



Artigo

O Conhecimento Pedagógico de Conteúdo Interdisciplinar de Futuros Professores de Matemática e Ciências Naturais

Margarida Rodrigues

Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Educação,
Ci&DEI
margaridar@eselx.ipl.pt | ORCID 0000-0003-4658-6281

Sílvia Ferreira

Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Educação, e
UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa
silvia.ferreira@ese.ips.pt | ORCID 0000-0003-0646-1601

Paulo Maurício

Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Educação,
Ci&DEI
paulom@eselx.ipl.pt | ORCID 0000-0003-3321-9108

Fátima Mendes

Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Educação,
and CIEQV, Centro de Investigação em Qualidade de Vida
fatima.mendes@ese.ips.pt | ORCID 0000-0002-7112-9034



Resumo

Os futuros professores, no contexto da sua formação inicial, devem ser capazes de articular os conteúdos de diferentes disciplinas e de concretizar essa relação quando planificam atividades de ensino e aprendizagem. No entanto, a promoção de abordagens interdisciplinares é complexa, ocorrendo em diferentes níveis de integração curricular. Este estudo visa caracterizar o conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar em Matemática e Ciências Naturais de 27 futuros professores, de mestrados profissionalizantes de duas instituições do ensino superior português. Os dados foram recolhidos através de um questionário com questões abertas. Os resultados evidenciam aspectos comuns no conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar dos estudantes das duas instituições, nomeadamente os temas das Ciências Naturais servirem de contexto no qual se desenvolvem as atividades interdisciplinares, a predominância do uso de conteúdos relacionados com o tema Dados da disciplina de Matemática, e a mobilização dos mesmos métodos pedagógicos dos que se preconizam para as atividades disciplinares. Quanto aos aspectos divergentes, verifica-se alguma fragilidade no conhecimento curricular nalguns estudantes de uma das instituições, sendo que nessa instituição existe a integração das duas áreas disciplinares nas atividades propostas pela maioria dos estudantes, enquanto na outra instituição, predomina a área de Ciências Naturais na maior parte das respostas. Estes resultados apontam para a importância de se promoverem experiências interdisciplinares, na formação de futuros professores, de modo a adotarem estratégias interdisciplinares eficazes no contexto do ensino básico.

Palavras-chave: Integração curricular; Formação inicial de professores; Conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar; Ciências Naturais; Matemática.

Abstract

Pre-service teachers, within the context of their initial training, should be capable of articulating the content of different subjects and applying this relationship when planning teaching and learning activities. However, promoting interdisciplinary approaches is complex, as it can occur at varying levels of curricular integration. This study aims to characterise the interdisciplinary pedagogical content knowledge in Mathematics and Natural Sciences of 27 pre-service teachers enrolled in professional master's programmes at two Portuguese higher education institutions. The data were collected through a questionnaire with open-ended questions. The results show common aspects of the students' interdisciplinary pedagogical content knowledge in both institutions, particularly the use of Natural Sciences themes as a context for developing interdisciplinary activities, the predominance of content related to the mathematical theme Data, and the application of the same pedagogical methods advocated for disciplinary activities. Regarding divergent aspects, there is evidence of some



fragility in curricular knowledge among certain students from one institution. Additionally, in this institution, the integration of both disciplinary areas is prevalent in most students' proposed activities, whereas in the other institution, Natural Sciences dominate in the majority of responses. These results highlight the importance of promoting interdisciplinary experiences in the training of future teachers, so that they can adopt effective interdisciplinary strategies in the context of basic education.

Keywords: Curricular integration; Initial teacher education; Interdisciplinary pedagogical content knowledge; Natural Sciences; Mathematics.

Introdução

Uma abordagem interdisciplinar incentiva uma compreensão mais profunda ao longo do tempo, inter-relacionando diferentes tópicos ou disciplinas (OCDE, 2019) e, por isso, é importante que seja promovida na educação em matemática e ciências e na formação de professores (Ríordán et al., 2016). Esta interdisciplinaridade implica um planeamento cuidadoso de como, quando e quais os tópicos de cada disciplina a serem explorados, para promover ligações relevantes entre eles. O racional para a promoção do ensino interdisciplinar compreende a perspetiva de que um ensino holístico é mais apropriado para uma visão mais global do mundo, prepara melhor os alunos para os desafios deste século, melhora as capacidades de resolução de problemas e é suscetível de incentivar a colaboração entre professores (Drake & Reid, 2018). Ao contrário de outras propostas pedagógicas, a procura da interdisciplinaridade surge no seio da própria atividade de ensino e aprendizagem, da prática docente (Pombo et al., 1993). Ademais, a interdisciplinaridade implica, como referem os autores, “alguma reorganização do processo de ensino/aprendizagem” pressupondo, na pluridocência, “um trabalho continuado de cooperação dos professores envolvidos” (Pombo et al., 1993, p. 13). Esta realidade exige uma investigação das condições que a possibilitam e facilitam bem como dos fatores de bloqueio.

De facto, a implementação da interdisciplinaridade nas escolas enfrenta problemas de diferentes tipos (e.g., Johnson & Czerniak, 2023). O trabalho interdisciplinar entre Ciências 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 caracterizar o IPCK em Matemática e Ciências de futuros professores, de mestrados profissionalizantes em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB, de duas instituições do ensino superior português (IES). O estudo faz parte de um projeto mais amplo que pretende compreender as dinâmicas de implementação, por futuros professores, de atividades interdisciplinares em Matemática e Ciências Naturais, no contexto de Estudos de Aula. Numa fase inicial deste projeto, pretende-se caracterizar o IPCK antes da implementação do estudo de aula.

Enquadramento Teórico

Interdisciplinaridade

O ensino integrado entre Matemática e Ciências, objetivo que acompanhou as áreas da educação em ciências e em matemática por todo o século XX, é também um objetivo das políticas educativas que se ampliou nos anos 90 e conheceu uma nova forma e ímpeto através da abordagem STEM (Berlin & White, 1992; Czerniak et al., 1999; Hurley, 2001; Lehman & McDonald, 1988; Venville et al., 2002). Também as competências essenciais a desenvolver para um ensino no século XXI (Cachapuz et al., 2004; Sá & Paixão, 2015) traduzem-se num motor adicional promotor da interdisciplinaridade. De facto, várias áreas do saber concorrem para o desenvolvimento dessas competências, sendo assim um argumento conceptual adicional a favor da interdisciplinaridade.

O ensino integrado, que está na base do conceito de interdisciplinaridade, é conceptualizado por autores diversos de modo distinto (Czerniak et al., 1999a; Gresnigt et al., 2014). Por exemplo, Berlin e White (1992), reportando o resultado da discussão que ocorreu na Conferência National Science Foundation/ Scholl Science and Mathematics Association de Wingspread, avançam que um dos grupos de trabalho definiu integração como a “infusão de métodos de matemática em ciência e de métodos de ciência em matemática, de tal modo que se torna indistinguível se se trata de matemática ou de ciência” (p. 341). Outro grupo, ainda na mesma conferência, defendeu que integração seria o processo de combinação (*blending*) dos aspectos quantitativos da matemática com



um contexto oriundo da ciência. Neste esforço de procurar definir a integração entre Matemática e Ciências, vários participantes no encontro alertaram para os problemas associados a esse processo relativamente à possível perda de importantes diferenças filosóficas, metodológicas e históricas entre os dois campos disciplinares (Berlin & White, 1992).

