

Rede Curricular Interdisciplinar: uma proposta para a integração entre a matemática e as ciências

BENTO CAVADAS

NELSON MESTRINHO

A interdisciplinaridade é um tema central da reflexão sobre a renovação das abordagens pedagógicas em todos os níveis de ensino (Raynaut, 2018). A investigação mostra que há necessidade de contemplar experiências relacionadas com projetos interdisciplinares nos processos de formação inicial e contínua de professores (Lima & Ramos, 2017). O CreativeLab_Sci&Math[®] é um projeto do Departamento de Ciências Matemáticas e Naturais da Escola Superior de Educação/ Instituto Politécnico de Santarém (ESE/IPSantarém) que visa a inovação das práticas pedagógicas no ensino superior através da integração da matemática e das ciências na formação de professores.

Contudo, o trabalho interdisciplinar é um processo complexo e de difícil concretização (Pombo, 2005) e a alteração do quadro disciplinar para um interdisciplinar continua a ser objeto de múltiplos debates e controvérsias (Raynaut, 2018). De facto, as tentativas de integração das diferentes áreas do saber revelaram-se maioritariamente infrutíferas (Koirala & Bowman, 2003; Pombo, 2005). Uma das dificuldades dessa integração poderá começar na própria dispersão semântica associada a termos como multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade e da dificuldade da sua definição (Pombo, 2005). Neste trabalho, fomos influenciados pela caracterização de interdisciplinaridade usada por Greef, Post, Vink e Wenting (2017). Estes autores referem que, nas práticas interdisciplinares, as perspetivas das diferentes disciplinas são integradas de modo a produzir uma compreensão mais aprofundada dos problemas em estudo. A partir do trabalho interdisciplinar pretende-se que os estudantes adquiram a capacidade de construir conhecimento disciplinar. O aspeto fundamental da educação interdisciplinar é a integração: “a integração interdisciplinar pode ser definida como a síntese entre duas ou mais visões disciplinares – obtidas a partir de diferentes perspetivas – com novo conhecimento” (Greef, Post, Vink e Wenting, 2017, p.33). O objetivo da nossa abordagem é aprofundar a integração entre a matemática e as ciências, mas sem colocar em causa a integridade das disciplinas. Para a integração em ciências e matemática ter sucesso, nomeadamente nos níveis intermédios de ensino, é importante que os futuros

professores vivenciem essas práticas na sua formação inicial (Koirala & Bowman, 2003). Conscientes dessa necessidade, no CreativeLab_Sci&Math[®] pretende-se desenvolver nos futuros professores competências como o saber científico, técnico e tecnológico, o pensamento crítico e criativo, o raciocínio e a capacidade de resolução de problemas através do seu envolvimento em atividades de carácter interdisciplinar que integrem os conteúdos e os processos de construção do conhecimento da Matemática e das Ciências Físico-Naturais.

Uma das razões que levou à elaboração desse projeto resulta de concordarmos com Mason (1996) quando refere que um dos maiores obstáculos ao desenvolvimento de um currículo integrado por parte dos professores é o facto dos cursos de formação de professores raramente proporcionarem aos estudantes a oportunidade de vivenciarem experiências de aprendizagem integradas. Koirala e Bowman (2003) reforçam esta ideia ao afirmarem que os professores têm uma maior tendência a dar ênfase a esta integração no ensino básico se a tiverem experienciado no âmbito dos seus cursos de formação.

Para dar resposta a essa problemática, no enquadramento do CreativeLab_Sci&Math[®], os docentes de Ciências da Terra e da Vida (CTV) e Modelação Matemática (MM) do 2.º semestre do 3.º ano do curso de licenciatura em Educação Básica da ESE/IPSantarém (Despacho n.º 15080/2014), realizaram um processo de desenvolvimento curricular. Essa colaboração traduziu-se num conjunto de propostas de trabalho interdisciplinar no âmbito dos objetivos de aprendizagem das duas unidades curriculares que, posteriormente, originaram a construção do conceito de *Rede Curricular Interdisciplinar* (RCI).

