

**ESTUDO DE AULA COMO FACILITADOR DE APRENDIZAGENS DE FUTUROS  
PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA SOBRE O USO DE MÚLTIPLAS  
REPRESENTAÇÕES**

LESSON STUDY AS FACILITATOR FOR PHYSICS AND CHEMISTRY PRESERVICE TEACHERS  
LEARNING ABOUT MULTIPLE REPRESENTATIONS

ESTUDIO DE CLASE COMO FACILITADOR PARA EL APRENDIZAJE DE FUTUROS PROFESORES DE  
FÍSICA Y QUÍMICA SOBRE EL USO DE MÚLTIPLES REPRESENTACIONES

**Mónica Batista, Teresa Conceição e João Pedro Ponte**

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Portugal  
mbaptista@ie.ulisboa.pt

**RESUMO** | Este estudo teve como objetivo compreender como é que três futuros professores usaram as múltiplas representações (MR) no ensino da energia cinética de um corpo num estudo de aula. Nesta investigação optou-se por seguir uma metodologia de investigação qualitativa com orientação interpretativa. Os dados foram recolhidos através de observação participante (registo vídeo e diário de bordo), entrevistas individuais e reflexões individuais. O estudo de aula foi realizado numa unidade curricular do curso de mestrado dos futuros professores, tendo envolvido 17 sessões. Os resultados mostraram que os futuros professores aprenderam a usar as três funções das MR de Ainsworth (2008) no ensino da energia cinética, nas diversas fases do estudo de aula. Ou seja, aprenderam a usar a complementaridade das MR, a usar as MR para estimular a interpretação de outras e a usar as MR para a compreensão mais aprofundada dos conceitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudo de aula, Futuros professores de física e química, Múltiplas representações, Educação em ciências.

**ABSTRACT** | This study aimed to understand how three preservice teachers used multiple representations (MR) in teaching the kinetic energy of a body in a lesson study. This study follows a qualitative research methodology with interpretive orientation. The data were collected through participant observation (video record and field notes), individual interviews, and individual reflections. The lesson study was carried out in a curricular unit of the future teachers' master's degree, involving 17 sessions. The results showed that future teachers learned to use the three MR functions of Ainsworth (2008) in the teaching of kinetic energy, in the different phases of the lesson study. That is, they learned to use the complementarity of MR, to use MR to stimulate the interpretation of others and to use MR for a deeper understanding of concepts.

**KEYWORDS:** Lesson study, Physics and chemistry preservice teachers, Multiple representations, Science education.

**RESUMEN** | Este estudio tenía como objetivo comprender cómo tres futuros profesores utilizaron las representaciones múltiples en la enseñanza de la energía cinética de un cuerpo en un estudio de aula. En esta investigación, elegimos seguir una metodología de investigación cualitativa con orientación interpretativa. Los datos fueron recolectados a través de la observación participante (registro de video y notas de campo), entrevistas individuales y reflexiones individuales. El estudio de clase se llevó a cabo en una unidad del curso de maestría de futuros maestros, que incluyó 17 sesiones. Los resultados mostraron que los futuros maestros aprendieron a usar las tres funciones de MR de Ainsworth (2008) en la enseñanza de la energía cinética, en las diferentes fases del estudio en el aula. Es decir, aprendieron a usar la complementariedad de MR, a usar MR para estimular la interpretación de otras y a usar MR para una comprensión más profunda de los conceptos.

**PALABRAS CLAVE:** Estudio de clase, Futuros profesores de física y química, Representaciones múltiples, Educación científica.

## 1. INTRODUÇÃO

As múltiplas representações (MR) têm um papel fundamental na compreensão dos conceitos e ideias da ciência (Ainsworth, 2006, 2008; Tsui & Treagust, 2013) e são um campo de investigação em educação que tem vindo a ganhar relevância. O uso de duas ou mais representações na exploração de um tópico dá origem ao trabalho com múltiplas representações (Ainsworth, 2014; Tsui & Treagust, 2013).

Vários estudos mostraram que o uso de MR no ensino da física permitem aos alunos uma conceptualização mais clara e holística dos conceitos científicos, facilitando a sua compreensão e comunicação (Ainsworth, 2008). Adicionalmente, as MR promovem o interesse dos alunos na aprendizagem dos conceitos científicos porque permitem a ligação do abstrato ao concreto (Gilbert, 2005; Park, Flowerday, & Brünken, 2015). Por isso, são um excelente recurso para os alunos aprenderem os conceitos da física (e.g., Ainsworth, 2008).

Contudo, apesar das potencialidades das MR, estudos empíricos mostram que os professores nem sempre as usam de modo a que os alunos aprendam os conceitos científicos (e.g., Ainsworth, 2008). Por conseguinte, há necessidade de criar situações formativas que permitam aos professores, desde a formação inicial, aprender a usar as MR no ensino da física (Nieminen et al., 2017). O estudo de aula é um modelo de desenvolvimento profissional de professores, colaborativo, reflexivo, e centrado no aluno (Murata, 2011), que permite aos participantes discutir amplamente as estratégias de ensino de um tópico, planear com detalhe uma aula sobre o tópico, lecionar a aula e melhorar a aula a partir da reflexão sobre os resultados obtidos (Fujii, 2016; Murata, 2011). Investigações em estudos de aula como processo formativo de futuros professores de ciências mostraram que os resultados são promissores (e.g., Zhou, Xu, & Martinovic, 2016). Porém, dada a escassez de investigações em estudos de aula com futuros professores que se debrucem especificamente sobre o uso das MR no ensino da física, esta investigação tem como objetivo conhecer as aprendizagens dos futuros professores num estudo de aula quando usam MR no ensino da energia cinética de um corpo.