Gresnigt et al. (2014) conceptualizaram graus de integração curricular como estando compreendidos entre dois extremos, a saber, um currículo fragmentado, em que todas as disciplinas ou conteúdos são ensinados separadamente, e uma integração transdisciplinar, em que o currículo se sobrepõe às disciplinas individuais e centra-se no domínio do conhecimento tal como exemplificado no mundo real. Nesta abordagem, os autores consideram a integração interdisciplinar como o segundo nível mais elevado, no qual os conteúdos são destacados em toda a área temática e não no interior das disciplinas. Outros autores (e.g., Lederman & Lederman, 2013) usam indistintamente os termos ensino interdisciplinar ou integrado, que corresponderá à nossa abordagem.

Johnson e Czerniak (2023), sumariando as vantagens reportadas na literatura sobre o ensino STEM – considerando a integração de pelo menos duas áreas STEM e, portanto, não restrito a Matemática e Ciências -, sustentam que a integração ajuda os alunos a verem relevância no ensino para as suas vidas, e fomenta nestes um crescente interesse em ciência e um aumento na sua motivação. Outros ganhos reportados de um ensino interdisciplinar referem-se ao desenvolvimento de processos científicos, de capacidades de pesquisa e de capacidades de pensamento de nível superior. Também os resultados académicos parecem ser melhores num ensino integrado, no entanto os dados empíricos são pouco consistentes quanto ao sucesso da integração (Lederman & Lederman, 2013).

No que diz respeito especificamente à Matemática, a investigação também não apresenta resultados inequívocos (Johnson & Czerniak, 2023). Enquanto Acar et al. (2018) evidenciam ganhos estatisticamente significativos nos conhecimentos de Matemática para alunos do 4.º ano de escolaridade, outros estudos, como o desenvolvido por Guzey et al. (2016) com alunos do 7.º ano, não revelam esses ganhos. Já os estudos empíricos sobre integração entre Matemática e Ciências são mais escassos (Czerniak et al., 1999). Langlois et al. (2023) mostram um aumento da autoeficácia dos alunos, tanto em relação à Matemática como às Ciências, em resultado de um



ensino integrado das duas áreas. De facto, é necessário olhar com alguma cautela para afirmações demasiado otimistas sobre os resultados da integração disciplinar (Lederman & Lederman, 2013). Por um lado, muita da investigação reportando benefícios, além de incluir mais do que Matemática e Ciências, é constituída por relatos autoreportados (Czerniak et al., 1999; Lima & Ramos, 2017) e, por outro lado, o facto do ensino permanecer essencialmente disciplinar (Venville et al., 2002) apesar de longos anos de apelo à integração, indica a presença de problemas que deverão ser trabalhados.

Um elemento-chave para a integração será a avaliação do nível de integração. Com esse objetivo, Cavadas et al. (2022), trabalhando sobre o modelo de integração contínua de Huntley (1998), conceberam um modelo de avaliação de trabalho interdisciplinar desenvolvido por professores em formação inicial, que será usado no presente trabalho. É um modelo contínuo de três níveis onde o primeiro nível indica ausência de integração, com as disciplinas a serem trabalhadas de modo isolado. O segundo nível indica uma integração parcial em que predomina uma das disciplinas, Matemática ou Ciências, mas a outra está também presente ainda que desempenhe um papel auxiliar. O terceiro nível refere-se a uma integração completa entre as duas disciplinas, com o estabelecimento de relações significativas entre Matemática e Ciências.

Conhecimento pedagógico de conteúdo interdisciplinar

A falta de uma adequada formação de professores para a implementação de um ensino e aprendizagem interdisciplinar é um problema identificado (Johnson & Czerniak, 2023; Ríordáin et al., 2016; Weinberg & McMeeking, 2017). De facto, a interdisciplinaridade exige um conhecimento de conteúdo e um PCK de cada uma das áreas disciplinares que sejam o foco do ensino e aprendizagem interdisciplinar (An, 2017).

O PCK, introduzido por Shulman (1986, 1987), como uma componente essencial do conhecimento base do professor, representa a capacidade do professor de transformar o conhecimento académico em formas adequadas à compreensão dos alunos (Park & Oliver, 2008). Considerado como um aspeto essencial da profissão docente (Anderson & Taner, 2023), o seu desenvolvimento durante a formação inicial é objeto de investigação crescente (Berry et al., 2016; Nilsson & Loughran, 2012). A investigação teórica e empírica, entretanto, desenvolvida (e.g.,

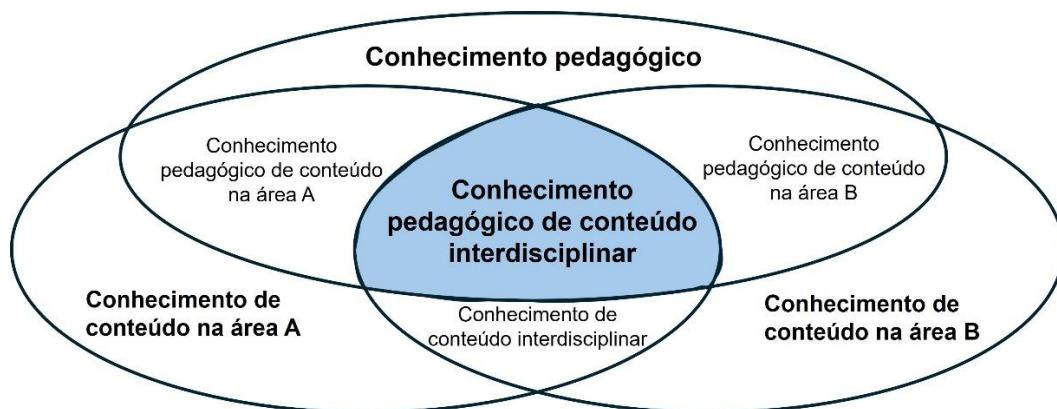


Friedrichsen et al., 2011; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Loughran et al., 2012; Magnusson et al., 1999; Marks, 1990), procurou estabelecer as componentes desse conhecimento e as suas interrelações, resultando numa proliferação de designações e modelos (Abell, 2008; Kind, 2009). Mais recentemente assistiu-se a um esforço de construção de um modelo consensual resultando no Modelo Consensual Refinado (RCM, na sigla em inglês) (Berry et al., 2015; Hume et al., 2019). Um aspecto central deste modelo é a identificação de três domínios do PCK, designadamente, um PCK coletivo, pessoal e em ação, descrevendo, respetivamente, o conhecimento docente especializado detido pela comunidade de professores e educadores numa área, o conhecimento pessoal de um professor e, finalmente o conhecimento que um professor utiliza no planeamento, no ensino e na reflexão sobre uma aula (Carlson & Daehler, 2019). O RCM do PCK comprehende cinco componentes, a saber, conhecimento curricular, conhecimento de estratégias de ensino, conhecimento dos alunos, conhecimento de avaliação e conhecimento pedagógico. O caráter essencialmente dinâmico do PCK, onde este é influenciado tanto pelo conhecimento na ação bem como pelo conhecimento sobre a ação é outra característica do PCK agora reconhecida e que não estava presente na conceptualização inicial (Park & Oliver, 2008).

A procura dos aspectos facilitadores de um ensino interdisciplinar levou à extensão do construto PCK a duas ou mais áreas disciplinares, o IPCK (An, 2017; Frías, 2022), colocando-o na interseção do PCK de cada uma das disciplinas (Figura 1).

Figura 1

Representação gráfica do IPCK (Adaptado de An, 2017, p. 239)





De acordo com An (2017) o IPCK consiste na capacidade de os professores:

(1) trabalharem com considerações interdisciplinares que incluem uma compreensão da representação de conceitos através de temas que atravessam fronteiras disciplinares; (2) aplicarem métodos pedagógicos e atividades temáticas interdisciplinares, abordando simultaneamente áreas de conteúdo de múltiplas áreas disciplinares; (3) identificarem conexões dentro e entre áreas específicas do conhecimento, e desenvolverem aulas baseadas nessas conexões; e (4) aplicarem o conhecimento sobre como explorações interdisciplinares podem ser desenvolvidas como parte de um processo de ensino em que os alunos relacionam o conhecimento curricular existente, enquanto apresentam esse novo conhecimento através de contextos de múltiplas áreas disciplinares. (p. 239)

Metodologia

O estudo seguiu uma metodologia qualitativa enquanto abordagem que permitiu explorar e compreender o significado que os futuros professores atribuíam, numa fase inicial da investigação, às relações entre Matemática e Ciências Naturais. Neste sentido, os dados foram recolhidos no contexto dos participantes, a análise dos dados foi realizada de forma indutiva e os investigadores interpretaram o significado dos dados (Creswell & Creswell, 2018).

