

# LIVRO DE ATAS

Encontro Nacional de  
Educação em Ciências

XXI ENEC  
VII ISSEC

20  
25

International Seminar  
of Science Education

Educação  
em Ciências  
em Tempos  
de Mudança:  
Desafios da  
Era Digital

Science  
Education  
in Times of  
Change:  
Challenges of  
the Digital Age

APEduc



POLITÉCNICO  
DE SANTARÉM  
ESCOLA SUPERIOR  
DE EDUCAÇÃO



**Livro de Atas: XXI ENEC/VII ISSE**

Educação em Ciências em Tempos de Mudança: Desafios da Era Digital

**Editores literários**

Marisa Correia, Bento Cavadas, Elisabete Linhares, Maria Clara Martins, Neusa Branco, Nelson Mestrinho, Raquel Santos, Sílvia Nobre, Susana Colaço & Teresa Ribeirinha

**Capa e Layout**

Teresa Cavalheiro

**Composição gráfica**

Inês Matias, Rosa Oliveira, Rui Lopes & Teresa Cavalheiro

**Palavras-chave:** Currículo e políticas educativas em Educação em Ciências; Educação em Ciências; Formação de Professores; Inovação em Educação em Ciências; Educação em Ciências em contextos não formais e informais.

**ISBN:** 978-989-36789-2-3

**Data:** 11, 12 e 13 de setembro de 2025

**Local:** Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Santarém

**Página web:** <https://enec2025.ipsantarem.pt>

## **DESAFIOS DA INTEGRAÇÃO CURRICULAR ENTRE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA**

**Margarida Rodrigues<sup>1,2</sup>, Bianor Valente<sup>1,2</sup>, Paulo Maurício<sup>1,2</sup> & Renata Carvalho<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>*Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Lisboa (Portugal)*

<sup>2</sup>*Centro de Estudos em Educação e Inovação (Ci&DEI) (Portugal)*

<sup>3</sup>*Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Educação e Formação (UIDEF) (Portugal)*

*margaridar@eselx.ipl.pt*

### **RESUMO**

Este estudo analisa os desafios associados à planificação e implementação de atividades interdisciplinares envolvendo Ciências Naturais e Matemática, em turmas de 2.º Ciclo do Ensino Básico, no contexto de Estudos de Aula que decorreram no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada numa Escola Superior de Educação. O estudo de aula, modelo colaborativo de desenvolvimento profissional, envolve planeamento, implementação e reflexão coletiva sobre uma “aula de investigação”. A metodologia qualitativa incluiu observação participante, entrevistas e recolha documental, envolvendo quatro estagiárias, cinco professoras cooperantes e quatro supervisores. Os resultados indicam que os desafios residem na definição e articulação de conteúdos, planeamento de atividades interdisciplinares, conciliação de horários e limitação de tempo, equilíbrio da participação de estagiárias e cooperantes, execução prática das tarefas e equilíbrio entre áreas disciplinares. Incidentes microdidáticos e problemas logísticos também afetaram a implementação. Estes desafios relacionam-se tanto com a metodologia do Estudo de Aula quanto com a complexidade da interdisciplinaridade procurada nas tarefas desenvolvidas.

**Palavras-chave:** Integração curricular, estudos de aula, Ciências Naturais, Matemática

### **INTRODUÇÃO**

Uma abordagem interdisciplinar promove uma compreensão mais profunda e duradoura, interrelacionando diferentes tópicos ou disciplinas (OCDE, 2019). Por isso, a sua promoção na educação em Ciências Naturais e Matemática na formação de professores é essencial (Ríordáin et al., 2016). A interdisciplinaridade exige um planeamento cuidadoso de como, quando e quais os tópicos de cada disciplina devem ser explorados, para promover ligações significativas entre as áreas. Tal como referem Pombo et al. (1993), implica “alguma reorganização do processo de ensino/aprendizagem” pressupondo, na pluridocência, “um trabalho continuado de cooperação dos professores envolvidos” (p. 13). Assim, importa investigar as condições que dificultam a interdisciplinaridade, como por exemplo a rigidez dos currículos ou a escassez de tempo para o planeamento colaborativo (Johnson & Czerniak, 2023; Ríordáin et al., 2016). Segundo Tytler et al. (2021), numa abordagem interdisciplinar entre Ciências Naturais e Matemática, os fenómenos são explorados em contextos autênticos, com recurso frequente a práticas de modelação, e as duas disciplinas reforçam-se mutuamente, de modo a que o desenvolvimento