O processo de desenvolvimento curricular assentou num forte trabalho colaborativo entre os docentes das duas áreas, desenvolvido ao longo de três anos letivos. As propostas de trabalho foram planificadas, implementadas e avaliadas em conjunto. A planificação de cada proposta estruturou-se num guião que cumpriu três objetivos: 1) organizar a sequência didática das tarefas; 2) apoiar o trabalho autónomo a realizar pelos estudantes; 3) registar as suas produções. A avaliação teve dois propósitos: 1) avaliar as aprendizagens; 2) aferir a perceção dos estudantes sobre a relevância da atividade desenvolvida para

a sua aprendizagem e aspetos didáticos a melhorar. Durante cada atividade, a avaliação dos estudantes incluiu sempre feedback formativo para apoiar a aprendizagem e, no final da proposta de trabalho, foram avaliadas as suas produções ou a apresentação oral do trabalho realizado. A apresentação oral foi classificada através de rubricas elaboradas para o efeito.

Este estudo, enquadrado na problemática da integração da matemática e das ciências na formação inicial de professores, visou alcançar os seguintes objetivos:

O1: Definir o significado de rede curricular interdisciplinar e descrever o processo de construção dessa proposta de integração entre a matemática e as ciências;

O2: Apresentar os benefícios e as dificuldades da integração, no contexto do trabalho desenvolvido no âmbito da implementação da RCI de CTV e MM.

O primeiro objetivo é concretizado com a apresentação do referencial teórico que influenciou a construção do conceito de RCI, a sua definição e descrição do processo de construção.

A resposta ao segundo objetivo é apresentada a partir das perceções dos estudantes que vivenciaram esta abordagem, recolhidas através de questionários, e das reflexões dos docentes das unidades curriculares de CTV e MM, nos anos letivos de 2017/18 e 2018/19.

O texto está organizado em cinco secções. Na presente introdução contextualiza-se o trabalho e os seus objetivos. Na secção seguinte, procura-se validar a ação do próprio professor enquanto agente de construção do currículo. A terceira secção desenvolve o conceito e o processo de construção da RCI de CTV e MM. Na quarta secção, apresentam-se os benefícios e os desafios associados à integração em matemática e ciências. Nas conclusões são apresentadas reflexões sobre a integração da matemática e das ciências na formação de professores.

O PROFESSOR COMO AGENTE DE DESENVOLVIMENTO CURRICULAR

O processo que realizamos foi ao encontro da ideia de desenvolvimento curricular centrado na escola e nos professores (Kelly, 2009; Roldão, 2005). Esta linha de pensamento assenta na dificuldade em promover eficazmente a inovação nas escolas através de ações externas à mesma, pelo que, de acordo com Kelly (2009), a forma mais produtiva de desenvolvimento curricular é aquela que se centra na escola. Esta noção assenta num conjunto de princípios defendidos desde a década de 1970 por autores como Skilbeck (1976) e Stenhouse (1984). Em primeiro lugar, reconhece que a liberdade educativa para a ação do professor e do aluno é uma condição necessária para o desenvolvimento do currículo que pretende ser verdadeiramente educativo. Em segundo lugar, entende a escola como uma instituição social que deve dar resposta ao seu próprio ambiente e que, por essa razão, deve desenvolver-se autonomamente com esse objetivo.

Por último, o professor é um elemento essencial para o processo de desenvolvimento curricular, pelo que deve adotar um papel de ação sobre o currículo, modificando-o e desenvolvendo-o para o adaptar às necessidades individuais dos alunos e do seu contexto (Skilbeck, 1976; Stenhouse, 1984). Sacristán (2007) reforça esta ideia ao afirmar que os professores são agentes ativos na interpretação do currículo, pelo que têm o direito de lhe aportar os seus próprios significados, tendo em conta os contextos em que desenvolvem a sua prática, servindo de mediadores entre o currículo prescrito e os alunos. Essa função é ainda mais premente no contexto português, pois, como alerta Roldão (2005), a diversidade sociocultural presente nas escolas acarreta uma especificidade educacional que “sustenta a necessidade de reconstrução de processos de desenvolvimento e gestão curricular que visem a eficácia e adequabilidade das práticas educativas a públicos muito diversificados” (p. 14). Por essa razão, é importante que os cursos que formam professores os preparem para este papel central no desenvolvimento curricular (Kelly, 2009).