Participantes

Participaram no estudo 27 estudantes, futuros professores, do 2.º ano do Mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB de duas IES portuguesas (16 estudantes da IES1 e 11 estudantes da IES2), com idades compreendidas entre os 22 e 50 anos (a maioria com idades próximas a 22 anos), dos quais três são do sexo masculino.

Instrumento de recolha de dados

O questionário é constituído por quatro questões abertas, de modo a captar a especificidade da situação analisada neste estudo (Cohen et al., 2007; Creswell & Creswell, 2018). Os principais aspetos do IPCK dos futuros professores considerados na elaboração do questionário foram os seguintes, estando sobretudo relacionados com três das dimensões propostas por An (2017): (a) identificação de temas que estabeleçam a integração entre Matemática e Ciências Naturais; (b)



identificação de conteúdos destas áreas disciplinares suscetíveis de serem interligados; (c) natureza interdisciplinar das atividades, abordando simultaneamente áreas de conteúdo de Matemática e Ciências Naturais; e (d) metodologia de aula. Neste âmbito, as questões foram as seguintes:

Q1. Identifique uma temática que envolva Matemática e Ciências Naturais, que possa ser abordada de forma interdisciplinar no 2.º CEB.

Q2. Indique conteúdos de Matemática e Ciências Naturais que podem ser abordados de forma interdisciplinar no estudo da temática que identificou. Pode usar um esquema que explice as relações entre os conteúdos.

Q3. Dê exemplos de uma ou duas atividades interdisciplinares que usaria para trabalhar a temática, envolvendo o(s) conteúdo(s) atrás indicado(s) de ambas as disciplinas, explicitando as estratégias de ensino ou a abordagem metodológica que utilizaria, em sala de aula.

Q4. Se já planificou ou observou uma atividade interdisciplinar no âmbito de estágios anteriores ou até durante o seu percurso escolar, enquanto estudante, explice a atividade em causa, referindo a sua relevância.

O questionário foi aplicado no 1.º semestre de 2024/25, antes da implementação do estudo de aula, presencialmente em sala de aula, em formato digital, num documento Word, com uma duração de cerca de 30 minutos, após consentimento informado de todos os participantes. No final, os estudantes enviaram o documento ao docente responsável de cada instituição. Durante a aplicação do questionário, os estudantes tiveram a possibilidade de consultar os documentos orientadores das Aprendizagens Essenciais de cada área disciplinar do 2.º CEB (Canavarro et al., 2021a, 2021b; DGE, 2018a, 2018b).

Análise dos dados

A análise das respostas dos estudantes às quatro questões envolveu a análise de conteúdo, com a definição de categorias e subcategorias de análise para cada questão, que foram formadas indutivamente a partir dos dados que resultaram da aplicação inicial do questionário, por meio de um processo interativo. Deste modo, foram definidas categorias e subcategorias de análise de acordo com os diferentes significados presentes nas respostas dos estudantes a cada questão, que



foram consideradas como unidades de análise (Cohen et al., 2007). Nas Tabelas 1 a 4, que se apresentam nos resultados, estão evidenciadas as categorias e subcategorias das questões 1 a 4 do questionário, respetivamente.

Para a Questão 1, foram definidas as seguintes categorias de análise: predominância da área disciplinar; e natureza dos conteúdos. A Questão 2 incluiu duas categorias: diversidade de conteúdos; e natureza dos conteúdos. De modo a analisar a abrangência de respostas à Questão 3, foram definidas diversas categorias de análise, a saber: predominância da área disciplinar; adequação curricular ao 2.º CEB; coerência entre conteúdos e atividade; tipologia da atividade; organização do trabalho com os alunos; recursos didáticos; e produções previstas. No caso da Questão 4, foram criadas quatro categorias de análise: predominância da área disciplinar na atividade planificada; predominância da área disciplinar na atividade vivenciada; relevância da atividade; e justificação da relevância da atividade.

Tendo em consideração a globalidade das respostas ao questionário, pretendeu-se também analisar a conceção de interdisciplinaridade dos estudantes de interdisciplinaridade, considerando duas subcategorias: visão abrangente e visão limitada. A visão abrangente está relacionada com o nível de integração completa entre as duas disciplinas, com o estabelecimento de relações entre Matemática e Ciências, de acordo com o modelo de avaliação de trabalho interdisciplinar proposto por Cavadas et al. (2022). A visão limitada aproxima-se do nível de integração parcial desse modelo, em que predomina uma das disciplinas, Matemática ou Ciências, mas a outra está também presente ainda que desempenhe um papel auxiliar.

A categorização das respostas a cada uma das questões foi efetuada por quatro investigadores de cada uma das IES, familiarizados com o quadro teórico do estudo. Cada equipa analisou o conjunto de questionários dos estudantes da sua IES e foram realizadas duas reuniões conjuntas de discussão, por um lado, das categorias e subcategorias definidas e, por outro, da análise efetuada. Os investigadores discutiram as principais dúvidas na categorização dos dados e toda a análise foi revista.

Resultados

*Temáticas que podem ser abordadas de forma interdisciplinar*

Quando lhes foi pedido que identificassem uma temática que envolva Matemática e Ciências Naturais e que possa ser abordada de forma interdisciplinar no 2.º CEB (Q1), os estudantes de ambas as IES recorreram à consulta das Aprendizagens Essenciais respetivas (Canavarro et al., 2021a, 2021b; DGE, 2018a, 2018b) e deram respostas diversas, no que se refere à predominância da área disciplinar e à natureza dos conteúdos identificados (Tabela 1).

No que diz respeito à predominância das áreas disciplinares envolvidas, as respostas dos estudantes organizam-se em três tipos, tal como evidencia a Tabela 1. A análise dos dados mostra que mais de metade dos estudantes identifica, sobretudo, temáticas das Ciências Naturais como possíveis de serem abordados de forma interdisciplinar. São exemplos desta predominância, temáticas tais como a alimentação saudável, o crescimento das plantas, “a água, o ar, as rochas e o solo – materiais terrestres” (E2, IES1), e a biodiversidade. Uma percentagem considerável de estudantes (25% e 36%) tem a preocupação de apresentar, de modo equilibrado, conteúdos tanto de Ciências como de Matemática, na formulação da temática, tais como “dados e diversidade dos seres vivos” (E4, IES2), “análise e tratamento de dados de rótulos e ementas” (E16, IES1) ou “consumo de vegetais em diferentes animais: um estudo estatístico” (E7, IES2), sendo residual a percentagem de respostas em que predominam conteúdos de Matemática. Assim, os conteúdos de Ciências Naturais parecem, maioritariamente, enquadrar as temáticas, servindo de contexto às atividades interdisciplinares.

Relativamente à natureza dos conteúdos focados na temática que os estudantes consideram como podendo ser abordada interdisciplinarmente, as respostas variam entre focarem-se nos conhecimentos, ou em conhecimentos e processos (Tabela 1). A análise dos dados evidencia o foco em conteúdos associados aos conhecimentos na maior parte das respostas dos estudantes, tais como os relacionados com a organização e análise de dados, com a biodiversidade ou com o consumo e conservação da água, sendo de destacar não haver respostas centradas apenas em processos relacionados com as Ciências Naturais ou a Matemática, como seria expectável tendo em conta a natureza da questão.

