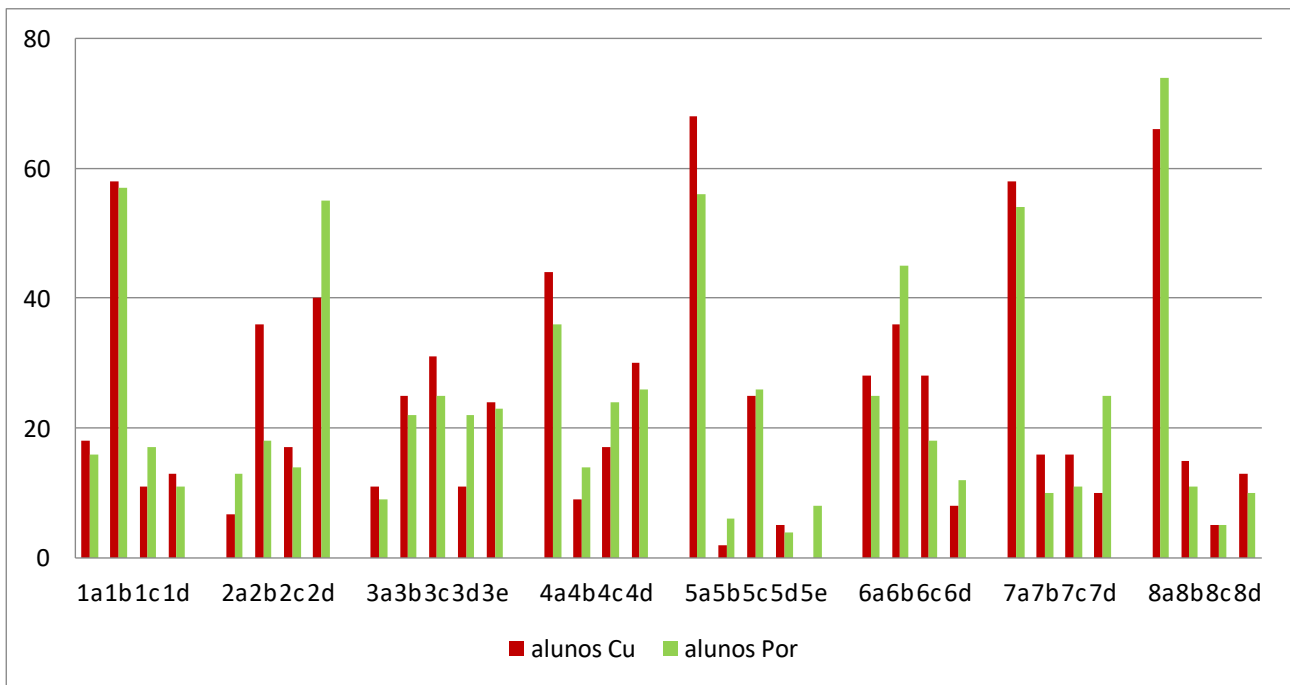


Gráfico 1 - Respostas dos alunos de Portugal (alunos Por) e de Cuba (alunos Cu)

Na questão 4, tanto a dimensão da resposta correta, como o padrão de distribuição é semelhante entre os dois grupos. Também na pergunta 7 a resposta correta é claramente minoritária, verificando-se uma diferença significativa ao nível de 95% entre os dois grupos relativamente à opção correta (7b), mas um padrão de resposta muito semelhante, excepto na resposta alternativa 7d. De notar ainda que, mesmo nos casos em que a tendência central de resposta é a correta (1b, 2d, 5a, 6b, 8a), uma percentagem entre cerca de 30 a cerca de 80% de alunos em ambos os grupos tem uma ideia incorreta que importa rever.

Tabela 1 - Respostas corretas (em %) dos alunos de Portugal (Por) e dos alunos cubanos (Cu).

Diferença significativa: ** $p < 0.005$; * $0.005 < p < 0.05$.

Respostas corretas >	1b	2d	3d	4d	5a	6b	7b	8a
alunos Cu	58	40	11	30	68	35	16	66
alunos Por	57	55	22	26	56	45	9,7	74

Os Professores

Na resposta ao questionário os professores portugueses e cubanos (Gráfico 2; Tabela 2) mais de 70% coincidem na escolha maioritária da opção de resposta correta nas perguntas 2, 5, 6 e 8, no entanto diferem na pergunta 1, em que os professores cubanos de modo estatisticamente significativo obtêm melhores resultados ($p < 0,004$), na 4 em que os professores portugueses se destacam ($p < 0,001$) não ultrapassando os 44% e os 48%, respetivamente, de respostas corretas, embora nestas questões se verifique existir uma classe modal..