Se o professor tem um papel central no desenvolvimento curricular, esse processo, para ser eficaz, deve estar associado à investigação sobre a prática. De acordo com a definição de Grundy (2002) “a investigação-ação é uma forma de pedagogia na qual os participantes tornam-se estudantes da sua própria prática” (p. 156). Grundy (2002) acrescenta mais informação a este objeto de estudo ao indicar que são os problemas reais inerentes à prática, identificados pelos próprios participantes, que são o foco da investigação, e não problemas académicos identificados por investigadores externos. Kelly (2009) sublinha que os professores devem estar constantemente a avaliar o seu trabalho e a analisá-lo criticamente com vista ao seu desenvolvimento e melhoria. Na mesma linha de pensamento, Roldão (2005) refere que devem ser os professores os responsáveis pela produção de conhecimento, enquanto profissionais que estudam a sua prática, em oposição a uma oferta distribuída centralmente para consumo dos professores. O presente trabalho foi ao encontro das perspetivas anteriores sobre a investigação-ação, tendo em conta que o processo de desenvolvimento curricular resultou de problemas que emergiram da prática dos professores de matemática e ciências envolvidos.

O CONCEITO E O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA REDE CURRICULAR INTERDISCIPLINAR

Nesta secção, apresenta-se o conceito de RCI e o seu processo de construção. A ideia de rede foi influenciada pelo pensamento de Machado (1993) que referiu que uma das formas de contrariar a linearidade do conhecimento é a “imagem alegórica de uma rede, de uma teia de significações” (p. 30) e pelas ideias biológicas de evolução e de rede neuronal. Na figura 1 apresenta-se um exemplo de uma RCI, neste caso, a RCI de CTV e MM.

CONCEITO

A Rede Curricular Interdisciplinar é um esquema conceptual dinâmico que resulta do cruzamento dos objetivos de aprendizagem e conteúdos de duas ou mais disciplinas ou unidades curriculares.

No núcleo dessa rede existem nós de ligação centrais (círculos maiores; Figura 1) entre conteúdos e objetivos de aprendizagem específicos dessas unidades curriculares. Esses nós de ligação são expressos num conjunto diversificado de propostas de trabalho (Propostas de A a I; Figura 1), estruturadas em seqüências interdisciplinares de tarefas, com objetivos de aprendizagem comuns ou convergentes. Pretende-se que a atividade dos estudantes se desenvolva em torno do estudo conjunto de um objeto através de diversas perspetivas, explorando as suas relações e interdependências.

Os nós de ligação centrais, interdisciplinares, constituem pontos de convergência de uma rede constituída por nós de ligação periféricos, disciplinares (círculos mais pequenos; Figura 1). Esses nós periféricos unem os subtemas específicos de cada unidade curricular, os quais devem ainda estar organizados num tema geral e estruturante. Entre esses nós existem ligações que representam as relações entre determinados conceitos.

A RCI é caracterizada por uma elevada flexibilidade nas vias e nós de ligação e por uma evolução contínua, decorrente de mudanças

no contexto educativo em que se concretiza e de alterações no conhecimento de conteúdo e conhecimento didático. Assim, a partir de uma diversidade curricular inicial e no decurso da implementação, os nós e ligações que apresentam características menos vantajosas, vão sendo progressivamente suprimidos, sobrevivendo apenas os melhor adaptados ao contexto educativo em que se aplicam. Pelo contrário, os nós e as ligações melhor adaptadas ao contexto e objetivos de aprendizagem persistem e são novamente aplicados, reforçando-se ao longo do tempo. A nova aplicação pode conduzir a alterações didáticas ou no conteúdo, mais ou menos profundas.