**Tabela 1***Respostas dos estudantes à Questão 1*

Categorias de análise	Subcategorias	Frequências relativas (%)	
		IES1	IES2
Predominância da área disciplinar	Ciências Naturais	75%	55%
	Matemática	0%	9%
	Ambas as áreas	25%	36%
Natureza dos conteúdos	Foco nos conhecimentos	63%	73%
	Foco nos processos	0%	0%
	Conhecimentos e processos	37%	27%

Exemplos de respostas que referem, simultaneamente, conhecimentos e processos são os seguintes: “Consumo de vegetais em diferentes animais: um estudo estatístico” (E7, IES2), “O estudo dos ecossistemas e a recolha e análise de dados ambientais” (E4, IES1) ou “Transformar as percentagens de água própria para consumo e não própria para consumo da terra em frações e decimais utilizando applets” (E11, IES2).

Conteúdos da Matemática e das Ciências Naturais que podem ser abordados de forma interdisciplinar

As respostas dos estudantes à questão sobre os conteúdos das duas disciplinas referidas que podem ser abordados interdisciplinarmente no 2.º CEB (Q2) foram semelhantes entre as duas instituições, tanto no que se refere à diversidade dos conteúdos explicitados como relativamente à sua natureza (Tabela 2).

Relativamente à diversidade dos conteúdos há respostas dos estudantes que indicam uma elevada variedade de conteúdos, enquanto outras explicitam uma menor diversidade. A análise dos dados da Tabela 2 evidencia que a maior parte dos estudantes indica conteúdos pouco variados, em ambas as instituições. Há a referir que esta análise foi efetuada tanto para os conteúdos relativos à disciplina de Matemática como à disciplina de Ciências Naturais. Na maior parte dos casos, os



estudantes foram consistentes, ou seja, indicaram, por exemplo, elevada diversidade de conteúdos associados às duas disciplinas. Neste sentido, um dos estudantes indicou o seguinte:

Nas Ciências Naturais pode-se abordar a disponibilidade da água na Terra e o seu ciclo, as propriedades da água e a sua função nos seres vivos, a diferenciação de tipos de água além da importância da gestão sustentável e impacto do uso da água. Na Matemática, podem ser abordadas as unidades de medida, nomeadamente o volume, os dados com a construção de gráficos a partir da recolha de dados, o cálculo do consumo médio (operações) e a resolução de problemas envolvendo unidades de medida. (E6, IES2)

Esta resposta foi considerada na categoria “Elevada diversidade dos conteúdos”. Há a destacar, contudo, o caso de duas estudantes (uma da IES1 e outra da IES2) que indicaram grande diversidade de conteúdos de Matemática e pouca diversidade de conteúdos de Ciências Naturais, e ainda o caso de uma estudante da IES1 que apresentou grande diversidade de conteúdos de Ciências Naturais e pouca diversidade de conteúdos de Matemática, pelo que as suas respostas foram contabilizadas nas duas subcategorias.

Tabela 2

Respostas dos estudantes à Questão 2

Categorias de análise	Subcategorias	Frequências relativas (%)	
		IES1	IES2
Diversidade dos conteúdos*	Elevada	44%	45%
	Alguma	69%	64%
	Nenhuma	0%	0%
Natureza dos conteúdos*	Conhecimentos	94%	100%
	Atitudes ou Valores	6%	18%
	Capacidades ou Processos	63%	73%

Nota. *Nesta categoria, uma resposta pode ser enquadrada em mais do que uma subcategoria, por isso a soma das percentagens em cada IES não é 100%.



No que se refere à natureza dos conteúdos que podem ser trabalhados interdisciplinarmente, as respostas dos estudantes distribuem-se por conhecimentos, atitudes ou valores e capacidades ou processos (Tabela 2). É de salientar que houve respostas que explicitam conhecimentos e, ao mesmo tempo, capacidades ou processos, e atitudes ou valores, por exemplo. Por isso, esta subcategoria não é exclusiva. A análise realça ainda que praticamente todos os estudantes indicaram conhecimentos tanto da Matemática como das Ciências Naturais e que a maior parte também indicou capacidades ou processos, tais como “resolução de problemas envolvendo unidades de medida” (E6, IES2) ou interpretação de rótulos de alimentos. Os dados da Tabela 2 evidenciam, ainda, que uma reduzida percentagem de estudantes se referiu a atitudes ou valores tais como “Formular opiniões críticas sobre ações humanas que condicionam a biodiversidade e sobre a importância da sua preservação; valorizar as áreas protegidas e o seu papel na proteção da vida selvagem”, tal como citado das Aprendizagens Essenciais de Ciências Naturais do 5.º ano (DGE, 2018a) pelo estudante E3 da IES2. Além disso, as atitudes ou valores mencionados foram sempre relacionados com a disciplina de Ciências Naturais.

Atividades interdisciplinares e estratégias de ensino

A Questão 3 solicitava que os estudantes dessem exemplos de uma ou duas atividades interdisciplinares para trabalhar a temática, envolvendo os conteúdos indicados anteriormente, de ambas as disciplinas, explicitando as estratégias de ensino ou a abordagem metodológica a utilizar em sala de aula. A Tabela 3 apresenta a distribuição das respostas dos estudantes pelas diversas subcategorias de análise nas duas IES.

A grande maioria dos estudantes da IES1 (75%) apresenta atividades de natureza interdisciplinar, envolvendo a integração das duas áreas disciplinares, como por exemplo, recolha de folhas no exterior para as caracterizar e analisar a sua simetria, com identificação da espécie a que pertencem. Já na IES2, apenas 36% descreve uma atividade que integra de modo equilibrado as duas áreas disciplinares, enquanto mais de metade dos estudantes apresenta atividades em que predomina a área das Ciências Naturais. Um exemplo de atividade em que predomina a área de Ciências Naturais é a atividade de distinção da água própria e imprópria para consumo, através da explicitação pela docente das respetivas características, e posterior análise de amostras de águas,



incluindo a medição do pH (E14, IES1). Apenas uma das estudantes no total das duas IES apresenta um exemplo de atividade de recolha de dados para calcular médias, em que predomina a Matemática.

Tabela 3*Respostas dos estudantes à Questão 3*

Categorias de análise	Subcategorias	Frequências relativas (%)	
		IES1	IES2
Predominância da área disciplinar	Ciências Naturais	25%	55%
	Matemática	0%	9%
	Integração das duas áreas	75%	36%
Adequação curricular ao 2.º CEB	Total	88%	45%
	Parcial	12%	55%
	Nenhuma	0%	0%
Coerência entre conteúdos e atividade	Total	31%	36%
	Parcial por não explicitação	25%	0%
	Parcial por substituição/exclusão por falta de adequação	44%	64%
	Nenhuma	0%	0%



Categorias de análise	Subcategorias	Frequências relativas (%)	
		IES1	IES2
Tipologia*	Projeto	0%	9%
	Análise de uma notícia	0%	9%
	Análise de rótulos de alimentos	19%	0%
	Pesquisa documental	6%	27%
	Investigação	38%	0%
	Recolha e tratamento de dados	25%	73%
	Resolução de problemas	0%	9%
	Investigação experimental	6%	9%
	Atividade no exterior	25%	0%
	Modelação	13%	0%
Organização do trabalho com os alunos	Individual	0%	0%
	Em grupo	25%	18%
	Em grupo, com discussão em turma	25%	73%
Recursos didáticos	Não refere	50%	9%
	Ciências Naturais	6%	9%
	Matemática	0%	9%
Produções previstas	Ambas as áreas	50%	27%
	Não refere	44%	55%
	Ciências Naturais	0%	0%
	Matemática	0%	0%
	Ambas as áreas	88%	91%
	Não refere	12%	9%

Nota. *Nesta categoria, uma resposta pode ser enquadrada em mais de uma subcategoria, por isso a soma das percentagens não é 100%.