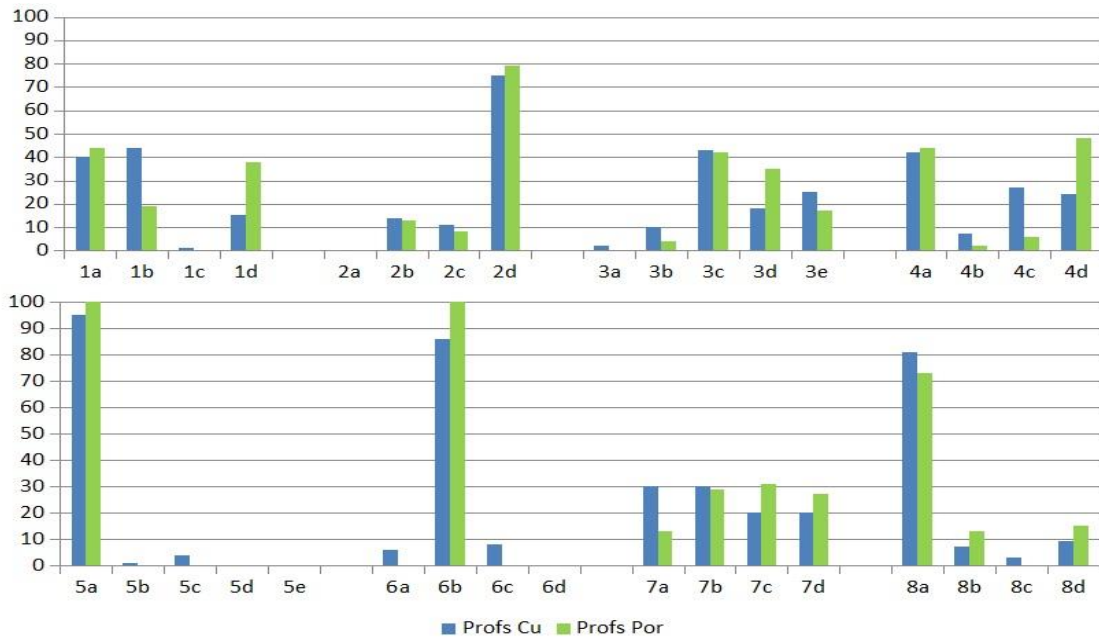


Gráfico 2 - Respostas dos professores de Portugal (Profs Por) e de Cuba (Profs Cu)

Também na pergunta 6 a diferença é significativa com destaque para os professores portugueses ($p < 0,004$), embora nos dois grupos a resposta correcta seja absolutamente dominante com valores entre 86 e 100, para o grupo dos professores cubanos e portugueses, respetivamente. Também na pergunta 7, a dispersão pelas várias opções de resposta não permite considerar a existência de uma classe modal nos dois grupos. Referência ainda para que nestas perguntas ambos os grupos se dividam de modo semelhante pelas restantes opções alternativas de resposta.

A semelhança do padrão global na resposta ao questionário entre os professores dos dois países é confirmada pela aplicação do teste não paramétrico U de Mann-Whitney.

Tabela 2 - Respostas (em %) dos professores de Portugal (Profs Por) e de Cuba (Profs Cu).
*Diferença significativa ($p < 0,005$)

	1a	1b*	1c	1d	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d	3e	4a	4b	4c	4d*
Profs Por	44	19	0	38	0	12	8	79	0	4	42	35	17	44	2	6	48
Profs Cu	40	44	1	15	0	14	11	75	2	10	44	18	26	42	7	28	23

	5a	5b	5c	5d	5e	6a	6b*	6c	6d	7a	7b	7c	7d	8a	8b	8c	8d
Profs Por	100	0	0	0	0	0	100	0	0	13	29	31	27	73	13	0	15
Profs Cu	95	1	4	0	0	6	86	8	0	30	30	20	20	80	7	3	9

Em Portugal os anos 1 a 4 constituem o 1º ciclo, ensino generalista e monodocência com docentes com formação correspondente. No 2º ciclo (anos 5 e 6) os docentes, embora também docentes habilitados para o 1º ciclo, possuem formação especializada para o ensino de Ciências Naturais e Matemática neste ciclo. Embora os docentes com formação especializada no ensino de Ciência e Matemática mostrem uma tendência para valores mais elevados na opção correcta nas perguntas 2, 3, 4 e 7, não se revela de modo

estatisticamente significativo e o padrão de distribuição pelas diferentes opções de resposta é semelhante nos dois grupos de docentes (Gráfico3; Tabela 3).