de ideias numa delas leve a questões que guiam e informam a aprendizagem na outra. As práticas de modelação, que envolvem a construção, uso e refinamento de representações matemáticas de fenómenos naturais (equações, gráficos, diagramas, simulações), facilitam a interdisciplinaridade porque permitem que a matemática seja mobilizada não apenas como ferramenta de cálculo, mas como linguagem para descrever, explicar e prever comportamentos científicos. Tytler et al. (2021) consideraram facilitador do desenho interdisciplinar partirem dos conceitos de Ciências Naturais, incorporando depois os conceitos matemáticos.

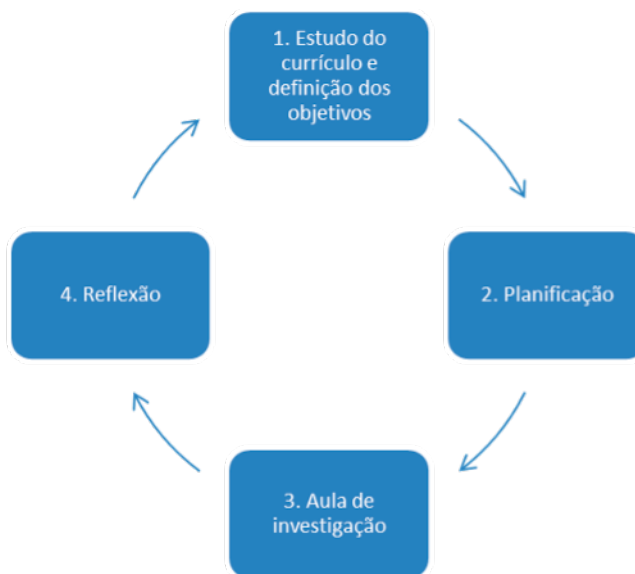
O trabalho interdisciplinar em Ciências Naturais e Matemática envolve a mobilização de conhecimentos disciplinares de, pelo menos, estas duas áreas disciplinares e depende do conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK, na sigla em inglês) dos professores de cada disciplina (Ríordáin et al., 2016) e das suas possíveis interseções, expresso pelo conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar (IPCK, na sigla em inglês) (An, 2017).

Este estudo pretende analisar os principais desafios que emergiram no desenvolvimento de dois Estudos de Aula centrados na planificação e implementação de atividades interdisciplinares envolvendo Ciências Naturais e Matemática, em turmas de 2.º Ciclo do Ensino Básico, no contexto da Prática de Ensino Supervisionada numa Escola Superior de Educação. Acresce que as estagiárias envolvidas neste estudo frequentavam um Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico, profissionalizando-se precisamente nestas duas áreas disciplinares no 2.º ciclo. O estudo faz parte de um projeto mais amplo, com início em 2024 e duração de dois anos, que visa compreender as dinâmicas de implementação, por futuros professores, de atividades interdisciplinares em Ciências Naturais e Matemática, no contexto de Estudos de Aula.

### **Estudo de Aula**

O Estudo de Aula (EA) é um modelo colaborativo e reflexivo de desenvolvimento profissional de professores, com origem no Japão, no qual vários docentes se envolvem num processo que inclui a planificação detalhada, a implementação e a análise/reflexão de uma aula designada “aula de investigação” (Fernandez, 2002; Fujii, 2014; Lewis et al., 2006; Murata et al., 2012).

O EA desenrola-se através de uma sequência de etapas distintas (Figura 1). Inicialmente os participantes selecionam um tópico ou objetivo curricular, que se torna o foco da aula de investigação. Seguidamente, a segunda etapa envolve o planeamento minucioso dessa aula, tirando partido do conhecimento e da experiência de todos os participantes, num ambiente colaborativo. Esta fase de planeamento inclui a tarefa de determinar que aspetos das atividades e que dificuldades dos alunos deverão ser observados, em estreita ligação com o tópico ou objetivo curricular previamente definido. vírgula.