No que respeita à adequação ao currículo do 2.º CEB, em ambas as disciplinas, as respostas dos estudantes variam entre total ou parcial adequação, existindo alguma discrepância entre as respostas dos estudantes das duas instituições. Enquanto a quase totalidade dos estudantes da IES1 indicou temáticas envolvendo conteúdos presentes nos currículos de Ciências Naturais e de Matemática do 2.º CEB, no caso da IES2 mais de metade dos estudantes deu exemplos de atividades demasiado simplificadas, considerando o nível de escolaridade em causa, ou não explicita como é que a área de Ciências Naturais é concretizada, colocando em causa a adequação curricular da atividade. Por exemplo, são apresentadas atividades sobre as características dos animais ou sobre as interações dos animais com o meio ambiente que seriam mais adequadas para o 1.º CEB. Duas estudantes da IES1 colocaram o sistema solar como temática, que está presente no currículo do Estudo do Meio do 1.º CEB, mas não no currículo de Ciências Naturais do 2.º CEB, indicando conteúdos de Matemática do 2.º CEB, constituindo, assim, uma adequação parcial. Estas estudantes escolheram como unidade curricular opcional, do 1.º semestre do 2.º ano do curso, Universo e Matemática, o que pode explicar a sua propensão para abordar um tema relacionado com o universo.

Relativamente à coerência entre os conteúdos indicados e os envolvidos na atividade, relacionando as respostas à Questão 3 com as dadas anteriormente à Questão 2, as respostas variam entre coerência total ou parcial, sendo que neste último caso, as razões variam entre ausência de explicitação do conteúdo e exclusão ou substituição de conteúdos.

A Tabela 3 evidencia uma elevada distribuição das respostas, no caso da IES1, existindo uma percentagem reduzida de estudantes que apresentam uma coerência total entre os conteúdos indicados na Questão 2 e os mobilizados na atividade interdisciplinar, comparativamente com o total de respostas que evidenciam uma coerência parcial. Já no que se refere à IES2, as respostas distribuem-se entre coerência total e parcial por exclusão ou substituição, com maior percentagem de coerência parcial.

As respostas que apresentam uma coerência parcial por não explicitação, apenas identificadas na IES1, são os casos em que a atividade envolve determinados conteúdos, como sejam a proporcionalidade ou os dados (conteúdos de Matemática), e estes não são enunciados enquanto conteúdos. As respostas que mostram uma coerência parcial por exclusão são os casos



em que os estudantes enunciam conteúdos, como por exemplo a circunferência e o perímetro, da Matemática, ou a biodiversidade marinha, das Ciências Naturais, e estes não são abordados na atividade proposta. A coerência parcial por substituição corresponde aos casos em que os estudantes enunciam conteúdos na Questão 2, como por exemplo áreas, perímetros, diferença entre círculo e circunferência, da Matemática, que não são abordados na atividade, sendo substituídos por outros conteúdos que são referidos na Questão 3, junto da descrição da atividade, como por exemplo escalas.

No que concerne à tipologia de atividade proposta pelos estudantes, emergiu um número elevado de tipos diferentes de atividades, que são apresentados na Tabela 3. Uma vez que nesta questão os estudantes eram convidados a dar exemplos de uma ou duas atividades de natureza interdisciplinar, as subcategorias de análise não são exclusivas.

A análise da Tabela 3 evidencia uma grande dispersão de tipologias de atividades, sendo que parte delas estão presentes numa única resposta (6%, no caso da IES1 e 9%, no caso da IES2). Na tipologia de investigação, foram incluídas as atividades que contemplam as várias fases de uma investigação: problema, recolha de dados (primários ou secundários) e seu tratamento, conclusões e divulgação. Na tipologia de recolha e tratamento de dados, foram incluídas as atividades que se cingem apenas a esses processos, sem contemplar as restantes fases de uma investigação, como por exemplo a pesquisa e tratamento de dados sobre características de animais e habitat de diversos animais (E8, IES2). É de destacar que se situa nesta categoria a maior parte das respostas dadas pelos estudantes da IES2. Se atendermos ao facto de a tipologia de investigação incluir a recolha e tratamento de dados, verifica-se um total de 63% de respostas na IES1 que incluem processos de recolha e tratamento de dados nas atividades propostas. Um exemplo de resolução de problemas é a atividade de “calcular as calorias dos seus pratos de forma a conseguirem respeitar todas as regras dadas pelo professor, sendo o limite de calorias e as 5 refeições pedidas” (E2, IES2). Um exemplo de investigação experimental é a atividade de investigação da influência da variação da luz, temperatura e água no crescimento das plantas, em que as variáveis são sujeitas a um controlo experimental (E12, IES1). A atividade de construção de uma maquete do sistema solar é um exemplo de modelação.



Relativamente à organização do trabalho com os alunos, as respostas distribuem-se por uma diversidade de formas, desde o trabalho individual, ao trabalho em grupo, à organização da aula em momentos de trabalho de grupo e de discussão em turma, ou pela ausência de referência a este aspeto. Na IES1, metade dos estudantes não faz qualquer referência a como organizar os alunos na atividade interdisciplinar, enquanto apenas um estudante da IES2 não menciona esse aspeto. Entre os que referem, enunciam o trabalho de grupo como forma de organizar os alunos, sendo que num quarto das respostas da IES1 é referida a discussão em turma da atividade explorada anteriormente pelos alunos. Na IES2, a referência ao trabalho de grupo seguido de uma discussão com toda a turma é efetuada pela maior parte dos estudantes (73%). Em ambas as instituições, não há estudantes que mencionem a modalidade de trabalho individual.

Quanto aos recursos didáticos, as respostas distribuem-se entre recursos para Ciências Naturais, Matemática, ambas as áreas, ou ausência de referência a este aspeto. Quase metade, na IES1, ou mais de metade, na IES2, dos estudantes não faz qualquer referência à utilização de recursos didáticos. Entre os que referem, a maioria refere recursos para ambas as áreas, como por exemplo, os sensores (presentes na “medição dos níveis de oxigénio e dióxido de carbono do ar com utilização de instrumentos adequados em diferentes ambientes (escola, casa, espaço exterior, etc.)” (E11, IES1), rótulos de alimentos, um parque natural (visita de estudo em que os alunos recolhem dados sobre as espécies de plantas e animais observadas, com posterior tratamento e representação desses dados) (E4, IES1), “um pequeno questionário sobre o consumo de vegetais” (E7, IES2) ou uma notícia ou vídeo.

No que respeita às produções dos alunos previstas, as respostas distribuem-se entre produções de Ciências Naturais, de Matemática, de ambas as áreas, ou ausência de referência a este aspeto. Apenas uma percentagem muito reduzida de estudantes não refere produções previstas com a atividade interdisciplinar. Na medida em que a atividade foi pensada para ser interdisciplinar, as produções previstas concorrem para ambas as áreas. Exemplos dessas produções são tabelas nutricionais construídas pelos alunos, uma maquete do sistema solar, ou representações gráficas dos dados recolhidos e organizados, como sejam do consumo de água, ou de espécies de plantas e animais, ou ainda “um poster digital para efeitos de divulgação à restante



comunidade escolar e sociedade" (E7, IES2). É de destacar o facto de, em ambas as instituições, nenhuma das produções previstas servir única e exclusivamente uma área disciplinar

Atividades interdisciplinares planificadas ou vivenciadas

A Questão 4 solicitava que os estudantes explicitassem uma atividade interdisciplinar que tivesse sido planificada ou observada no âmbito de estágios anteriores, ou até durante o seu percurso escolar, enquanto estudante, e referissem a sua relevância. Nem todos os estudantes responderam a esta questão, sendo que responderam 81% dos estudantes da IES1 e 64% dos estudantes da IES2. Alguns estudantes, que não explicitaram atividades interdisciplinares, referiram nunca ter observado atividades desta natureza.