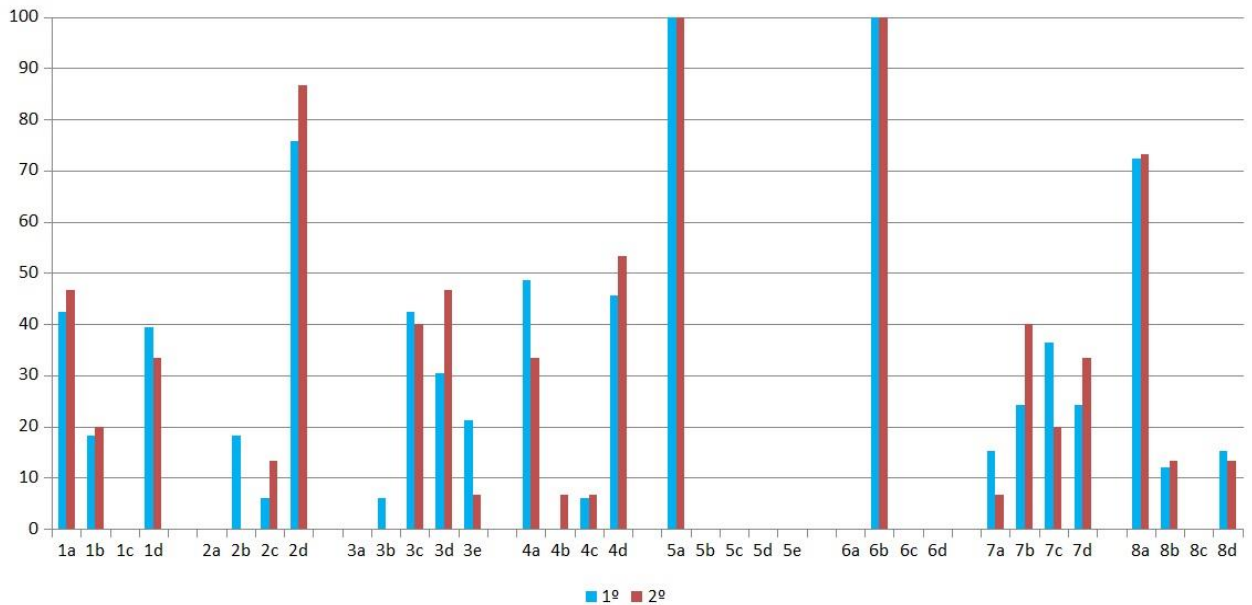


Gráfico 3 - Respostas dos professores portugueses por tipo de formação e docência. 1º-professores do 1º ciclo do Ensino Básico; 2º - professores especialistas no ensino de Ciências e Matemática no 2º ciclo do Ensino Básico.

Recolhendo sempre valores mais elevados nas respostas corretas, os professores com mais formação em ciências não se distinguem dos restantes. Ambos os grupos consideram maioritariamente, na pergunta 1, que as bolhas estão compostas por ar ou por oxigénio ou hidrogénio (cerca de 80%). Embora na pergunta 2 os professores com mais formação em ciências tenham um claro melhor desempenho, cerca de 13 % destes professores explicam a evaporação pela decomposição de água em oxigénio e hidrogénio, enquanto os sem formação em ciências 18% considerem as bolhas constituídas por vapor.

Tabela 3 -Respostas (%) dos professores portugueses em cada um dos itens por tipo de formação e docência.

	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	
1º	42,4	18,2	0	39,4	0	18,2	6,06	75,8	
2º	46,7	20	0	33,4	0	0	13,3	86,7	
	3a	3b	3c	3d	3e	4a	4b	4c	4d
1º	0	6,06	42,4	30,3	21,2	48,5	0	6,06	45,5
2º	0	0	40	46,7	6,67	33,3	6,67	6,67	53,3
	5a	5b	5c	5d	5e	6a	6b	6c	6d
1º	100	0	0	0	0	0	100	0	0
2º	100	0	0	0	0	0	100	0	0
	7a	7b	7c	7d	8a	8b	8c	8d	
1º	15,2	24,2	36,4	24,2	72,3	12,1	0	15,2	
2º	6,67	40	20	33,3	73,3	13,3	0	13,3	

De modo semelhante, não obstante os professores com mais formação se destaquem na escolha da opção correta na pergunta 3, 40% consideram que na condensação, o frio faz o oxigénio e o hidrogénio do ar

transformar-se em água e cerca de 7% admitem a hipótese da permeabilidade do vidro. De modo semelhante os dois grupos de professores consideram estado gasoso a nuvem que sai de uma panela com água quente, o nevoeiro e as nuvens (2º ciclo, 46,7%; 1º ciclo, 55,1%).

Se cerca de 40% dos professores com mais formação estão conscientes do carácter isolador do casaco e apenas cerca de 7% considerem que “boneco de neve” vai derreter mais depressa com o casaco, cerca de 53% crêem que o casaco não fará qualquer diferença ou que dependerá do material de que é feito o casaco (pergunta 7). Revelando a dominância do conceito clássico “sólido é pesado, cerca de 27% em ambos os grupos esperam que o gelo afunde ou que isso depende do seu tamanho. Destaca-se ainda que nas perguntas em que 100% escolhem a opção de resposta correta (perguntas 5 e 6), essa é também a percentagem de resposta correta dos professores com menos formação em ciências.

Os Professores e os seus alunos

O gráfico 4 e a tabela 4 mostram a comparação entre as respostas dos alunos e dos professores cubanos. Ambos coincidem na escolha dominante de opção de resposta, com exceção da pergunta 7 em que os professores se distribuem praticamente por todas as alternativas. Embora os professores apresentem valores significativamente mais elevados que os seus alunos na opção correta às perguntas 2, 5, 6 e 7, são os alunos, no entanto, que apresentam valores mais elevados na escolha da opção correta nas perguntas 1 e 4. De novo, a validade estatística da diferença na pergunta 7 fica prejudicada pela dispersão de resposta do grupo dos professores pela totalidade das alternativas de resposta. Os professores e os seus alunos revelam um padrão de dispersão semelhante pelas diferentes opções de resposta, com exceção da pergunta 6 em que a opção por respostas alternativas é quase inexistente, não se verificando o mesmo com os alunos.