*Figura 1. O ciclo do Estudo de Aula. Adaptado de Lewis et al. (2006).*

A terceira etapa abrange a implementação efetiva da “aula de investigação” por um dos participantes. Em simultâneo, os restantes participantes assumem o papel de observadores, focando-se no trabalho e nas dificuldades dos alunos e recolhendo dados de forma sistemática com recurso a instrumentos previamente definidos. Após a aula de investigação, a quarta etapa consiste numa discussão colaborativa e reflexiva centrada na aula realizada. Os participantes refletem sobre os objetivos previamente estabelecidos e os dados recolhidos sobre as aprendizagens dos alunos. Esta fase pode assinalar a conclusão do EA para o grupo e tópico em questão, particularmente na maioria dos modelos não japoneses de EA. Em alternativa, pode marcar o início de um novo ciclo, no qual a preparação e implementação de uma nova “aula de investigação” integram os conhecimentos e as perceções obtidos no ciclo anterior (Lewis et al., 2006).

## **METODOLOGIA**

O estudo adotou uma metodologia qualitativa de natureza interpretativa (Hesse-Biber & Leavy, 2011), em que os dados foram recolhidos através de observação participante, entrevistas e recolha documental (documentos como planificações e reflexões). Foram realizados dois Estudos de Aula (EA) em duas escolas públicas nas regiões de Lisboa (Escola L) e Setúbal (Escola S), durante a prática de ensino supervisionada no 2.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) de uma Escola Superior de Educação.

Os participantes foram quatro estagiárias, cinco professoras cooperantes (3 na Escola S e duas na L) e quatro supervisores institucionais (um da área de Matemática e outro da área das Ciências Naturais em cada escola), autores do presente estudo.

Cada EA (Figura 2) incluiu sete sessões: cinco sessões de planificação

onde se definiu o objetivo da aula de investigação, se construíram tarefas e se anteciparam resoluções dos alunos e ações docentes, uma aula de investigação e uma sessão de reflexão.

**Mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB**

| Estudo de Aula da Escola S<br>A matemática das hemácias                                                       | Estudo de Aula da Escola L<br>Função de filtração do rim e proporcionalidade direta |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 supervisoras<br>2 estagiárias<br>3 professoras cooperantes                                                  | 2 supervisores<br>2 estagiárias<br>2 cooperantes                                    |
|                              |                                                                                     |
|                            |                                                                                     |
| <b>7 sessões 3h zoom</b><br>5 sessões de planificação<br>1 aula de investigação<br>1 sessão reflexão pós aula |                                                                                     |

*Figura 2. Estudos de Aula realizados.*

No caso da Escola S cada sessão teve a duração de três horas, enquanto na Escola L as sessões de planificação e de reflexão foram divididas em dois momentos de 1h30, de acordo com a disponibilidade das professoras cooperantes. Em ambas as escolas estas sessões foram realizadas online através da plataforma Zoom/Colibri, à exceção das aulas de investigação. A aula de investigação teve a duração de dois tempos letivos (100 +50 min) na Escola S e de quatro tempos letivos (4x45 minutos) na Escola L. A aula foi dinamizada pelas duas estagiárias na Escola S e, devido a questões de saúde de uma das estagiárias, por uma estagiária e uma professora cooperante na Escola L. Os restantes participantes em cada EA realizaram observações sobre as atividades dos alunos durante as aulas de investigação, de acordo com o que foi previamente definido.

Dado o objetivo do projeto em que este estudo se insere, a questão curricular a ser abordada em ambos os EA foi a realização de aulas interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais. Os diferentes contextos escolares levaram os participantes a decidirem como temas integradores, a matemática das hemácias na Escola S e a função de filtração do rim e proporcionalidade direta na Escola L. A aula de investigação da Escola S teve como objetivo justificar a relação entre a forma das hemácias e a sua função, utilizando a Matemática (uso de paralelepípedos, construídos com cubos de encaixe, como modelos das hemácias) para explicar como a sua forma achatada maximiza a área de superfície, favorecendo a troca de gases. Na Escola L o objetivo da aula de investigação foi, através da simulação da filtração do sangue, compreender a formação da urina e o seu papel na função excretora humana, e reconhecer que não existe proporcionalidade direta entre a quantidade de água ingerida e o tempo de filtração do sangue pelos rins.