As atividades implementadas em estágios anteriores foram incluídas na categoria *Predominância da área disciplinar na atividade planificada*. Embora a questão referisse a atividade como podendo ter sido observada, a categoria de análise está formulada como atividade vivenciada pois os exemplos dados remetem para atividades que foram vivenciadas enquanto estudantes, participando das mesmas. Ainda assim, houve estudantes da IES2 que deram exemplos que vivenciaram tanto enquanto alunos como já no papel de estagiários. A distribuição das respostas dos estudantes pelas diversas subcategorias de análise é apresentada na Tabela 4, tendo sido considerado, para a determinação das percentagens em cada IES, o total de estudantes que responderam a esta questão.

No que respeita às atividades planificadas no âmbito de estágios, as respostas variam consoante a predominância da área disciplinar. A Tabela 4 evidencia que as Ciências Naturais predominam nas atividades planificadas, numa maior percentagem de respostas de IES1. Um exemplo de atividade com predominância das Ciências Naturais é o estudo populacional dos vários continentes (E5, IES1). Um exemplo em que predomina a Matemática é o seguinte: "podemos trabalhar bastantes conteúdos de matemática ao longo da atividade, como as medições de tempos e quantidades. Também podemos realizar atividades de ciências de cariz estatístico" (E4, IES2). A exploração do meio circundante à escola (Estudo do Meio), envolvendo a orientação espacial (Matemática) (E1, IES1) é um exemplo em que estão presentes ambas as áreas, sem



predominância de uma delas. Na IES1, uma estudante apresentou uma atividade em que predominava o português.

Tabela 4

Respostas dos estudantes à Questão 4 – atividades interdisciplinares planificadas ou vivenciadas

Categorias de análise	Subcategorias	Frequências relativas (%)	
		IES1	IES2
Predominância da área disciplinar na atividade planificada	Ciências Naturais	39%	14%
	Matemática	15%	29%
	Ambas as áreas	23%	29%
	Predomina outra área disciplinar	8%	29%
Predominância da área disciplinar na atividade vivenciada	Ciências Naturais	0%	0%
	Matemática	0%	0%
	Ambas as áreas	15%	14%
Relevância da atividade	É relevante	69%	14%
	Pouco relevante	31%	43%
	Não é relevante	0%	43%
Justificação da relevância da atividade	Justifica	31%	14%
	Não fundamenta	69%	86%

Relativamente à predominância da área disciplinar da atividade vivenciada enquanto estudante durante o percurso escolar, as respostas foram também subcategorizadas em três tipos, tal como evidencia a Tabela 4. Um exemplo de atividade com integração das Ciências Naturais e Matemática foi vivenciada no ensino superior, no 1.º ano do curso da IES1, e consistiu na construção, em grupo, de um hotel de insetos, em que foram abordados os sólidos geométricos, as escalas, os insetos e os seus habitats.



Considerando que os estudantes atribuíram relevância às atividades que explicitaram, a variação de relevância foi atribuída pela equipa de investigadores. A análise da Tabela 4 evidencia que, na IES1, a maioria das atividades explicitadas são relevantes, como sejam, o estudo populacional dos vários continentes, interligando a Matemática e o Estudo do Meio. No caso da IES2, os exemplos apresentados distribuem-se pelas três subcategorias. Um exemplo de atividade que considerámos pouco relevante foi a saída de campo para observar e contar o número de seres vivos em função da humidade, em vários locais (E9, IES1), pois embora seja relevante do ponto de vista das Ciências Naturais, a atividade evidencia pouca interdisciplinaridade. No mesmo sentido, também considerámos como pouco relevante o seguinte exemplo: “intercalamos a matemática com o estudo do meio, mais especificamente numa atividade sobre as votações durante o 25 de abril, onde realizámos uma votação, depois a contagem dos votos e a organização dos dados.” (E11, IES2).

No que respeita à justificação da relevância da atividade, apresentada pelos estudantes, as respostas variam entre a apresentação de uma justificação e a ausência da fundamentação dessa relevância. A maioria dos estudantes que explicitam atividades interdisciplinares planificadas ou vivenciadas não fundamenta a relevância dessas atividades. Passamos a apresentar excertos de algumas das justificações dos estudantes: “proporcionam uma aprendizagem significativa e as crianças adquirem consciência que os conteúdos das várias áreas se relacionam entre si” (E5, IES1); “exponenciando potencialmente o seu interesse no tópico e motivação para aprender” (E7, IES1); “Através de um exemplo concreto, da recolha de dados e da sua análise dos mesmos, os alunos compreenderam melhor os conteúdos. A análise dos dados proporcionou um desenvolvimento do espírito crítico face a um problema ambiental real” (E4, IES1) ou “pretendeu que as mesmas tomassem conhecimento da variedade de animais existentes no planeta e também poderem consolidar as transformações das medidas de comprimento” (E2, IES2).

Conceções dos estudantes sobre interdisciplinaridade

Analizando a globalidade das respostas ao questionário, foi possível evidenciar dois tipos de conceções de interdisciplinaridade, uma visão abrangente e uma visão limitada, tal como é apresentado na Tabela 5. No entanto, esta análise terá um maior aprofundamento nas próximas



etapas do projeto que incluirá o processo de desenvolvimento do estudo de aula, em particular, no âmbito da planificação e implementação da aula de investigação e a realização de entrevistas a alguns dos estudantes que responderam a este questionário.

Tabela 5*Conceções dos estudantes sobre interdisciplinaridade*

Categoria de análise	Subcategorias de análise			
	Visão abrangente		Visão limitada	
	IES1	IES2	IES1	IES2
Conceções sobre interdisciplinaridade	69%	36%	31%	64%

Na IES1, verifica-se a predominância de uma visão abrangente enquanto na IES2, predomina uma visão limitada de interdisciplinaridade, em que a Matemática é usada de forma utilitária ou instrumental para explorar as Ciências Naturais, que servem de contexto para os conteúdos de Matemática, aproximando-se do nível de integração parcial proposto por Cavadas et al. (2022). Por exemplo, na atividade proposta de uma saída de campo para observar e contar o número de seres vivos em função da humidade, em vários locais (E9, IES1), verifica-se uma utilização pobre da Matemática no contexto das Ciências Naturais, pelo que inferimos que a estudante tem uma visão limitada de interdisciplinaridade. Na subcategoria de visão abrangente de interdisciplinaridade, incluímos as respostas que evidenciam uma abordagem simultânea das duas áreas disciplinares, em que nenhuma das disciplinas é tratada como cenário, como acontece no caso da atividade experimental proposta em que os alunos, em grupo, recolhem e organizam dados sobre fatores abióticos e a sua influência no crescimento das plantas, e apresentam as conclusões à restante turma (E12, IES1).

Conclusão

Dando consecução ao objetivo de caracterização do IPCK de futuros professores de duas IES, antes da implementação do estudo de aula, as conclusões estão organizadas segundo os quatro



aspetos do IPCK que orientaram a elaboração do questionário e que se articulam com as dimensões preconizadas por An (2017): (i) identificação de temas que estabeleçam a integração entre Matemática e Ciências Naturais; (ii) identificação de conteúdos destas áreas disciplinares suscetíveis de serem interligados; (iii) natureza interdisciplinar das atividades, abordando simultaneamente áreas de conteúdo de Matemática e Ciências Naturais; e (iv) metodologia de aula.