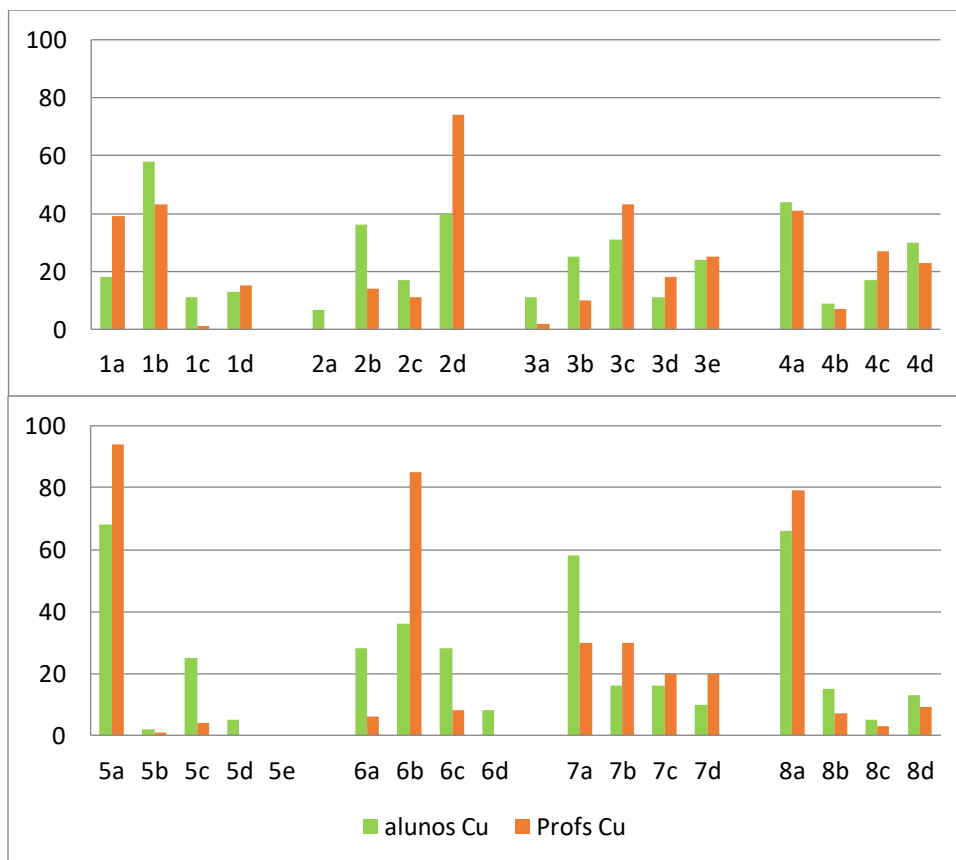


Gráfico 4 – Comparação das respostas de professores (Profs Cu) e alunos cubanos (alunos Cu) ao questionário.

Tabela 4 - Resultados (%) obtidos em cada um dos itens no conjunto agregado de professores e alunos cubanos. *Diferença significativa ($p < 0.005$)

Respostas>	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d*	3a	3b	3c	3d	3e	4a	4b	4c	4d
Alunos Cu	18	58	11	13	7	36	17	40	11	25	31	11	24	44	9	17	30
Profs Cu	39	43	1	15	0	14	11	74	2	10	43	18	25	41	7	27	23

Respostas>	5a*	5b	5c	5d	5e	6a	6b*	6c	6d	7a	7b*	7c	7d	8a	8b	8c	8d
Alunos Cu	68	2	25	5	0	28	36	28	8	58	16	16	10	66	15	5	13
Profs Cu	94	1	4	0	0	6	85	8	0	30	30	20	20	79	7	3	9

De modo semelhante ao que se encontrou na amostra cubana, os professores portugueses e os seus alunos apresentam um padrão semelhante de dispersão pelas opções de resposta propostas. Em metade das perguntas (2, 5, 6 e 8) coincidem na classe modal, correspondendo a perguntas que mostram as maiores percentagens de resposta corretas em ambos os grupos, embora os professores se destaquem de modo estatisticamente significativo, com exceção da pergunta 8. Na pergunta 1 os alunos respondem maioritariamente na opção correta, distinguindo-se dos professores, enquanto nas perguntas 3 e 4 a opção correta é a dominante para os professores. Tal como se tinha verificado com os dois grupos da amostra cubana, na pergunta 7 a diferença estatisticamente significativa a favor dos professores na opção de resposta correta, corresponde a uma resposta minoritária num conjunto que evidencia uma grande dispersão pelas várias opções de resposta (Gráfico 5; Tabela 5).