PROCESSO

O processo colaborativo entre os professores que conduziu à construção da RCI de CTV e MM está representado na figura 2.

Os tipos de integração da matemática e ciências, definidos por Davidson, Miller e Metheny (1995), aplicados em maior ou menor grau na RCI de CTV e MM foram a integração específica disciplinar, a integração específica de conteúdo, a integração de processo, a integração metodológica e a integração temática.

Os tipos de integração da matemática e ciências, definidos por Davidson et al. (2005), aplicados em maior ou menor grau na RCI de CTV e MM foram a integração específica disciplinar, a integração específica de conteúdo, a integração de processo, a integração metodológica e a integração temática (ver figura 1).

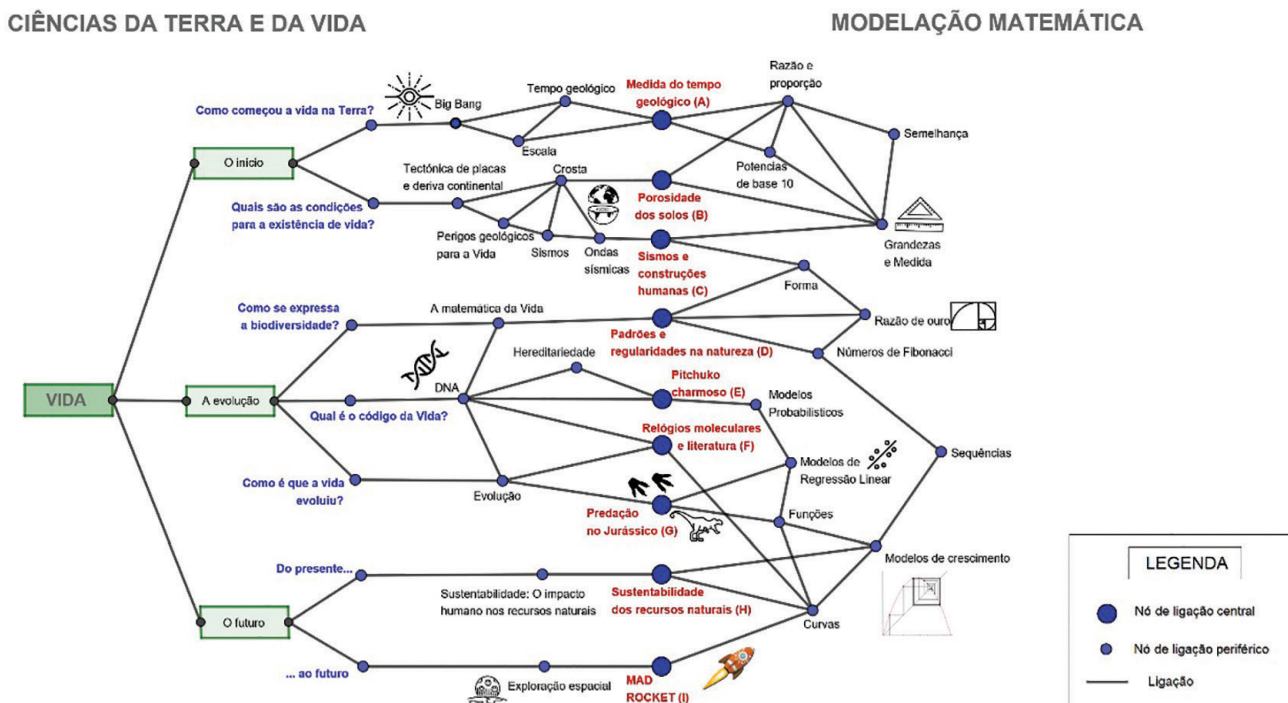
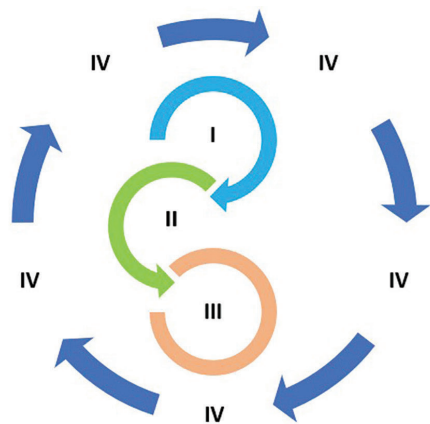


Figura 1. Rede Curricular Interdisciplinar de Ciências da Terra e da Vida e Modelação Matemática com propostas de trabalho interdisciplinar (de A a I).