## 2. MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DA FÍSICA

No ensino da física as MR têm vindo a ser reconhecidas pelo seu potencial na visualização dos fenómenos e por facilitarem a compreensão dos conceitos científicos (e.g., Ainsworth, 2008). Ainsworth (2006, 2008) desenvolveu uma taxonomia sobre o uso das MR em contextos educativos multimédia. Segundo a autora, as MR têm três funções: papel complementar, encorajar interpretações e construir uma compreensão aprofundada.

O papel complementar, no que diz respeito à informação, consiste em providenciar informação complementar sobre um conceito, facilitando a sua aprendizagem. Uma outra função deste papel das MR consiste em tirar partido do processo de representação. Por exemplo, uma tabela explicita a informação, permitindo destacar valores, regularidades e padrões (Ainsworth, 2008). Um gráfico permite visualizar relações entre variáveis (Chittleborough & Treagust, 2008). Assim, usar diferentes processos de representação pode ser uma estratégia útil na aprendizagem da física. As MR também podem ser usadas para encorajar os alunos a interpretar uma representação complexa, por familiaridade com outra representação mais simples. Por exemplo, uma tabela é geralmente mais acessível e familiar aos alunos, podendo servir para os ajudar a

interpretar um gráfico (Ainsworth, 2014). Outro modo de encorajar os alunos a interpretar representações mais complexas é tirar partido das propriedades das representações. Uma equação algébrica permite estabelecer relações quantitativas entre variáveis e manipulá-las numericamente (Ainsworth, 2014). Porém, esta representação, por envolver um elevado grau de abstração, nem sempre é acessível aos alunos. Assim, começar por relacionar as variáveis graficamente pode ser uma estratégia para encorajar os alunos a interpretar a equação algébrica envolvendo essas variáveis (Ainsworth, 2014). Salienta-se que as MR podem ser usadas para encorajar os alunos a usar uma representação por familiaridade e, simultaneamente, pelas suas propriedades. É o caso de usar uma tabela para ajudar os alunos a interpretar um gráfico. Nesta situação, a tabela é usada por familiaridade por ser, geralmente, do conhecimento dos alunos e, simultaneamente, pelas suas propriedades de explicitar a informação, tornando-a, por isso, mais acessível aos alunos. As MR também podem ser usadas para os alunos construírem uma compreensão aprofundada. Podem fazê-lo por abstração, i.e., os alunos generalizam um conceito a partir do que aprenderam num contexto particular e com valores com as MR. Podem fazê-lo por extensão, i.e., os alunos aplicam o que aprenderam, para ir mais longe com outra representação. Fazê-lo por relação, i.e., os alunos constroem relações entre as representações.

### **3. ESTUDO DE AULA**

O estudo de aula é um modelo de desenvolvimento profissional com enfoque no planeamento, observação e discussão de aulas, com o objetivo de melhorar o ensino e a aprendizagem (Lewis, 2008). Devido às características deste modelo, os professores desenvolvem um conhecimento aprofundado sobre o tópico, o seu ensino, e sobre as aprendizagens dos alunos (Stigler & Hiebert, 1999). No geral, num estudo de aula, um grupo de professores começa por identificar um tópico que pretende aprofundar. Sobre esse tópico, aprofundam os seus conhecimentos, analisam como é que o tópico é explorado no currículo dos alunos, a curto e a longo prazo. Adicionalmente, estudam artigos científicos sobre o tópico e sobre o seu ensino e identificam as dificuldades que a sua aprendizagem levanta aos alunos. Esta fase de preparação do tópico designa-se de estudo preparatório (*kyouzai kenkyou*) (Takahashi & McDougal, 2016). Em seguida, desenvolvem colaborativamente um plano de uma aula sobre o tópico com muito detalhe e formulam questões (LS-questions) cujas respostas pretendem conhecer com o estudo de aula. Para além disso, desenvolvem uma tarefa a usar na aula e antecipam possíveis respostas dos alunos (Fujii, 2016). A elaboração do plano de aula orienta todo o estudo de aula e, juntamente com o estudo preparatório, ocupa uma parte significativa das sessões do estudo de aula (Chichibu, 2016). Depois de concluído o plano de aula sobre um tópico, um dos professores leciona a aula, designada de aula de investigação, e os outros observam e tiram notas. Procura-se documentar com muito detalhe o desenvolvimento da aula de investigação para posterior análise e discussão. A aula de investigação é geralmente vídeo gravada permitindo registar situações que podem ser esquecidas ou passar despercebidas. Em seguida, os professores analisam em profundidade as respostas dos alunos, dando atenção às suas aprendizagens e dificuldades, refletem amplamente sobre as opções de ensino e melhoram a aula de investigação e os materiais pedagógicos (i.e., o plano da aula) (Lewis, 2008; Stigler, & Hiebert, 1999). Muitas vezes, a aula de investigação é lecionada uma segunda vez, pelo mesmo ou por outro professor, noutra turma. Nesta aula de investigação e na reflexão pós-aula é frequente a presença de investigadores. Após a realização do estudo de aula, os resultados são partilhados com outros

professores e com a comunidade científica. O estudo de aula desenvolve-se por ciclos (Lewis, 2008). O primeiro ciclo é constituído pelo estudo preparatório e planeamento da aula de investigação (P), leção da aula 1 de investigação (L1) e reflexão pós aula 1 (R1). O segundo ciclo é constituído pela segunda aula de investigação (L2) e respetiva reflexão pós aula (R2). Assim, um estudo de aula com dois ciclos, mais concretamente é composto pelo estudo preparatório e planeamento da aula, concretização de duas aulas de investigação e respetivas reflexões (PL1R1 L2R2). Sendo do interesse dos participantes podem-se realizar mais ciclos (Fernandez, Cannon, & Chokshi, 2003). Num estudo de aula os participantes partilham a convicção de que a discussão de diferentes pontos de vista sobre as aulas investigadas permite melhorar o ensino de um tópico e levar os alunos a aprender mais significativamente o tópico. Como consequência, os professores refletem amplamente sobre as aulas e os seus resultados (Lewis, 2008; Stigler & Hiebert, 1999).