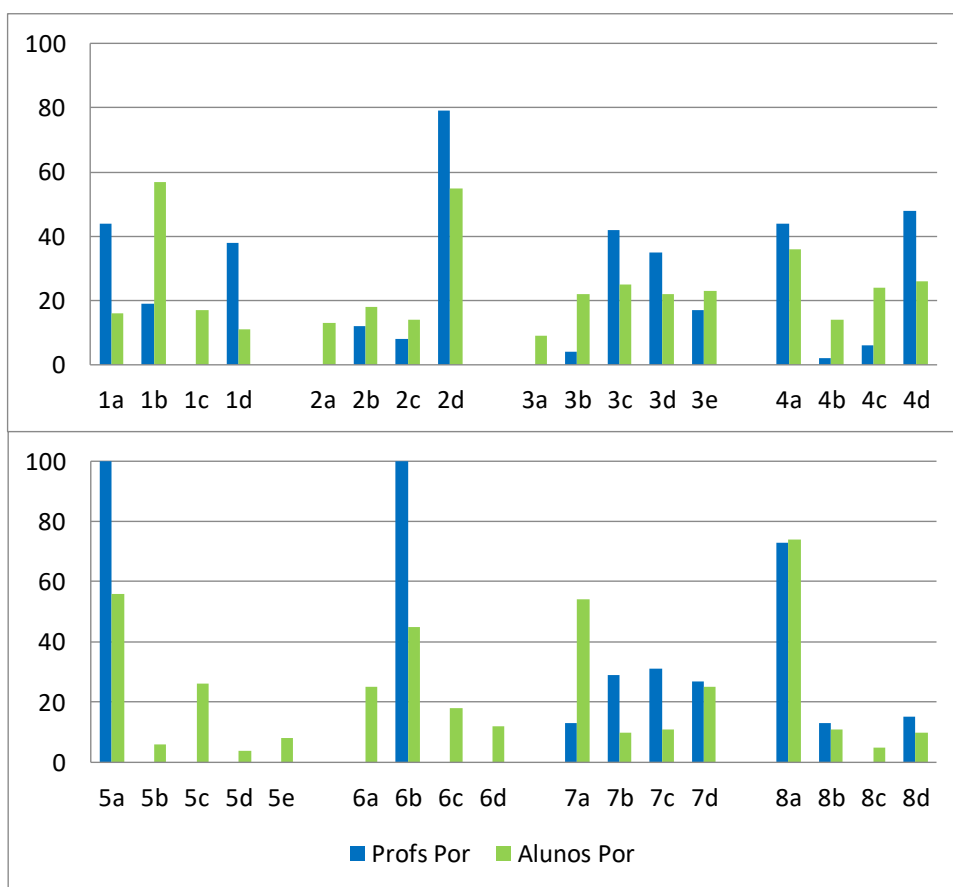


Gráfico 5 – Comparação das respostas de professores e alunos portugueses ao questionário.

Tabela 5 - Resultados (%) obtidos em cada um dos itens no conjunto agregado de professores e alunos de Portugal. *Diferença significativa ($p < 0.005$)

Respostas>	1a	1b*	1c	1d	2a	2b	2c	2d*	3a	3b	3c	3d*	3e	4a	4b	4c	4d*
Profs Por	44	19	0	38	0	12	8	79	0	4	42	35	17	44	2	6	48
Alunos Por	16	57	17	11	13	18	14	55	9	22	25	22	23	36	14	24	26

	5a*	5b	5c	5d	5e	6a	6b*	6c	6d	7a	7b*	7c	7d	8a	8b	8c	8d
Profs Por	100	0	0	0	0	0	100	0	0	13	29	31	27	73	13	0	15
Alunos Por	56	6	26	4	8	25	45	18	12	54	10	11	25	74	11	5	10

Os Professores em formação

Os resultados da aplicação do questionário aos alunos da licenciatura em Educação Básica (LEB), aos alunos dos cursos de Mestrado em Ensino de 1º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências e Matemática do 2º Ciclo do Ensino Básico (Mst CN) e aos das restantes alternativas de Mestrado (Mst outros), bem como aos alunos do Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade de Ciências Pedagógicas Enrique José Varona, em Cuba (Mst Cu), apresentam-se na tabela 6 agregados com os anteriormente referidos, obtidos com os professores e alunos do 5º ano envolvidos no projeto.

Tabela 6 – Resultados(%) obtidos pelos quatro grupos de professores em formação, junto com os resultados anteriormente referidos obtidos pelos professores e alunos do 5º ano.

	1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	3a	3b	3c	3d	3e	4a	4b	4c	4d
LEB	34	31	12	23	4	16	8	72	1	16	38	15	30	25	7	6	62
Mst outros	29	39	7	26	13	42	10	35	0	7	26	13	55	52	3	19	26
Mst CN	52	29	0	19	0	14	14	71	0	10	57	24	10	24	5	10	62
Mst Cu	6	31	0	63	0	0	35	65	0	29	18	18	35	38	6	25	31
Profs Cu	40	44	1	15	0	14	11	75	2	10	44	18	26	41	7	27	23
alunos Cu	18	58	11	13	7	36	17	40	11	25	31	11	24	44	9	17	30
Prof Por	44	19	0	38	0	12	8	79	0	4	42	35	17	44	2	6	48
Alunos Por	16	57	17	11	13	18	14	55	9	22	25	22	23	36	14	24	26