- I. Identificação de temas agregadores dos objetivos de aprendizagem e conteúdos das unidades curriculares de CTV e MM.
- II. Ramificação sucessiva dos objetivos de aprendizagem e conteúdos das unidades curriculares até à identificação de nós de ligação entre objetivos de aprendizagem comuns ou convergentes.
- III. Elaboração, implementação e avaliação de propostas de trabalho comuns e interdisciplinares.
- IV. Ciclo de investigação sobre a prática.

Figura 2. Processo de construção da Rede Curricular Interdisciplinar de Ciências da Terra e da Vida e Modelação Matemática.

A *integração específica disciplinar* envolve atividades que incluem dois ou mais ramos da matemática ou das ciências (Davidson et al., 2005). No caso da RCI de CTV e MM, inclui propostas de trabalho organizadas como sequências de tarefas que integram, por exemplo, biologia e geologia com álgebra, geometria e medida, números e operações e organização e tratamento de dados.

A *integração específica de conteúdo* envolve a integração de conteúdos e objetivos de aprendizagem da matemática e das ciências (Davidson et al., 1995). De facto, investigadores como Kiray (2012) evidenciam a importância central de se considerar o conteúdo de ciências e o conteúdo de matemática na integração. Na RCI de CTV e MM, por exemplo, a proposta de trabalho “(E) Pitchuko charmoso”¹ envolve conteúdos relacionados com o estudo da genética, em biologia, e da estatística e probabilidades, em matemática. Quanto à integração dos objetivos de aprendizagem, na biologia estavam relacionados com a compreensão da relação entre os fatores hereditários, a informação genética e o modo como a reprodução sexuada condiciona a diversidade intraespecífica e a evolução das populações. Na matemática, os objetivos estavam associados à construção e utilização de modelos probabilísticos na resolução de problemas sobre hereditariedade, promovendo, ainda, uma melhor compreensão dos processos biológicos envolvidos.

A *integração de processo* consiste na confluência de aspetos do processo científico, como a observação, o controlo de variáveis e a avaliação de hipóteses, com capacidades matemáticas, como a resolução de problemas, o raciocínio e a comunicação (Davidson et al., 1995). Em CTV e MM, a partir de problemas, os estudantes interpretam a informação, planificam e implementam experiências, recolhem e analisam dados, que organizam recorrendo a diferentes representações matemáticas, formulam e testam conjeturas, generalizam e retiram conclusões e discutem-nas. A título de exemplo, refere-se a proposta de

trabalho “(G) Predação no Jurássico”, que envolveu a elaboração de uma narrativa hipotética dos acontecimentos associados a um conjunto de pistas de pegadas de dinossauros saurópodes e terópodes e a determinação da velocidade de deslocação do terópode em diferentes momentos (figura 3).

Para dar resposta ao problema, os estudantes recolheram dados associados à medição da pegada, passo e passada do terópode e utilizaram modelos matemáticos conhecidos para obter dados da anatomia do dinossauro. Tiveram, também, de implementar um procedimento de recolha de dados com vista à construção de um modelo matemático que permitisse determinar a velocidade (Mestrinho & Cavadas, 2018). De facto, a RCI de CTV e MM foi construída, essencialmente, a partir de uma integração de processo. Esta foi considerada por Davidson et al. (1995) como a abordagem mais favorável para ocorrer integração.