Para atingir o objetivo do estudo foram analisadas as reflexões escritas de todos os participantes (estagiárias, professoras cooperantes e supervisores), bem

como as entrevistas realizadas às estagiárias e professoras cooperantes. Os dados foram organizados e codificados de acordo com a seguinte convenção: o código (ES1, E) identifica a entrevista de uma estagiária da Escola de Setúbal, o código (CS2, E) identifica a entrevista de uma professora cooperante da Escola de Setúbal, enquanto o código (SL1, R) corresponde à reflexão de um supervisor da Escola de Lisboa. A análise de conteúdo (Bardin, 1977) foi adotada como método de tratamento dos dados, permitindo identificar, sistematicamente, os desafios relacionados com a planificação e a implementação das atividades interdisciplinares. Este procedimento possibilitou compreender tanto as dificuldades organizacionais e pedagógicas enfrentadas pelos participantes quanto as especificidades do trabalho colaborativo no contexto dos EA.

## RESULTADOS

A análise das reflexões dos participantes e das entrevistas às professoras cooperantes e estagiárias, nos dois EA, centrou-se na recolha de evidências sobre os desafios associados à gestão e ao planeamento curricular, assim como à implementação das atividades interdisciplinares.

### Desafios ao nível da gestão e do planeamento curricular

#### *Definição e articulação dos conteúdos*

A definição do objetivo da aula de investigação, em ambos os EA, mostrou ser o primeiro desafio enfrentado pelos participantes. Pretendia-se escolher um par de conteúdos, um de Ciências Naturais e outro de Matemática, que fizesse sentido curricular, fosse exequível à luz da planificação a médio prazo já realizada pelas professoras cooperantes nas Escolas L e S, e que gerasse ganhos de aprendizagem em ambas as áreas. Entre cooperantes, estagiárias e supervisores existiu um vaivém de hipóteses, com revisões sucessivas à medida que se antecipavam estratégias dos alunos e se calibravam objetivos. Como referiu uma cooperante na Escola L, “o primeiro grande desafio foi encontrar dois conteúdos [...] que desse para relacionar de acordo com a nossa planificação” (CL2, E). Do ponto de vista de uma das supervisoras, o próprio currículo não é facilitador de uma interdisciplinaridade entre Ciências Naturais e Matemática, pelo que se constitui como um dos maiores desafios enfrentados: “Por fim, continuo a achar que um desafio grande é o próprio currículo. Ele pede para que a articulação seja feita, mas a verdade é que a sua elaboração não foi realizada com base nesse pressuposto” (SS1, R).

#### *Planeamento de atividades interdisciplinares*

O planeamento de atividades que se adequassem às planificações prévias das professoras cooperantes em cada escola e que dessem resposta às exigências científica e didática de cada uma das áreas, num ambiente de verdadeira interdisciplinaridade, foi uma preocupação, mas também um desafio, evidenciado pelos participantes. Na Escola S, onde a temática escolhida foi a matemática das hemácias, a reflexão de uma das supervisoras evidencia este desafio:

O maior desafio foi encontrar tópicos matemáticos que de facto contribuíssem para o aprofundamento da compreensão das células, numa perspectiva de enquadrar a atividade interdisciplinar no projeto que se iria iniciar na turma, abordando os tópicos previstos para essa altura do ano letivo. Inicialmente, pensámos em explorar polígonos e o círculo, incidindo no seu perímetro e área, encarando a figura 2D [projeção bidimensional da célula] como se fosse uma das vistas da célula animal. Foi então explorada a variação da área, mantendo o perímetro, sendo que é o círculo o que tem a maior área. Essa ideia foi abandonada pois não captava o importante relativamente à razão entre volume e área de superfície” (SS2, R)

Na Escola L o tema escolhido, “Função de filtração do rim e proporcionalidade direta”, revelou fragilidades à luz de pesquisa adicional, levando o grupo a questionar se a relação de proporcionalidade direta poderia ser legitimamente sustentada a partir do fenómeno em análise. Essa dúvida reforçou a necessidade de ensaiar previamente a tarefa, “como se fossem alunos”, de modo a testar a sua coerência e viabilidade logística antes da aula. Esta foi uma preocupação evidenciada na reflexão de uma das supervisoras:

O primeiro desafio surge com a discussão da adequação da atividade interdisciplinar, sendo que a ideia de simular a filtração do sangue sempre esteve presente. Analisaram-se várias possibilidades até se chegar a uma atividade experimental, a desenvolver pelos alunos, desencadeada por uma questão problema. Contudo, era essencial perceber como isto se poderia fazer com os alunos e que resultados se poderiam obter de modo a apoiar a exploração do conceito de proporcionalidade direta. Fiz algumas pesquisas e comecei a perceber que o processo de filtração do sangue não era diretamente proporcional como se conjecturava [...] insisti [...] em colocar [a atividade] em prática como se fossem alunos (SL1, R).