#### 4. METODOLOGIA

Nesta investigação optou-se por seguir uma metodologia de investigação qualitativa com orientação interpretativa (Erickson, 1986). O método de análise qualitativa é útil para compreender as aprendizagens dos futuros professores sobre o uso das MR, num contexto significativo. A perspetiva interpretativa permitiu aos investigadores interpretar os significados que os futuros professores atribuíram às ações em que se envolveram no estudo de aula. De acordo com Erickson (1986), a perspetiva interpretativa permite dar ênfase às “especificidades do significado da ação na vida social que se desenrola em cenários concretos de interação face a face” (p. 156).

##### 4.1 Contexto do estudo e participantes

No Mestrado em Ensino da Física e da Química da Universidade de Lisboa, nas unidades curriculares (UC) de Iniciação à Prática Profissional (IPP I, II, III, e IV), os futuros professores realizam atividades nas escolas, com um envolvimento crescente. Assim, em IPP I e IPP II, no primeiro ano, observam aulas do professor cooperante e exploram instrumentos de recolha e análise de dados numa investigação em educação. Em IPP III e IPP IV, no segundo ano, os futuros professores são responsáveis pela leção de algumas aulas, nas turmas do professor cooperante, bem como pela elaboração dos materiais pedagógicos dessas aulas. Nesta investigação, o estudo de aula foi realizado em IPP III. Participaram os três futuros professores que se encontravam a frequentar IPP III, no ano letivo de 2015/2016, Carmo, Jorge e Pedro (nomes fictícios). Os participantes tinham idades compreendidas entre 36 e 42 anos e alguma experiência profissional (Tabela 1).

**Tabela 1- Caracterização dos participantes**

	Idade	Formação académica	Experiência profissional
Carmo	36	Licenciatura em química	Ensino da físico-química em centro de estudos
Jorge	42	Doutoramento em física	Ensino da matemática num colégio particular
Pedro	43	Licenciatura em química	Ensino da físico-química em centro de estudos e escola particular

## 4.2 Organização do estudo de aula

Este estudo de aula teve adaptações ao modelo japonês, possibilitando a sua realização na formação inicial dos professores. Uma das adaptações consistiu em envolver professor, investigadores e professores cooperantes com os futuros professores, nas sessões do estudo de aula. Esta opção prendeu-se com a importância dos professores, investigadores e professores cooperantes participarem na formação dos futuros professores (e.g., Sykes, Bird, & Kennedy, 2010). Outra adaptação consistiu em realizar o estudo de aula numa UC do Mestrado em Ensino da Física e da Química. Este estudo de aula teve três ciclos. No ciclo 1 desenvolveu-se o estudo preparatório e o planeamento da aula de investigação (P), realizou-se a aula de investigação 1 (L1) e a reflexão pós-aula (R1). No ciclo 2, realizou-se a aula de investigação 2 (L2) e a respetiva reflexão pós-aula (R2). No ciclo 3, realizou-se a aula de investigação 3 (L3) e a reflexão pós aula (R3). Estes três ciclos designam-se abreviadamente por PL1R1 L2R2 L3R3. O estudo de aula decorreu ao longo de 17 sessões, cada uma com duração de duas horas e meia, realizadas uma vez por semana. Das 17 sessões, 14 realizaram-se numa sala da universidade onde habitualmente se leciona o curso de mestrado. Nessas sessões estiveram presentes os futuros professores e todos os outros participantes no estudo de aula. As restantes três sessões, correspondentes às aulas de investigação, realizaram-se nas turmas de três dos quatro professores cooperantes, em escolas diferentes, sempre com alunos do 9.º ano. As três aulas de investigação (1, 2 e 3) lecionadas pelos futuros professores incidiram no mesmo tópico de física, sendo a primeira lecionada por Pedro, a segunda por Jorge e a terceira por Carmo. A ordem de leção das aulas prendeu-se com a data em que o tópico se lecionava nas turmas envolvidas. O tópico foi escolhido de acordo com o calendário escolar das turmas dos professores cooperantes, com a duração da aula de investigação (90 min.) e procurou-se que pudesse envolver aspetos desafiantes para os alunos.

## 4.3 Estrutura das sessões do estudo de aula

O tópico do estudo de aula foi a energia cinética de um corpo. O ciclo 1 do estudo de aula envolveu 13 sessões, oito para o estudo preparatório, aprofundando o tópico e o seu ensino, três para planear a aula de investigação e duas para lecionar a aula e fazer a reflexão pós-aula. Durante o estudo preparatório, formulou-se a questão que orientou todo o trabalho desenvolvido. A questão foi a seguinte: O que aprendem os alunos sobre a energia cinética de um corpo com as MR? No período do estudo preparatório, realizaram-se as atividades de aprofundamento do tópico e de preparação para o seu ensino nas aulas de investigação. Nesta investigação, procurou-se conhecer as aprendizagens dos futuros professores quando usaram as MR no ensino da energia cinética de um corpo, nomeadamente tabelas, gráficos e equações. Por isso, discutiu-se amplamente como usar as MR no ensino dos conceitos da física. Mais especificamente, os futuros professores usaram a taxonomia de Ainsworth (2008) para analisar exemplos das funções/potencialidades das MR no ensino de tópicos da física, em vários manuais escolares. Esta taxonomia mostrou-se útil para apoiar os futuros professores a analisar as funções/potencialidades das MR no ensino da física, razão pela qual optámos por a usar para analisar as suas aprendizagens no ensino do tópico e categorizar os dados.