A *integração metodológica* envolve a exploração das duas áreas de acordo com a perspetiva construtivista, usando metodologias de ensino ativas e desenvolvendo a aprendizagem dos estudantes a partir dos seus conhecimentos prévios (Davidson et al., 1995). Na RCI de CTV e MM, a perspetiva construtivista esteve presente, associada a metodologias ativas como o modelo de ensino dos 7E², o *inquiry* e a abordagem STEM. O trabalho realizado procurou mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes, adquiridos ao longo do seu percurso pessoal e académico. A esse respeito, na abordagem usada na proposta de trabalho *inquiry* com carácter STEM “(I) MAD Rocket” (Cavadas, Sousa, Botelho, Cunha, Laranginha & Mestrinho, 2019), as tarefas propostas às estudantes organizaram-se nas fases de orientação, conceptualização, investigação, conclusão e discussão (Pedaste et al., 2015). A determinado momento das atividades, planificaram, construíram e testaram diferentes modelos de estabilizadores laterais de modo a avaliar a influência

¹ Esta proposta de trabalho está associada à exploração de um recurso digital (Cavadas et al., 2018).

² O modelo de ensino dos 7E inclui os seguintes momentos: Engage, Explain, Explore, Exchange, Elaborate, Evaluate, Empowerment (BSCS, 2006; Kähkönen, 2016; Reis & Marques, 2016). Os momentos de ensino podem não seguir a sequência anterior e, numa mesma sequência, podem repetir-se diferentes momentos.

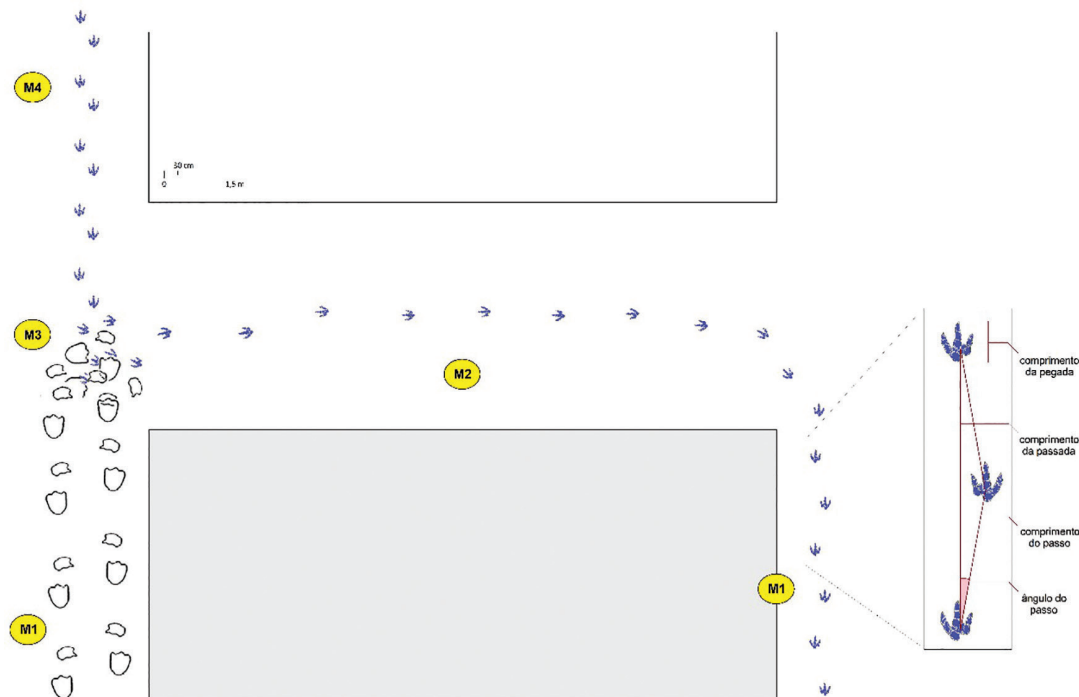


Figura 3. Representação de pistas de dinossauros saurópodes e terópodes, organizada em quatro momentos (M1, M2, M3 e M4).

da sua geometria na distância máxima alcançada pelo foguetão. No decurso do trabalho, formularam as suas próprias questões, testaram hipóteses, recolheram e interpretaram dados e elaboraram conclusões. Essas conclusões foram discutidas entre pares, aplicando o pensamento matemático e a modelação para descrever a trajetória do lançamento e resolver problemas que surgiram no contexto das ciências.