	5a	5b	5c	5d	5e	6a	6b	6c	6d	7a	7b	7c	7d	8a	8b	8c	8d
LEB	87	1	12	0	0	13	71	13	3	43	5	19	33	81	14	5	0
Mst outros	97	0	3	0	0	10	68	19	3	55	7	19	19	87	3	3	7
Mst CN	76	0	24	0	0	0	100	0	0	0	14	24	62	71	10	0	19
Mst Cu	94	6	0	0	0	6	94	0	0	19	31	6	44	76	0	12	12
Prof Cu	95	1	4	0	0	6	86	8	0	30	30	20	20	81	7	3	9
alunos Cu	68	2	25	5	0	28	36	28	8	58	16	16	10	66	15	5	13
Prof Por	100	0	0	0	0	0	100	0	0	12	29	31	2	73	12	0	14
Alunos Por	56	6	26	4	8	25	45	18	12	54	10	11	25	74	11	5	10

A distribuição das respostas pelas diferentes opções mostra que os diferentes grupos apresentam padrões semelhantes, não obstante haver diferenças notórias, como na pergunta 1 em que os alunos cubanos se destacam ou na pergunta 2 em que são os que iniciam um curso de formação e os alunos cubanos que evidenciam os piores resultados. Na pergunta 4 são os alunos que iniciam a sua formação docente e os mestrados da especialidade em ensino de ciências que atingem os 60% de respostas corretas. Na pergunta 6 destacam-se os mestrados na área de ciências, portugueses e cubanos, assim como os professores portugueses, embora acompanhados de perto pelos professores cubanos. Em algumas perguntas são os alunos que respondem mais corretamente, noutras os professores e, em algum caso, pontuam mais os professores em formação em mestrados não de ciências, mas não se encontra quem os supostamente com mais formação para o ensino de ciências se destaquem, antes se evidenciando que de modo geral os

docentes mais formados apresentam uma elevada percentagem de ideias incorretas, de modo semelhante aos vários grupos inquiridos.

DISCUSSÃO

A variabilidade encontrada entre turmas do mesmo país não obsta a que se encontre um padrão semelhante de resposta entre os alunos dos dois países estudados, tanto no que respeita à opção dominante de resposta, como na distribuição da escolha das várias opções alternativas. A comparação com os resultados de Osborne e Cosgrove (1983) e de Zamorano e colaboradores (1994) permite constatar que, embora cerca de 2 anos mais novos os alunos deste estudo consideram de modo semelhante a evaporação e têm mais claro que na ebulição se liberta vapor de água.

Tabela 7 – Resultados em percentagem obtidos em cada uma das opções de resposta nas perguntas comuns a outros estudos.

Opções de resposta	(*1) 13 anos	(*2) 13 anos	(*3) 5º ano. Cuba	(*3) 5º ano. Portugal
Pergunta 1 - "De que são feitas as bolhas na água a ferver?"				
Ar.	25	37	18	15
Vapor	8	27	58	60
Calor.	28	11	11	17
Oxigénio ou hidrogénio.	39	25	13	8
Pergunta 2 - "O que acontece à água que não escorreu e ficou no pires?"				
É absorvida pelo pires.	3	0	7	14
Simplemente seca e deixa de existir.	23	23	36	10
Transforma-se em oxigénio e hidrogénio.	33	22	17	8
Vai para o ar em partículas muito pequenas	41	55	40	67
Pergunta 3 - "Que se passará com um frasco com gelo com uma tampa bem apertada?"				
O frasco continua seco do lado de fora.	(*4)	(*4)	11	8
A água do gelo que derrete passa através do vidro para o lado de fora.	2	2	25	26
O frio faz o oxigénio e o hidrogénio do ar transformar-se em água.	50	47	31	19
A água existente no ar cola-se ao vidro frio.	14	16	11	24
O frio atravessa o vidro e transforma-se em água.	34	35	24	24

1) Resultados de Osborne e Cosgrove, 1983; 2) Resultados de Zamorano *et al.*, 1994; 3) Resultados neste estudo (ver tabelas 2 e 4; 4) esta opção não constava das propostas pelos investigadores referidos em 1) e 2).

Igualmente, mostram entender a condensação de modo semelhante que os mais velhos. Estes dois anos de diferença podem explicar os 7 a 14% que consideram que a água é absorvida pelo pires ou os cerca de 10% que não percecionam o fenómeno da condensação ao escolher a opção *O frasco continua seco do lado de fora* na pergunta 3. No entanto, destaca-se que a visão de que a água que evapora, simplesmente desaparece tem uma dimensão forte em ambos os grupos etários. Merece reflexão a elevada percentagem de alunos mais velhos que, nos estudos de Osborne e Cosgrove (1983) e de Zamorano e colaboradores (1994), escolhem as opções que supõem na evaporação e ebulição a decomposição da água em oxigénio e hidrogénio e, pelo contrário, a visão da condensação como a recombinação destes em água por ação do frio. Os resultados de Klutse (2021) comparam com os obtidos nos dois estudos anteriormente referidos, bem como com os obtidos neste estudo no que respeita a ampla difusão das principais conceções alternativas no seio dos com formação científica.