#### *Condições organizacionais e gestão do tempo*

Na escola L emergiram ainda desafios de natureza organizacional. A necessidade de conciliar horários e disponibilidades levou a que as sessões de planificação se realizassem em blocos de 1h30, o que foi considerado insuficiente face à complexidade das decisões a tomar. A fragmentação do trabalho e a limitação temporal interromperam raciocínios e dificultaram o aprofundamento da discussão entre participantes: “O facto de as reuniões de trabalho serem de 1h30 e não de 3h, por exemplo, quebrou raciocínios e momentos de discussão que deveriam de ter sido mais prolongados.” (SL1, R).

#### *Participação das estagiárias no processo de planeamento*

O EA foi vivido como trabalho colaborativo que espelha a natureza da profissão docente e sustenta qualidade nas tarefas interdisciplinares. Contudo, a distribuição de papéis e o grau de participação das estagiárias no grupo revelou-se um desafio adicional. As professoras cooperantes assumiram frequentemente um papel predominante, o que limitou a autonomia e o envolvimento das estagiárias na etapa de planeamento das atividades. Essa percepção foi partilhada por diferentes

participantes. Uma cooperante da Escola S referiu que “nós é que o estávamos a fazer, e elas só estavam a acompanhar” (CS3, E), observação corroborada por uma supervisora da mesma escola: “Verificou-se uma elevada participação das cooperantes [...] o que acabou por provocar uma menor participação das estagiárias” (SS2, R).

### **Desafios ao nível da implementação de atividades interdisciplinares**

#### *Tempo e condições para a execução*

Na passagem da intenção à prática, o grau de interdisciplinaridade alcançado variou entre contextos, mas em ambos se destacou a morosidade e as limitações temporais. A decisão de realizar a aula de investigação em dois tempos consecutivos, embora vantajosa para o desenvolvimento da atividade, levantou questões quanto à sua replicabilidade em contextos reais de ensino. Como referiu um dos supervisores da Escola L:

Outro fator foi a mudança da aula de investigação de um período normal de aulas para dois tempos consecutivos. Sendo bom para a aula de investigação parece-me menos bom para avaliar a replicação deste processo. (...) O tempo. A decisão de fazer a Aula de Investigação em 2 tempos consecutivos mostrou muito boa vontade e disponibilidade das cooperantes, mas mostrou que lutávamos contra um fator muito difícil de contornar se queremos trabalhar a interdisciplinaridade com 1 ciclo investigativo de EA. Foi aliás o tempo de destilação inesperadamente imprevisto que levou a que a Matemática não fosse devidamente trabalhada. (SL2, R)

#### *Equilíbrio entre áreas disciplinares*

Na Escola L, a concretização da tarefa ficou aquém das expectativas iniciais, uma vez que a Matemática acabou por assumir um papel instrumental face às Ciências Naturais. A ideia de proporcionalidade, prevista como conceito central, não ganhou a visibilidade conceptual desejada na discussão final. Como sintetizou uma das cooperantes, “acabámos por ficar [...] com uma atividade de Ciências em que a Matemática ajudou a alcançar os objetivos” (CL1, E).

Na Escola S, a integração foi mais equilibrada, embora tenham surgido momentos em que os cálculos matemáticos ganharam protagonismo, exigindo um esforço consciente para recentrar o foco nas Ciências Naturais (forma e função das hemácias) para não se perder onexo científico da tarefa: “a Matemática acabou por sobressair um pouco mais devido aos cálculos que tinham de realizar e [houve] necessidade de relembrar os alunos que estávamos a focar [...] nas hemácias e que o sólido representava as hemácias” (ES1, E).

#### *Incidentes microdidáticos*

Parte do desvio entre o planeado e o implementado, na Escola L, resultou de incidentes microdidáticos que alteram o desenrolar da aula. A leitura antecipada do protocolo por um aluno, que virou a página antes do tempo, e a exposição

precoce de resultados no quadro anularam momentos de previsão pensados para desencadear raciocínios e a atribuição de funções aos materiais de laboratórios. Como registou uma das estagiárias: “Como os dados já se encontravam visíveis no quadro, a atividade de antecipação perdeu o seu potencial pedagógico” (EL1, R).