Nas sessões 9 a 11, elaborou-se o plano da aula de investigação dando-se, novamente, muita atenção às MR no ensino do tópico. Na sessão 12, um dos futuros professores lecionou a primeira aula de investigação a uma turma e os restantes participantes observaram a aula e

tiraram notas. Na sessão 13 realizou-se a reflexão pós-aula. Nesta sessão, analisou-se com muito detalhe os resultados dos alunos quando usaram as MR na aprendizagem do tópico e discutiu-se como tirar partido das funções/potencialidades das MR para melhorar os seus resultados. No ciclo 2, sessão 14, um outro futuro professor lecionou a segunda aula de investigação, sobre o mesmo tópico, a outra turma. Na sessão 15, realizou-se a respetiva reflexão pós-aula, procedendo-se de modo idêntico à sessão de reflexão pós-aula anterior. No ciclo 3, sessão 16, realizou-se a terceira aula de investigação, lecionada pelo terceiro futuro professor, sobre o mesmo tópico, a uma terceira turma e na sessão 17, fez-se a respetiva reflexão pós-aula. Nesta última sessão, os futuros professores fizeram um balanço sobre o uso das MR no ensino do tópico.

#### 4.4 Recolha e análise de dados

Recolheram-se os dados de diferentes fontes: observação participante através de registo vídeo (RV) e diário de bordo (DB), de todas as sessões; entrevistas individuais realizadas aos futuros professores (E); e reflexões individuais dos futuros professores (RI), realizadas no final do estudo de aula. O registo vídeo e diário de bordo são úteis por permitir aos investigadores analisar posteriormente os dados no contexto em que as ações decorreram. A opção de usar entrevistas e reflexões individuais prendeu-se com o facto de permitir aos investigadores compreender as intenções das ações dos futuros professores sobre o uso das MR no ensino do tópico, depois de concluído o estudo de aula. Para isso, no guião da entrevista, um dos domínios incidiu nas MR usadas pelos futuros professores nas aulas de investigação e sua fundamentação no processo ensino-aprendizagem. No guião da reflexão escrita individual solicitou-se aos futuros professores uma descrição do contributo do estudo de aula sobre o uso das MR no ensino do tópico, nas três aulas de investigação. Além disso, solicitou-se que identificassem aspetos importantes que contribuíram para o desenvolvimento desse processo formativo.

Nesta investigação as funções das MR foram usadas como categorias de análise (cada função corresponde a uma categoria). Em seguida, recorreremos a estas categorias para construir a nossa matriz de análise. Para isso, cada categoria foi dividida em subcategorias, consoante a função específica das MR no ensino do tópico (Tabela 2).

**Tabela 2- Categorias e subcategorias de análise (Fonte: autores)**

Função das MR	Subcategoria
Papel complementar	Usar processos de representação diferentes
	Usar as MR com informação diferente
Encorajar interpretações	Usar uma representação para interpretar outra, devido às suas propriedades
	Usar uma representação, para interpretar outra, por familiaridade
Construir uma compreensão aprofundada	Examinar relações entre variáveis para a generalidade das situações e valores (abstração)
	Estender a compreensão de uma representação noutra (extensão)
	Estabelecer relações entre representações (relação)

Depois de analisadas as transcrições dos registos vídeo e organizados os resultados por categorias (Tabela 2), analisámos os dados recolhidos nas entrevistas e nas reflexões escritas individuais. Os resultados foram, em seguida, agrupados aos restantes, nas categorias e subcategorias correspondentes. Os dados mais difíceis de categorizar foram discutidos entre os autores com o objetivo de chegar a um consenso. Os dados que não reuniram consenso não foram usados.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Papel complementar das MR com diferentes processos

No ensino da energia cinética de um corpo os futuros professores exploraram aspetos distintos sobre o tópico usando as MR. Na entrevista, Pedro deu a conhecer como pensaram:

a nossa estratégia de ensino era chegar à equação da energia cinética de um corpo (generalização) a partir da relação da energia cinética com a massa e da relação da energia cinética com a velocidade. (...). Sobre a primeira relação, pretendíamos que os alunos identificassem a relação de proporcionalidade direta entre a energia cinética de um corpo com a sua massa e, sobre a segunda, que descrevessem a dependência da energia cinética de um corpo com a sua velocidade.

Para colocar em prática esta estratégia, os futuros professores escolheram duas representações diferentes, “usamos um gráfico da energia cinética de um carro em função da sua massa, com uma velocidade constante (Jorge, RV). Outro futuro professor mencionou a outra representação: “usamos uma tabela com pares de valores das variáveis para os alunos relacionarem a energia cinética com a velocidade, mantendo a massa constante” (Pedro, RI). Sobre esta tabela, a primeira coluna tinha cinco valores da velocidade de colisão de um carro. A segunda coluna, os correspondentes valores da energia cinética do carro. Porém, o quinto valor da energia cinética encontrava-se representado por X. Pretendia-se que os alunos determinassem o valor de x e descrevessem a relação encontrada entre as duas variáveis. Como não conheciam a equação da energia cinética teriam de usar os valores da tabela para determinar o valor de x e, em seguida, descrever a relação encontrada entre as duas variáveis. Na perspetiva dos futuros professores:

Pedro: Os alunos usaram estratégias de resolução válidas. Uma aluna dividiu os valores da energia cinética pelos correspondentes valores da velocidade, i.e., 50 a dividir por 10 dá 5, 200 por 20 dá 10, 450 por 30 dá 15, este dá 20. Portanto o x tinha de ser um valor que desse 25. (...) Eles determinaram bem o valor da energia cinética, representado por x, mas não descreveram como variava a energia cinética do carro com a sua velocidade.