De modo semelhante os professores, com mais ou menos formação em ciência, como os quase mestres em ensino de ciências nos 5º e 6º anos em Portugal (Mst CN) e nos 7º ao 12º ano em Cuba (Mst Cu) consideram que na condensação, o frio faz o oxigénio e o hidrogénio do ar transformar-se em água (Mst CN 57%; Mst Cu 18%) e admitam que o frio atravessa o vidro e se transforma em água (Mst CN 10%; Mst Cu 35%), assim como explicam a evaporação pela decomposição de água em oxigénio e hidrogénio (Mst CN 14%; Mst Cu 35%). Estes últimos, 14% admitindo que a água ao secar deixa de existir.

CONCLUSÕES

No quadro de uma reflexão global sobre o questionário, alguns itens requerem alguma discussão. Na 5ª pergunta, o item “desaparece” é uma evidência observável que por si só não traduz o desaparecimento da matéria, no entanto reflete a concepção alternativa de que a substância deixa de existir. Esta foi uma formulação do instrumento original que importou manter para permitir comparar os resultados agora obtidos com os que foram obtidos pelos autores referidos. A introdução de um novo item na pergunta 7 resulta da experiência anterior de que os alunos questionam a natureza do material de que é feito o casaco, na convicção alternativa de que alguns materiais “aquecem” mais que outros. Precisamente este item permitiu nos cursos a que se fez referência, elaborar um conjunto de hipóteses que se puderam testar experimentalmente. Relativamente à questão 8, não obstante a incongruência na lógica da construção da pergunta que importará rever, ela permite identificar uma das concepções alternativas, nomeadamente que o sólido, se for maior, pesa mais e, efetivamente, os respondentes expressam esta visão, desconsiderando o conceito de “densidade”. Também aqui, os alunos dos cursos referidos testaram experimentalmente as hipóteses que os itens geraram.

Os dados obtidos permitem concluir que as dificuldades que os alunos manifestam relativamente às perguntas do questionário, são semelhantes entre os alunos dos dois países, tão diferentes, tanto geográfica, como social e politicamente. Coincidem também largamente com as dos professores. Também que os alunos acabados de entrar num curso de formação para a docência (LEB) não se diferenciam, seja de docentes em exercício, seja de alunos de 5ºano de escolaridade, como também, os possuidores de um Mestrado em Ensino, orientado para o ensino de ciências ou não, revelam o mesmo panorama de conhecimentos frente às questões colocadas.

A apresentação de modo independente dos estados da matéria pelas suas propriedades características, forma, volume e peso, das mudanças de estado e de outros fenómenos, como a dissolução, sem a teoria corpuscular da matéria como teoria globalizante, os estudantes tenderão a reelaborar a sua própria teoria explicativa a partir da sua experiência e desenvolver teorias robustas baseadas em modelos realistas ou macroscópicos (Johnson, 1998; Johnson & Tymms, 2011; Gunckel, Covitt, Salinas, & Anderson, 2012; Sreyppouv & Shimizu, 2017; Baptista *et al.*, 2020).

As perguntas do questionário incidem sobre tópicos e conceitos que se abordam em diferentes anos de escolaridade, nomeadamente no 3º e no 5º, pelo que as atividades propostas na Unidade de Ensino revelam ser curricularmente relevantes para responder às necessidades de formação ao abordarem aspetos críticos da compreensão dos fenómenos, assim como põem em evidência a grande variabilidade de ideias alternativas o que reforça a concepção de que, numa perspetiva de mudança conceptual, os professores necessitam conhecer as ideias dos alunos de modo a desenhar as atividades de ensino que se orientem para responder às suas necessidades concretas de compreensão.

IMPLICAÇÕES

Importa questionar o papel da escola como facilitador da articulação dos conceitos de reação química e da natureza gasosa dos elementos constituintes da água e da compreensão do estado gasoso da própria água, com as ideias prévias dos alunos, não contribuindo para a mudança conceptual em direção à concepção científica, antes contribuindo para a resolução “satisfatória” das contradições no quadro da teoria alternativa do aluno e o reforço das alternativas dominantes que vão perdurar, não obstante a formação científica de nível superior.

Este estudo destaca a importância de uma reorientação da formação em ciência dos professores, como conhecimento de conteúdo para o ensino e para as necessidades de compreensão dos alunos, articulada com as atividades concretas que lhes permitem a exploração dos conhecimentos e a sua reelaboração.

REFERÊNCIAS

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <http://dx.doi.org/10.1177/0022487108324554>.
- Baptista, M., Martins, I., Conceição, T., & Pipitone, C. (2020). Desarrollo de las estructuras cognitivas del alumnado sobre el aire mediante actividades de investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 2301/1-21. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2301