#### *Condições logísticas e gestão da aula*

Na Escola S surgiram ainda desafios de natureza logística e pedagógica. Problemas técnicos, como a impossibilidade de apresentar um vídeo previsto, comprometeram a fluidez da sequência, como referiu uma das cooperantes: “Depois foi os problemas técnicos que poderiam não ter surgido e se calhar havia coisas que eles poderiam ter passado, como o vídeo que ajudaria depois.” (CS2, E). A gestão simultânea de vários grupos de trabalho através do questionamento, sem “dar a resposta”, foi igualmente sentida como exigente, sobretudo quando realizada por uma única docente. A presença de várias professoras e estagiárias mitigou, mas não anulou, a pressão: “só para uma pessoa aplicar uma atividade daquelas [...] seria uma grande dificuldade” (EL2, E).

### **CONCLUSÕES**

Os resultados mostram que a integração efetiva entre Ciências Naturais e Matemática depende de decisões tomadas logo na planificação. Escolher um par de conteúdos coerente e exequível é determinante para que a interdisciplinaridade se mantenha visível na aula (Johnson & Czerniak, 2023). Tal como no estudo de Tytler (2021), o desenho interdisciplinar realizou-se a partir dos tópicos das Ciências Naturais, incorporando depois os conceitos matemáticos que pudessem informar e aprofundar as Ciências Naturais. Quando o conceito matemático essencial para estabelecer a articulação entre as áreas não é previamente trabalhado ou consolidado com a turma, como aconteceu com a proporcionalidade direta na Escola L, a componente matemática tende a assumir um papel sobretudo instrumental, perdendo densidade conceptual na discussão final. Ensaiai previamente a tarefa, em modo aluno, por parte dos professores, permitiu testar a solidez da articulação e afinar aspetos logísticos, reduzindo o risco de a Matemática servir apenas para “fazer contas”.

A qualidade do desenho interdisciplinar foi potenciada pelo ambiente colaborativo das sessões dos EA (Fujii, 2014; Pombo et al., 1993; Ríordáin et al., 2016), revelando-se também sensível às condições de trabalho. Blocos de planificação do EA curtos e fragmentados dificultam raciocínios prolongados e atrasam decisões finais. Tal como sustentado por Ríordáin et al. (2016), será importante garantir tempos comuns de trabalho para os professores planificarem em conjunto e discutirem as aprendizagens dos alunos. A distribuição de participação nas equipas deve garantir a agência das estagiárias desde o início, sob pena de a autoria ficar concentrada nas cooperantes e se perder potencial formativo para as futuras professoras. Em sala, pequenos episódios têm grande impacto na aprendizagem. A leitura antecipada do protocolo e a colocação precoce de dados no quadro anulam momentos de previsão que alimentam o ciclo previsão, teste e discussão. A entrega faseada de materiais e resultados preserva essa sequência e sustenta e incentiva o raciocínio dos alunos.

As condições logísticas e a condução didática da aula influenciam o equilíbrio entre áreas. Os EA evidenciaram o risco de os cálculos ocuparem o centro da aula e o fenómeno científico se diluir. Esta tensão ficou patente nas diferenças entre contextos. Na Escola L, a Matemática foi sobretudo instrumento para atingir objetivos de Ciências Naturais. Na Escola S, a integração manteve-se elevada, apesar de existirem momentos em que os cálculos ganharam protagonismo e foi necessário recentrar nas hemácias, na relação entre a forma bicôncava e a eficiência das trocas gasosas, para não perder o nexo científico.

A comparação entre os dois contextos ilustra estas condições em ação. Na Escola L, a ausência de consolidação prévia da proporcionalidade direta levou a que a Matemática assumisse um papel instrumental, resultando numa “atividade de Ciências em que a Matemática ajudou a alcançar os objetivos” (CL1, E). Por contraste, na Escola S, onde a relação superfície/volume foi mobilizada como conceito articulador, a integração manteve-se mais equilibrada, ainda que tenha sido necessário “relembrar os alunos que estávamos a focar [...] nas hemácias” (ES1, E) para preservar o nexo científico. As diferenças entre sessões do EA de três horas (Escola S) e sessões fragmentadas de uma hora e meia (Escola L) e entre a entrega faseada de materiais e a exposição precoce de dados no quadro tiveram impacto direto na qualidade da interdisciplinaridade alcançada.