Jorge: Esta aluna tem um raciocínio muito interessante. Encontrou uma expressão numérica que relaciona a velocidade [sublinhada a tracejado] com a energia cinética [sublinhado a cheio]. É uma sucessão matemática complexa e correta, mas não tem um significado físico. Ela não conseguiu explicá-la aos colegas de grupo. A relação entre as variáveis que acabou por ser apresentada pelo grupo na turma foi uma expressão mais simples. (...) Criaram uma sucessão lógica só com os valores da energia cinética do carro.

Pedro: Na minha aula de investigação, a descrição da variação da energia cinética com a velocidade teve de ser feita por mim, no quadro.

Jorge: A aluna que eu observei nem sequer se preocupou com a coluna da velocidade do carro para determinar o valor de  $x$ . A relação que encontraram não tinha a velocidade (RV).

Para os futuros professores, os métodos usados pelos alunos para determinar  $x$  (um valor da energia cinética) eram válidos e surpreenderam-nos pela positiva. E, também, constataram que os alunos não relacionavam qualitativamente as duas variáveis da tabela.

## 5.2 Papel complementar das MR com diferente informação

Para ajudar os alunos a ultrapassar dificuldades na aprendizagem do tópico quando usaram um gráfico e uma tabela, os futuros professores optaram por usar dois gráficos. Esta opção foi mencionada, na entrevista de Carmo:

Eu achava que para a relação da energia cinética com a velocidade era suficiente a tabela e que o gráfico não fazia falta. No entanto, durante as aulas de investigação constatei que fez todo o sentido, isto é, os gráficos permitiram aos alunos visualizar que as relações da energia cinética com a massa e com a velocidade são diferentes. Na primeira relação, da energia cinética com a massa, era uma linha reta e na segunda relação, da energia cinética com a velocidade, era uma linha curva e logo aí os alunos conseguiam ver a diferença. Quando os alunos recorreram ao gráfico da energia cinética com a velocidade viram que não era uma proporcionalidade direta. Portanto, eu achei que o gráfico da energia cinética em função da velocidade trouxe vantagens para os alunos.

Na reflexão individual, Carmo também referiu os benefícios de usar dois gráficos para a aprendizagem dos alunos, “A inclusão do gráfico da energia cinética em função da velocidade, na minha opinião, revelou-se uma mais-valia pois permitiu aos alunos visualizar a relação entre a energia cinética do carro com a sua velocidade. E, ajudou os alunos a visualizar que a relação da energia cinética do carro com a massa é diferente da relação da energia cinética do carro com a sua velocidade” (RI, Carmo). Na entrevista, Pedro, fez menção a esta estratégia de ensino com as MR, “Para mim o mais difícil das duas relações era a energia cinética de um corpo com a sua velocidade. Eu acho que, no geral, com os dois gráficos, os alunos ficaram com a noção que a energia cinética varia de forma diferente com a massa e com a velocidade”.

## 5.3 Encorajar o uso de uma representação a partir de outra devido às suas propriedades

Na segunda aula de investigação, os futuros professores usaram dois gráficos permitindo aos alunos identificar a relação de proporcionalidade direta entre a energia cinética com a massa e descrever a relação da energia cinética com a velocidade (massa constante). Mais especificamente, um gráfico com três pontos para explorar a dependência da energia cinética de um corpo com a sua massa e a construção de um gráfico, a partir de uma tabela, para explorar a dependência da energia cinética com a velocidade. Porém, na terceira aula de investigação, os alunos não conheciam a função quadrática. Por isso, os futuros professores discutiram como usar as MR para ajudar os alunos a usar um gráfico com uma função que não era familiar aos alunos. Na reflexão individual, Carmo, deu a conhecer a estratégia colocada em prática pelos futuros professores na terceira aula de investigação:

Optou-se por substituir a construção do gráfico da energia cinética em função da velocidade, por um gráfico semi-construído e pedir aos alunos para marcar um ponto no

gráfico a partir da tabela (o valor da velocidade era dado e o da energia cinética, representado por  $X$ , era calculado pelos alunos). Atendendo aos valores igualmente espaçados na tabela e representados no gráfico numa escala acessível aos alunos, bem como a linha de tendência previamente desenhada, usar o gráfico não constituiu grande dificuldade para os alunos.

A opção de usar uma tabela para ajudar os alunos a familiarizar-se com as relações numéricas entre as duas variáveis e encorajá-los a representar um ponto no gráfico com base na tabela, permitiu aos alunos usar este gráfico na aprendizagem do tópico. Isto foi dado a conhecer, por exemplo, na reflexão individual de Pedro:

Na terceira aula de investigação não se pediu aos alunos para construir o gráfico da função quadrática. Decidiu-se apresentá-lo semi-construído e os alunos usavam a tabela para representar um ponto. Esta opção permitiu-lhes usar o gráfico e visualizar que as relações entre as variáveis, energia cinética, massa e velocidade, são diferentes.

#### **5.4 Encorajar o uso de uma representação a partir de outra por familiaridade**

Para encorajar estes alunos que desconheciam a função quadrática a usar o gráfico da energia cinética de um carro em função da sua velocidade, os futuros professores usaram outra estratégia, suportando-se no facto da relação de proporcionalidade direta ser do conhecimento dos alunos. Na reflexão individual, Carmo deu a conhecer em que consistiu a estratégia que usou na sua aula de investigação e o seu resultado:

No que diz respeito à relação da energia cinética de um corpo com a sua velocidade optei por projetar no quadro o gráfico da energia cinética em função da velocidade e, ao lado, o gráfico da energia cinética em função da velocidade ao quadrado. Com esta estratégia os alunos compreenderam que a relação de proporcionalidade direta entre as duas variáveis só se verifica quando a velocidade está ao quadrado. Acho que esta opção foi útil pois os alunos perceberam a diferença entre a dependência da energia cinética com a massa e a dependência da energia cinética com a velocidade.