No que respeita à identificação de temas que estabeleçam a integração entre Matemática e Ciências Naturais, estes estão associados maioritariamente às Ciências Naturais, e ligados sobretudo a conteúdos relativos a conhecimentos. Os temas das Ciências Naturais parecem oferecer um contexto no qual se desenvolvem as atividades interdisciplinares, o que está de acordo com uma das conceções de interdisciplinaridade defendida na conferência de Wingspread, segundo a qual a integração seria a combinação dos aspetos quantitativos da matemática com o contexto oferecido pela ciência (Berlin & White, 1992). Esta perspetiva dos estudantes também se relaciona com o segundo nível de integração proposto por Cavadas et al. (2022), que aponta para uma integração parcial em que predomina uma das disciplinas, neste caso de Ciências, e a outra disciplina, embora presente, desempenha um papel auxiliar.

Relativamente à identificação de conteúdos de Matemática e Ciências Naturais suscetíveis de serem interligados, a maioria dos estudantes apresenta alguma diversidade de conteúdos, parecendo corresponder especificamente ao tema proposto. Nesta listagem, já se verifica uma maior diversidade na natureza desses conteúdos, surgindo também conteúdos relativos a capacidades ou processos, e atitudes ou valores. No que diz respeito às relações entre os conceitos de Matemática e de Ciências Naturais, verifica-se uma predominância, nas duas IES, do uso de conteúdos relacionados com o tema Dados, de Matemática, quer nas atividades de investigação, quer nas atividades mais restritas de recolha e tratamento de dados, parecendo que a sua mobilização é facilitadora de uma atividade que interligue esta disciplina com outra área de conhecimento. Efetivamente, a estatística pressupõe uma ligação com contextos da realidade, sendo natural a relação com contextos das Ciências Naturais, em particular. Contudo a excessiva referência a conteúdos deste tema matemático pode indicar alguma dificuldade dos estudantes em relacionar outros conteúdos matemáticos com os conteúdos das Ciências. Esta dificuldade prende-se, provavelmente, com a necessidade de desenvolvimento do seu IPCK, mas também com a forma



como estão prescritos os currículos destas áreas disciplinares cuja organização, em separado, não está orientada para a explicitação de possíveis interligações entre os conteúdos de Matemática e de Ciências Naturais, nem evidencia conceitos que possam ser comuns, como é o caso da simetria.

Quanto à natureza interdisciplinar das atividades, abordando simultaneamente áreas de conteúdo de Matemática e de Ciências Naturais, os resultados, respeitantes à predominância da área disciplinar na atividade proposta, divergem nas duas IES. Enquanto na IES2, predomina a área de Ciências Naturais, na IES1, verifica-se uma integração das duas áreas, com uma abordagem simultânea e equilibrada. A disparidade de resultados pode advir de diferentes experiências prévias, nomeadamente em contexto de estágio, em anos anteriores. É de assinalar que a maioria das respostas apresenta previsão de produções de alunos que concorrem para ambas as áreas, o que é revelador da intencionalidade da natureza interdisciplinar da atividade proposta.

A maior parte dos estudantes da IES1 propôs temas, envolvendo conteúdos enquadrados curricularmente no 2.º CEB. Já no caso da IES2, a maioria propôs temas envolvendo conteúdos mais adequados ao 1.º CEB ou não explicitou a concretização da área de Ciências Naturais.

A maioria das respostas evidencia coerência parcial entre os conteúdos indicados e a atividade proposta, embora por diferentes motivos. Na IES1, 25% dos estudantes propuseram atividades envolvendo conceitos que não foram explicitados antes, denotando alguma fragilidade no conhecimento curricular. No entanto, sendo professores em formação inicial, esta fragilidade na componente de conhecimento curricular do PCK seria de esperar. Espera-se que este se desenvolva com ciclos de planificação, ensino e reflexão sobre o próprio ensino que, na formação inicial, estão apenas a ter início (Nilsson, 2008; Van Driel et al., 1998). A coerência parcial por exclusão ou substituição não decorre de fragilidades do conhecimento dos estudantes', mas sim de alguma falta de articulação entre as várias questões, sendo que na questão 3, os estudantes centraram-se na atividade, colocando nessa questão os conteúdos a ela inerentes, ou ignorando alguns dos propostos inicialmente.

As atividades propostas evidenciam uma grande diversidade de tipologias, muitas delas associadas a estratégias pedagógicas em que se prevê o envolvimento ativo dos alunos em processos pertinentes, do ponto de vista do desenvolvimento de capacidades transversais, como sejam a resolução de problemas, a investigação experimental, processos de investigação, e também



atividades de ligação com a realidade envolvente, como atividades no espaço exterior. Este resultado parece refletir o facto de as duas IES desenvolverem a formação inicial de professores num quadro teórico que favorece estas metodologias ativas (Friedrichsen et al., 2011), pelo que os futuros professores terão expectativas sobre o que os educadores esperam deles.

No que se refere à metodologia de aula, verifica-se que os estudantes mobilizam os mesmos métodos pedagógicos dos que se preconizam para as atividades disciplinares. Um número considerável de estudantes não refere recursos didáticos ou modo de organização dos alunos, até porque estes aspetos não eram solicitados explicitamente no questionário. Entre os que referem estas dimensões, verifica-se a incidência no trabalho de grupo, por parte da totalidade dos estudantes, o que evidencia o seu conhecimento das potencialidades associadas a esta forma de organizar os alunos, pela oportunidade de discussão de ideias entre eles, e de colaboração mútua na concretização das tarefas. Dado que a orientação para o ensino das Ciências e da Matemática interage com as outras componentes do PCK (Friedrichsen et al., 2011), adiantamos a hipótese de o ensino ativo se interligar com uma valorização de estratégias de ensino de tipo colaborativo. A referência ao momento de discussão das tarefas, em plenário de turma, surge com uma maior expressão (73%) na IES2, mostrando o conhecimento destes estudantes da importância da partilha das resoluções dos alunos e da sua discussão. A discussão assume uma especial relevância em atividades interdisciplinares pois é o momento em que o futuro professor pode incentivar o estabelecimento de conexões entre as várias ideias, em particular as conexões externas entre várias áreas disciplinares. Já no que respeita aos recursos didáticos referidos pelos estudantes, estes são, na sua maioria, recursos pertinentes para ambas as áreas, apoiando assim as atividades interdisciplinares propostas.

O facto de alguns estudantes não terem dado qualquer exemplo de atividade interdisciplinar planificada ou vivenciada, referindo não terem tido esse tipo de experiência anterior, pode indicar a reduzida disseminação deste tipo de prática letiva ou a menor importância atribuída pelos estudantes às experiências interdisciplinares vivenciadas na sua formação. Também nos interpela enquanto formadores para a importância de serem desenvolvidas, de forma mais consistente, atividades interdisciplinares no contexto da formação inicial, estabelecendo ligações entre diversas áreas disciplinares, nas diferentes unidades curriculares. Este tipo de experiências é fundamental



para capacitar os futuros professores a promoverem a interdisciplinaridade nos contextos educativos do ensino básico.

Embora poucos estudantes tenham fundamentado a relevância da atividade planificada ou vivenciada, as justificações apresentadas incluem aspectos importantes associados à interdisciplinaridade (Johnson & Czerniak, 2023), como sejam a significância reportada das aprendizagens, as relações entre conteúdos de várias áreas disciplinares estabelecidas pelos alunos, o aprofundamento da compreensão conceptual, o incremento do interesse e motivação dos alunos, e o desenvolvimento do espírito crítico face a problemas reais.