Em síntese, a análise dos dois EA permite identificar as condições que sustentam a interdisciplinaridade efetiva entre Ciências Naturais e Matemática. A preparação conceptual prévia do conceito-ponte (o tópico que fundamenta a articulação), revelou-se determinante: o contraste entre a proporcionalidade direta não consolidada na Escola L e a relação superfície/volume trabalhada na Escola S mostra que, sem essa base, a Matemática assume papel meramente instrumental. As tarefas devem convocar a matemática como linguagem de modelação (Tytler et al., 2021) e não apenas de cálculo, tal como exemplificado pelo uso de paralelepípedos para explicar a eficiência das trocas gasosas na Escola S. Os tempos de planificação também se mostraram decisivos: a fragmentação das sessões em blocos de uma hora e meia na Escola L, comparada com sessões de três horas na Escola S, condicionou a profundidade das decisões didáticas. Por fim, a gestão cuidada de recursos e papéis, desde a distribuição equitativa de agência no planeamento até à entrega faseada de materiais em sala, influenciou diretamente a qualidade da integração. Nestas condições, como se verificou de forma mais consistente na Escola S, a Matemática explica e enriquece as Ciências Naturais, e as aprendizagens ganham profundidade e transferibilidade para além do caso observado.

## **AGRADECIMENTOS**

Este estudo foi apoiado pela Escola Superior de Educação de Lisboa, através do Projeto InterMatCN - Estudos de Aula interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais na formação inicial de professores (Projeto ESELX/IPL-CIED/PICA/2023/A04).

## REFERÊNCIAS

- An, S. A. (2017). Preservice teachers' knowledge of interdisciplinary pedagogy: the case of elementary mathematics–science integrated lessons. *ZDM - Mathematics Education*, 49(2), 237–248. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0821-9>
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Fernandez, C. (2002). Learning from Japanese approaches to professional development: The case of lesson study. *Journal of Teacher Education*, 53(5), 393–405. <https://doi.org/10.1177/002248702237394>
- Fujii, T. (2014). Implementing Japanese Lesson Study in Foreign Countries : Misconceptions Revealed. *The Mathematics Teacher Education and Development Journal*, 16(1), 65–83. [file:///Users/akiko/Desktop/Murata\\_2014\\_LessonStudy.pdf](file:///Users/akiko/Desktop/Murata_2014_LessonStudy.pdf)
- Fujii, T. (2018). Lesson study and teaching mathematics through problem solving: The two wheels of a cart. In M. Quaresma, C. Winsløw, S. Clivaz, J. P. Ponte, N. Shuilleabhain, & A. Takahashi (Eds), *Mathematics Lesson Study Around the World* (pp. 1-21). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75696-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75696-7_1)
- Hesse-Biber, S. N., & Leavy, P. (2011). *The practice of qualitative research* (2nd ed.). Sage.
- Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2023). Interdisciplinary Approaches an Integrated STEM in Science Teaching. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education: Volume III* (Vol. 3, pp. 559–585). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>
- Lewis, C., Perry, R., & Murata, A. (2006). How Should Research Contribute to Instructional Improvement? The Case of Lesson Study. *Educational Researcher*, 35(3), 3–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X035003003>
- Murata, A., Bofferding, L., Pothen, B. E., Taylor, M. W., & Wischnia, S. (2012). Making connections among student learning, content, and teaching: Teacher talk paths in elementary mathematics lesson study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(5), 616–650. <https://doi.org/10.5951/jresemathe-duc.43.5.0616>
- OCDE. (2019). Knowledge for 2030: *Concept note*. [www.oecd.org/education/2030-project](http://www.oecd.org/education/2030-project)
- Pombo, O., Levy, T., & Guimarães, H. (1993). *A interdisciplinaridade: Reflexão e Experiência*. Texto.

Ríordáin, M. N., Johnston, J., & Walshe, G. (2016). Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233–255. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1078001>

Tytler, R., Mulligan, J., Prain, V., White, P., Xu, L., Kirk, M., Nielsen, C., & Speldewinde, C. (2021). An interdisciplinary approach to primary school mathematics and science learning. *International Journal of Science Education*, 43, 1926–1949. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1946727>