Para Pedro, esta potencialidade das MR também trouxe vantagens para a aprendizagem dos alunos ao referir, numa das sessões de reflexão pós aula, “eu acho que o gráfico da energia cinética em função do quadrado da velocidade é uma maneira de ultrapassar esta questão dos alunos não conhecerem a função quadrática” (RV).

#### **5.5 Construir uma compreensão aprofundada por abstração**

Para a generalização do tópico, os futuros professores usaram o gráfico da energia cinética de um carro para diferentes valores da sua massa, uma tabela com valores da energia cinética de um carro e respetivos valores de velocidade, o gráfico, e quatro equações algébricas (a equação da energia cinética de um corpo e as restantes três equações sem significado físico). Como os alunos não conheciam a equação da energia cinética usavam as MR, i.e., gráficos e tabela. Na reflexão individual, Carmo deu a conhecer um dos métodos dos alunos quando identificaram a equação que traduz a generalização do tópico, “verificou-se que alguns alunos utilizaram o método da substituição numérica para identificar a expressão da energia cinética de um corpo”. Como Carmo mencionou, verificar igualdades e desigualdades das equações algébricas, permitiu aos alunos trabalhar as equações algébricas e identificar a equação que traduz a generalização do

conceito. Constatar que os alunos eram bem-sucedidos no método de resolução, mas que nem sempre identificavam a equação da energia cinética, foi o pretexto para os futuros professores melhorarem o uso das MR na generalização do tópico. Por exemplo, na reflexão individual, Carmo lembrou: “Os alunos não conseguiam identificar a equação da energia cinética (generalização) porque usavam os valores da tabela em quilojoule e do gráfico em joule”. Para Pedro isso acontecia porque “a tendência que os alunos têm é usar os valores sem olhar para as unidades. Por isso, devemos usar os valores da energia cinética nos gráficos e na tabela sempre em joule” (RV). As sugestões dos futuros professores de uniformizar as unidades da energia cinética, quando usaram as MR, permitiu que os alunos identificassem a equação da energia cinética de um corpo. Isso, também, foi dado a conhecer na reflexão individual de Pedro: “Na terceira aula de investigação, os valores de energia cinética das MR passaram a ser apresentados em joule (e não em quilo joule), de forma a poderem ser utilizados pelos alunos por substituição direta nas equações algébricas. (...) Estas alterações foram uma melhoria substancial na aprendizagem do tópico e devem ser consideradas de futuro”.

A ampla discussão sobre os métodos de resolução dos alunos com as MR levaram os futuros professores a ter em consideração outros aspetos importantes sobre o uso das MR para abordar a generalização do tópico, i.e., a equação algébrica de um corpo para quaisquer valores da massa e velocidade desse corpo e contexto. Por exemplo,

Pedro: no gráfico da energia cinética do carro para diferentes valores da sua massa, em vez de dizer que a velocidade é constante seria melhor acrescentar uma legenda dizendo qual é o valor da velocidade. E o mesmo na tabela, para além de dizer que se trata de um ligeiro com uma dada massa dá-se o valor da massa.

Jorge: E devemos reforçar a ideia que na questão da identificação da equação da energia cinética de um corpo devem recorrer aos gráficos da energia cinética do carro em função da sua massa e em função da sua velocidade e tabela. Para isso, no enunciado da questão: Indiquem qual das seguintes equações algébricas permite calcular corretamente a energia do movimento de um corpo em função da massa e do valor da velocidade desse corpo, devemos acrescentar que é com base nos gráficos 1, 2 e tabela 1” (RV).

Explicitar o valor numérico das variáveis controladas nas MR, num caso, o valor da velocidade e, no outro, o valor da massa, bem como encorajar os alunos a usar as MR são aspetos muitos importantes que os futuros professores tiveram em consideração na identificação pelos alunos da energia cinética de um corpo para quaisquer valores da massa e velocidade desse corpo e contexto.

## **5.6 Construir uma compreensão aprofundada por extensão**

Numa boa parte das sessões de reflexão pós-aula, os futuros professores discutiram como usar as MR para ajudar os alunos a descrever a relação da energia cinética com a velocidade. A propósito, Jorge sugeriu “introduz-se uma quadrícula para os alunos construírem o gráfico da energia cinética em função do valor da velocidade. Assim, incentivam-se os alunos a manipular os dados da tabela, desenharem a função e depararem-se com a visualização gráfica” (DB). Para Jorge, esta atividade estava ao alcance dos alunos, como deu a conhecer num dos momentos da sessão, “acho que os meus alunos olham para a tabela e constroem o gráfico da energia cinética com a velocidade com facilidade. Como os valores da tabela são regulares, acho que os alunos conseguem construir os gráficos sozinhos” (RV). Esta estratégia foi seguida por Jorge na aula de

investigação 2. Na sessão de reflexão pós-aula, os futuros professores avaliaram o resultado da sua estratégia com base nos resultados dos alunos. Por exemplo:

Pedro: Estes alunos representaram graficamente os valores da tabela e construíram o gráfico num instante. Depois interpretaram a relação da energia cinética do carro em função da sua velocidade e escreveram: Quanto maior a velocidade maior é o valor da energia do movimento. Depois chamaram o Jorge que os questionou “olhem para a tabela e vejam o que acontece à energia cinética quando a velocidade aumenta para o dobro”. Os alunos fizeram tentativas usando a tabela e comentaram “É o quadrado” e escreveram “a cada aumento  $x$  da velocidade, há o quadrado desse aumento  $x^2$  da energia do movimento. E, de seguida escreveram uma expressão.