A análise global das respostas evidencia alguma disparidade de resultados, entre as duas IES, no que respeita à visão de interdisciplinaridade, tal como se verificara na predominância da área disciplinar na atividade proposta. Enquanto na IES1, a maioria dos estudantes apresenta uma visão abrangente, associada à integração das duas áreas, com uma abordagem simultânea e equilibrada, na IES2, predomina uma visão limitada de interdisciplinaridade com uma exploração sobretudo instrumental da Matemática na aprendizagem dos conceitos de Ciências Naturais. Entre os que apresentam uma visão abrangente de interdisciplinaridade, incluem-se estudantes que propõem processos investigativos na atividade proposta, vivenciaram atividades interdisciplinares no primeiro ano do curso e planificaram atividades em estágio, com integração das duas áreas. É também de assinalar que, no caso da IES1, a maioria desses estudantes argumentou sobre a relevância da atividade planificada ou vivenciada.

Na continuidade do estudo, será importante compreender o contributo do estudo de aula no IPCK dos futuros professores, nomeadamente no que respeita ao conhecimento de como estabelecer conexões entre as Ciências Naturais e a Matemática e de como levar os alunos a interligar o conhecimento destas áreas curriculares, no âmbito da planificação e implementação de atividades interdisciplinares. Esta investigação pode contribuir para o desenvolvimento de uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos facilitadores do desenvolvimento de atividades interdisciplinares de Matemática e Ciências Naturais por parte dos futuros professores.



Agradecimentos

Este artigo 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 Bibliográficas

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405–1416.
<https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Acar, D., Tertemiz, N., & Taşdemir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training teachers. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(4), 505–513.
<https://doi.org/10.26822/iejee.2018438141>
- 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>
- Anderson, J., & Taner, G. (2023). Building the expert teacher prototype: A metasummary of teacher expertise studies in primary and secondary education. *Educational Research Review*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100485>
- Berlin, D. F., & White, A. L. (1992). Report from the NSF/SSMA Wingspread Conference: A Network for Integrated Science and Mathematics Teaching and Learning. *School Science and Mathematics*, 92(6), 340–342. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1992.tb15602.x>
- Berry, A., Depaepe, F., & van Driel, J. (2016). Pedagogical Content Knowledge in Teacher Education. In *International Handbook of Teacher Education* (pp. 347–386). Springer Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_9
- Berry, A., Friedrichsen, P., & Loughran, J. (2015). *Re-Examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran, Eds.). Routledge.



- Cachapuz, A., Sá-Chaves, I., & Paixão, F. (2004). *Saberes Básicos de Todos os Cidadãos no Séc. XXI*. Conselho Nacional de Educação / Ministério da Educação.
- Canavarro, A. P., Mestre, C., Gomes D., Santos E., Santos, L., Brunheira, L., Vicente, M., Gouveia, M. J., Correia, P., Marques, P. M., Espadeiro, R. G. (2021a). *Aprendizagens Essenciais: 5.º ano, 2.º Ciclo do Ensino Básico de Matemática*. DGE-ME.
- Canavarro, A. P., Mestre, C., Gomes D., Santos E., Santos, L., Brunheira, L., Vicente, M., Gouveia, M. J., Correia, P., Marques, P. M., Espadeiro, R. G. (2021b). *Aprendizagens Essenciais: 6.º ano, 2.º Ciclo do Ensino Básico de Matemática*. DGE-ME.
- Carlson, J., & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77–94). Springer Nature Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Cavadas, B., Rézio, S., Nogueira, J. R., & Branco, N. (2022). A Framework and a Research Design Proposal to Identify Preservice Teachers' Integration Performance of Science and Mathematics. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22(1), 101–129.
<https://doi.org/10.1007/s42330-022-00198-2>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). Routledge.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Czerniak, C. M., Weber, W. B., Sandmann, A., & Ahern, J. (1999). A Literature Review of Science and Mathematics Integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421–430.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1999.tb17504.x>
- Direção-Geral da Educação. (2018a). *Aprendizagens Essenciais: 5.º ano, 2.º ciclo do ensino básico de Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.
- Direção-Geral da Educação. (2018b). *Aprendizagens Essenciais: 6.º ano, 2.º ciclo do ensino básico de Ciências Naturais*. Direção-Geral da Educação.
- Frías, A. E. (2022). *The Trajectory of Teacher Interdisciplinary Pedagogical Content Knowledge (IPCK) and the Patterns of Discourse that Contribute to IPCK in an Interdisciplinary Project Collaboration* [Doctoral dissertation]. San Diego State University.



- Friedrichsen, P., Driel, J. H. V., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358–376. <https://doi.org/10.1002/sce.20428>
- Gresnigt, R., Taconis, R., van Keulen, H., Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, 50(1), 47–84. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.877694>
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education*. Columbia University.
- Guzey, S. S., Moore, T. J., Harwell, M., & Moreno, M. (2016). STEM Integration in Middle School Life Science: Student Learning and Attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 550–560. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9612-x>
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11(3), 273–292. <https://doi.org/10.1080/13450600500105502>
- Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (2019). *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>
- Huntley, M. A. (1998). Design and Implementation of a Framework for Defining Integrated Mathematics and Science Education. *School Science and Mathematics*, 98(6), 320–327. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17427.x>
- Hurley, M. M. (2001). Reviewing Integrated Science and Mathematics: The Search for Evidence and Definitions from New Perspectives. *School Science and Mathematics*, 101(5), 259–268. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2001.tb18028.x>
- 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>
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>



- Langlois, S., Béchard, N., Poliquin, G., Cyr, S., & Potvin, P. (2023). Integrating Science and Mathematics in Elementary School: Impact on Selected Student Perceptual Variables. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22, 837-830. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10390-x>
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2013). Is it STEM or "S & M" that We Truly Love? *Journal of Science Teacher Education*, 24(8), 1237–1240. <https://doi.org/10.1007/s10972-013-9370-z>
- Lehman, J. R., & McDonald, J. L. (1988). Teachers' Perceptions of the Integration of Mathematics and Science. *School Science and Mathematics*, 88(8), 642–649. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1988.tb11868.x>
- Lima, V. M. do R., & Ramos, M. G. (2017). Percepções de interdisciplinaridade de professores de Ciências e Matemática: Um Exercício de Análise Textual Discursiva. *Revista Lusófona de Educação*, 36(36), 163–177. <https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle36.11>
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6091-821-6>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95–132). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Marks, R. (1990). Pedagogical Content Knowledge: From a Mathematical Case to a Modified Conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3–11. <https://doi.org/10.1177/002248719004100302>
- Nilsson, P., & Loughran, J. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699–721. <https://doi.org/10.1007/s10972-011-9239-y>
- Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (2019). *Knowledge for 2030*. OCDE. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/concept-notes/Knowledge_for_2030_concept_note.pdf



- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Pombo, O., Levy, T., & Guimarães, H. (1993). *A interdisciplinaridade: Reflexão e Experiência*. Texto.
- Ríordán, 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>
- Sá, P., & Paixão, F. (2016). Competências-chave para todos no séc. XXI: Orientações emergentes do contexto europeu. *Interacções*, 11(39), 243–254. <https://doi.org/10.25755/int.8735>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–21.
- St. Clair, B., & Hough, D. L. (1992, December). *Interdisciplinary teaching: A review of the literature* (ERIC Document Reproduction Service No. ED373056) (32 p.). Southwest Missouri State University, Department of Curriculum and Instruction.
- Venville, G. J., Wallace, J., Rennie, L. J., & Malone, J. A. (2002). Curriculum Integration: Eroding the High Ground of Science as a School Subject? *Studies in Science Education*, 37(1), 43–83. <https://doi.org/10.1080/03057260208560177>
- Weinberg, A. E., & Sample McMeeking, L. B. (2017). Toward Meaningful Interdisciplinary Education: High School Teachers' Views of Mathematics and Science Integration. *School Science and Mathematics*, 117(5), 204–213. <https://doi.org/10.1111/ssm.12224>