- Cachapuz, A., Praia, J. F., & Jorge, M. (2000). *Formação de Professores. Ciências. Perspectivas de Ensino, textos de apoio nº 1*. Porto, Lisboa: Centro de Estudos de Educação em Ciência (CEEC)..
- Cachapuz, A., Praia, J. F., & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências* (coleção Temas de investigação 26). Ministério da Educação, Portugal. Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Educação.
- Castelltor, A. (2015). Actividades que contribuyen a la promoción de una nueva cultura ambiental del agua. *Comunicações*, 22(2), 363-389. (ed. esp.). <http://dx.doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.22n2e363-389>
- Cosgrove, M., & Osborne, R. (1981). *Learning in science project. Physical change*. Working Paper 26, Hamilton, New Zeland: University of Waikato. Recuperado de ERIC Number: ED236009
- Forbes, C. T., Zangori, L., & Schwarz, C.V. (2015). Empirical Validation of Integrated Learning Performances for Hydrologic Phenomena: 3rd-Grade Students' Model-Driven Explanation-Construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 895–921. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21312>
- González, Y. L. S. (2015). *Enseñanza aprendizaje del concepto ciclo del agua en estudiantes de Básica Primaria*. (Tese de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales).Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colômbia, Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56021/1056301252.2015.pdf>
- Gunckel, K. L., Covitt, B.A., Salinas, I., & Anderson, C.W. (2012). A Learning Progression for Water in Socio-Ecological Systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 843–868. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21024>
- Hadenfeldt, J. C., Neumann, K., Bernholt, S., Liu, X., & Parchmann, I. (2016). Students' Progression in Understanding the Matter Concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 683–708. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21312>
- Hill, H. C., Ball, D. L., & Schilling, S. (2008). Unpacking Pedagogical Content knowledge: Conceptualizing and Measuring Teachers' Topic-Specific Knowledge of Students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372-400. <http://dx.doi.org/10.5951/jresmetheduc.39.4.0372>
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study, *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412. <http://dx.doi.org/10.1080/0950069980200402>
- Johnson, P., & Tymms, P. (2011). The Emergence of a Learning Progression in Middle School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 849–877. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20433>
- Joras, L. E., Bender, D. D. B. B., Vieira, V. V., Tamiosso, R. T. & Schetinger, M. R. C. (2023). Concepções de licenciandos em Química acerca da matéria. *Revista Debates em Ensino de Química*, 9(4), 262-273. <http://dx.doi.org/10.53003/redequim.v9i4.4484>
- Keogh, B., & Naylor, S. (1996). Teaching and learning in science: a new perspective. Comunicação ao *BERA Conference*, Lancaster, The United Kindom. Setembro 1996. Education-line. Recuperado de <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/000000115.htm>
- Keogh B., Naylor S., de Boo M., & Feasey R. (2001). Formative assessment using concept cartoons: initial teacher training in the UK. In R. Duit (Ed.). *Research in Science Education: Past, Present and Future*, (pp. 137-142). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47639-8_18
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México, Mexico: Editorial Santillana, Aula XXI.
- Klutse, B. (2021). *College Students Conceptions of Particulate Nature of Matter and the Impact on Research*. (Master dissertation) . South Dakota State University, Brookings, United States of America. Recuperado de <https://openprairie.sdstate.edu/etd/5254>
- Kruger, C. J., & Summers, M. K. (1989). An investigation of some primary teachers' understanding of change in materials *School Science Review*, 71(255), 17-27. Recuperado de ERIC Number EJ406091

- Leite, L., Mendoza, J., & Borsese, A. (2007). Teachers' and Prospective Teachers' Explanations of Liquid-State Phenomena: A Comparative Study Involving Three European Countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 349–374. <https://doi.org/10.1002/tea.20122>
- Melo, L., Marín-Resendiz, L. E., Florentina-Cañada, F., & Martínez, G. (2016). Conocimiento Didáctico del Contenido sobre el modelo cinético molecular con Profesores mexicanos de Educación Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 31(2), 165-183. <https://doi.org/10.7203/DCES.31.8169>
- Morrell, P., & Schepige, A. (2023). Teaching Preservice Teachers the Water Cycle With a Conceptual Change Model. *Journal of College Science Teaching*, 52(7), 137–144. <https://doi.org/10.1080/0047231X.2023.12315889>
- Osborne, R., & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200905>
- Osborne, R., & Tasker, R. (1985). Introducing Children's Ideas to Teachers. In R. Osborne & P. Freyberg. *Learning in Science. The implications of children's science* (pp. 137-148). Portsmouth, United States of America: Heineman. Recuperado de ERIC Number: ED276588
- Rosa, C. T. W., Kirchner, R. K., & Rosa A. B. (2016). Formação do orvalho e do granizo: estudo investigativo com estudantes dos anos iniciais. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 7(3), 87-101. <https://doi.org/10.26843/rencima.v7i3>
- Russel, T., & Watt, D. (1990). *SPACE Project Research Report. Evaporation and Condensation*. Liverpool, The United Kingdom: University Press, 1990.
- Sopandi, W., Latip, A., & Sujana, A. (2017). Prospective Primary School Teachers' understanding on states of matter and their changes. *Journal of Physics: Conference. Series*. 812. 012075. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/812/1/012075>
- Sreyouv, O., & Shimizu, K. (2017). Exploring misconceptions about the characteristics of solid, liquid and gas among junior high school students in Kampot province, Cambodia. *Unnes Science Education Journal*, 6(3), 1669-1676. Recuperado de <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/usej>
- Tatar, E. (2011). Prospective primary school teachers' misconceptions about states of matter. *Educational Research and Reviews*, 6(2), 197-200. Recuperado de <http://www.academicjournals.org/ERR>
- Zamorano, R., Dell'Oro, G., & Silva, N. (1994). Diagnostico de ideas previas en Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7(2), 35-40. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/16215>

Recebido em: 15.11.2023

Aceito em: 26.08.2024