Na perspetiva de Pedro, e não obstante a dificuldade dos alunos em traduzir algebricamente a relação encontrada, a construção do gráfico a partir de uma tabela permitiu aos alunos escrever tentativas para relacionar algebricamente os dois conceitos físicos, bem como descrever essa relação. E, na verdade, este modo de usar as MR (construção de um gráfico a partir de uma tabela) permitiu aos alunos desenvolver uma compreensão mais abstrata do fenómeno do que com uma tabela (situação ocorrida na primeira aula de investigação). As potencialidades das MR, para estimular os alunos a ir mais longe com uma representação, foi reconhecida, mais tarde, pelos futuros professores. Por exemplo, na reflexão individual, Pedro comentou: “Na segunda aula de investigação foram os alunos que construíram o gráfico da energia cinética do carro em função da sua velocidade com base na tabela. Isso ajudou-os a compreender a relação entre as duas variáveis, energia cinética e velocidade”. Também, Carmo, na reflexão individual, mencionou que esta estratégia de serem os alunos a construir o gráfico foi um melhoramento no uso das MR da primeira para a segunda aula de investigação:

Na primeira aula de investigação os alunos calculavam o valor de  $x$  para a energia cinética, mas não descreviam a relação entre a energia cinética e a velocidade. Na segunda aula de investigação, e como os alunos já conheciam a função quadrática, construíram o gráfico a partir da tabela. Esta estratégia ajudou os alunos a descrever a relação entre a energia cinética e a velocidade.

## 5.7 Construir uma compreensão aprofundada por relação

Para os alunos desenvolverem uma compreensão mais abstrata sobre a energia cinética e da sua relação com as variáveis, massa e velocidade, os futuros professores discutiram várias estratégias tirando partido do uso das MR. Por exemplo, numa das sessões de reflexão pós-aula, Jorge propôs a seguinte estratégia:

Jorge: Depois dos alunos usarem os gráficos para explorar as relações entre as variáveis, discutimos com eles as respetivas expressões algébricas e escrevemos no quadro: a energia cinética do carro é diretamente proporcional à sua massa e tem uma determinada constante de proporcionalidade. E, a energia cinética do carro é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade do carro e tem uma outra constante. Isto ajuda os alunos a relacionar os gráficos com as respetivas equações algébricas e a identificar por comparação a equação algébrica da energia cinética de um corpo (RV).

Um outro exemplo foi mencionado por Pedro ao sugerir que:

O gráfico, com a relação de proporcionalidade direta entre a energia cinética e o quadrado da velocidade, permite que os alunos olhem para a equação algébrica da energia cinética com mais conhecimento (...) este gráfico da proporcionalidade direta com o quadrado da velocidade ajuda os alunos a identificar a equação que traduz a generalização do tópico (RV).

## 6. DISCUSSÃO

Esta investigação tinha como objetivo compreender como é que os futuros professores usaram as MR no ensino da energia cinética de um corpo num estudo de aula. Recorrer à taxonomia de Ainsworth (2008), num estudo de aula, permitiu-nos conhecer o que aprenderam sobre as funções das MR no ensino da energia cinética, como as usaram para ajudar os alunos a compreender o tópico e porque as usaram. Os resultados mostraram que os futuros professores aprenderam a usar as três funções das MR no ensino da energia cinética, nas diversas fases do estudo de aula. Ou seja, aprenderam a usar a complementaridade das MR, a usar as MR para estimular a interpretação de outras e a usar as MR para a compreensão mais aprofundada dos conceitos.

Sobre a primeira função, complementaridade das MR, na fase de planeamento, os futuros professores sugeriram usar um gráfico para explorar a relação da energia cinética de um corpo com a sua massa e uma tabela para explorar a relação com a velocidade, com as variáveis controladas. E, de facto, diferentes processos de representação da informação pode ser uma estratégia útil para usar na sala de aula (Ainsworth, 2008). Ainda sobre esta função das MR, os futuros professores aprenderam a fazer uma gestão mais eficaz da informação (Ainsworth, 2008; Meyer, 2009). Isso foi visível quando, numa das sessões de reflexão pós-aula, sugeriram usar dois gráficos para explorar relações diferentes entre as variáveis do tópico, i.e., energia cinética de um corpo, massa desse corpo, e velocidade.

Sobre a segunda função das MR, numa das sessões de reflexão pós-aula, os futuros professores mostraram ter aprendido a usar as MR para estimular os alunos a interpretar o gráfico da energia cinética de um corpo em função da velocidade desse corpo (sendo a massa constante). Para isso, usaram duas estratégias seguidas nas aulas de investigação. Numa das estratégias, usaram uma tabela com valores da velocidade de um corpo e respetivos valores da energia cinética. A partir dessa tabela, os alunos familiarizaram-se com os números e relações numéricas entre as duas variáveis, encontraram padrões e sequências numéricas, apoiando-se nestas aprendizagens para interpretar o gráfico. Na outra estratégia, e com a mesma finalidade (i.e., usar um gráfico da energia cinética de um corpo em função da velocidade desse corpo), aprenderam que usar um gráfico mais acessível podia ajudar os alunos a interpretar um gráfico mais desafiante. Assim, recorreram ao gráfico da energia cinética de um corpo com a velocidade desse corpo ao quadrado. A relação de proporcionalidade direta entre as duas variáveis, neste gráfico, por ser mais acessível, facilitou a interpretação do gráfico, mais desafiante, relacionando a energia cinética de um corpo com a sua velocidade. E, na verdade, investigadores mostraram que a função das MR para estimular os alunos a explicar representações mais desafiantes é uma estratégia de ensino muito útil (Won, Yoon, & Treagust, 2014).

Sobre a terceira função, os futuros professores também aprenderam a usar as MR para a compreensão mais aprofundada do tópico. Assim, exploraram as MR para (i) generalizar a

expressão algébrica da energia cinética de um corpo, (ii) estender a compreensão de uma tabela com valores da energia cinética de um corpo e velocidade desse corpo para a construção de um gráfico com essas variáveis e (iii) criar relações entre gráficos e respectivas equações algébricas com as variáveis do tópico. Para a generalização da energia cinética de um corpo, sugeriram dois gráficos com as variáveis controladas (energia cinética com a massa, num deles, e com a velocidade, no outro), uma tabela associada a um dos gráficos e equações algébricas, uma delas a equação da energia cinética de um corpo. Este modo dos futuros professores usarem as MR foi seguido na terceira aula de investigação por um dos futuros professores. Como segunda estratégia, e com a finalidade de ajudar os alunos a relacionar qualitativamente a energia cinética de um corpo com a velocidade desse corpo, aprenderam que a construção do gráfico pelos alunos, a partir de uma tabela, facilitava a compreensão qualitativa do fenómeno. Com efeito, estudos empíricos mostraram que a construção de representações pelos alunos, como foi o caso, facilita a sua interpretação, assimilação e integração (e.g., Tytler, Prain, & Peterson, 2007). Como terceira estratégia, para a compreensão mais aprofundada do tópico, na segunda e terceira sessões de reflexão pós-aula, os futuros professores sugeriram relacionar o gráfico da energia cinética de um corpo com a sua massa (velocidade contante) e com a sua velocidade (massa constante) com as respectivas equações algébricas, permitindo a criação de outras relações (Ainsworth, 2014).

## 7. CONCLUSÕES

Neste estudo de aula sobre a energia cinética de um corpo, os futuros professores aprenderam a usar as três funções das MR, i.e., complementaridade das MR, estímulo para interpretação de outras representações e compreensão mais aprofundada dos conceitos. O desenvolvimento de uma investigação sobre a prática levou-os a elaborar um plano de uma aula com a finalidade de conhecer o que aprendem os seus alunos sobre a energia cinética de um corpo com as MR. Na procura de respostas, os futuros professores lecionaram as aulas e recolheram informação dos alunos quando aprenderam o tópico com as MR. Analisar os resultados dos alunos, nas sessões de reflexão pós-aula, com os olhos de investigadores, permitiu-lhes identificar dificuldades dos alunos e explorar as funções das MR para os ajudar a ultrapassar essas dificuldades. Envolvidos neste processo de cunho investigativo, reflexivo, e centrado nos alunos, os futuros professores aprenderam a usar as MR no ensino de um tópico, dando resposta a uma necessidade levantada na literatura. Na verdade, há necessidade dos futuros professores aprenderem a usar as MR para a compreensão e comunicação dos conceitos científicos (e.g., Ainsworth, 2008, 2014; Nieminen, Savinainen, & Viiri, 2017). Por isso, concluímos que num estudo de aula é possível criar situações formativas que levem os futuros professores a usar as MR e a explorar todas as potencialidades deste recurso no ensino dos conceitos da física.

Este estudo contribui para avanços do conhecimento sobre o modo como se podem desenvolver estudos de aula fora do seu país de origem e como é que, com base neste modelo, é possível desenvolver o conhecimento didático de futuros professores sobre as funções das MR que são essenciais para a aprendizagem da física.

## REFERÊNCIAS

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191–208). New York, NY: Springer.
- Ainsworth, S. (2014). The multiple representations principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 464–486). Cambridge: Cambridge University Press.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463–482.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. New York, NY: Macmillan.
- Fernandez, C., Cannon, J., & Chokshi, S. (2003). A US–Japan lesson study collaboration reveals critical lenses for examining practice. *Teaching and Teacher Education*, 19(2), 171-185.
- Fujii, T. (2016). Designing and adapting tasks in lesson planning: a critical process of Lesson Study. *ZDM Mathematics Education* 48(4), 411-423. doi 10.1007/s11858-016-0770-3
- Chichibu, T. (2016) Impact on lesson study for initial teacher training in Japan: Focus on mentor roles and kyozai-kenkyuu. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 5(2), 155-168. doi.org/10.1108/IJLLS-01-2016-0001.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer.
- Lewis, C. C. (2008). Lesson study. In L. B. Easton (Ed.), *Powerful designs for professional learning* (2<sup>nd</sup> ed.), (pp. 171–184). Oxford, OH: National Staff Development Council.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Murata, A. (2011). Introduction: conceptual overview of lesson study. In L.C. Hart, A.S. Alston, & A. Murata (Eds), *Lesson Study Research and Practice in Mathematics Education*, (pp. 13-24). New York, NY: Springer.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2017). Learning about forces using multiple representations. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education, Models and Modeling in Science Education* (pp. 160-178). Switzerland: Springer.
- Park, B., Flowerday, T., & Brünken, R. (2015). Cognitive and affective effects of seductive details in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 44, 267-278.
- Stigler, J.W., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap*. New York, NY: The Free Press.
- Sykes, G., Bird, T., & Kennedy, M. (2010). Teacher education: Its problems and some prospects. *Journal of Teacher Education*, 61(5), 464-476.
- Takahashi, A., & McDougal, T. (2016). Collaborative lesson research: maximizing the impact of lesson study. *ZDM Mathematics Education* 48(4), 513-526. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0752-x>
- Tsui, C., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In D. Treagust & C. Tsui (Eds.), *Multiple representations in biological education* (pp. 3-18). Dordrecht: Spinger.
- Tytler, R., Prain, V., & Peterson, S. (2007). Representational issues in students' learning about evaporation. *Research in Science Education*, 37(3), 313–331.
- Won, M., Yoon, H., & Treagust, D. F. (2014). Students' learning strategies with multiple representations: Explanations of the human breathing mechanism. *Science Education*, 98, 840–866. doi.org/10.1002/sce.21128
- Zhou, G., Xu, J., & Martinovic, D. (2016). Developing pre-teaching science with technology through microteaching lesson study approach. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(1), 85-103. doi 10.12973/eurasia.2017.00605a.