As práticas didáticas interdisciplinares entre CTV e MM, para além de implicarem a introdução de novas dinâmicas em sala de aula, conduziram à necessidade de modificar o próprio espaço em que se realizaram, no enquadramento das características e princípios dos ambientes educativos inovadores. Por essa razão, a mudança nas práticas didáticas associou-se à transformação física de laboratórios clássicos no espaço CreativeLab_Sci&Math°. Esse espaço facilitou a aplicação dos sete princípios de aprendizagem associados a esses ambientes (OECD, 2017). Um elemento fulcral da integração metodológica é a implementação das sequências interdisciplinares de tarefas em *co-teaching*, na modalidade de *team-teaching* (Friend, Cook, Hurley-Chamberlain, & Shamberger, 2010). Contudo, um estudo da OCDE (2014) mostrou que cerca de metade dos professores portugueses do ensino básico nunca se envolveu em ensino de equipa na mesma aula com outros professores. Este valor é preocupante porque quanto maior for o envolvimento dos professores em atividades de colaboração com outros professores, maior é o seu nível de auto-eficácia (OCDE, 2014). Conscientes da necessidade de promover essa colaboração, nos momentos de implementação destas propostas de trabalho interdisciplinar, o

professor de ciências e o professor de matemática dinamizaram-nas em conjunto, para o mesmo grupo de estudantes, ao mesmo tempo, no CreativeLab_Sci&Math°.

Outro aspeto importante relativo à integração metodológica diz respeito ao tempo para o funcionamento conjunto das unidades curriculares. Nesse sentido, foi necessário desdobrar a turma em dois turnos (1 e 2), cada um constituído por aproximadamente 25 estudantes, e sobrepor no horário semanal esses turnos, o que ocorreu à 4.ª feira, no ano letivo 2018/19. Quando foi necessário dinamizar as atividades interdisciplinares, os dois turnos eram juntos à 4.ª feira, destinando-se 4 horas para a implementação de cada atividade.

Não obstante a modalidade de ensino em *co-teaching* ter sido imprescindível para a implementação das propostas de trabalho, concordamos com Davidson et al. (1995) quando referem que, mesmo num processo de integração, há momentos em que a matemática e as ciências devem ser trabalhadas separadamente para que os estudantes aprendam os seus conceitos e procedimentos essenciais. No horário do ano letivo 2018/19 isso ocorria preferencialmente à 5.ª feira e 6.ª feira.

A *integração temática* organiza-se a partir de um tema geral que se torna no eixo a partir do qual a matemática e as ciências interagem (Davidson et al., 1995). No caso da RCI de CTV e MM, o tema foi influenciado pela leitura do trabalho de Harlen (2015). De acordo com Harlen (2015), a educação em ciências deve focar-se em desenvolver nos estudantes a compreensão de um conjunto de dez grandes ideias (*Big Ideas of Science - BIoS*). Essa perspetiva, não inclui apenas grandes ideias de ciência, mas

também ideias sobre ciência e as suas aplicações, assim como o desenvolvimento de capacidades relacionadas com a recolha e o uso de evidências e uma atitude de inquirição científica do mundo. Por essa razão, considerou-se que o tema agregador da RCI de CTV e MM seria a vida, subdivida em três subtemas, a origem, a evolução e o futuro da vida (Ver figura 1). As grandes ideias de ciência foram contempladas nesses subtemas, embora com diferentes níveis de profundidade. A MM transporta os diferentes temas matemáticos (álgebra, geometria e medida, números e operações e organização e tratamento de dados) para os contextos da origem, evolução e futuro da vida. Concordamos com Wiles e Bondi (2007) quando referem que é o cruzamento entre disciplinas tradicionais, organizado em torno de contextos da vida real, que constrói um currículo significativo e promotor dos objetivos gerais da educação.

BENEFÍCIOS E DIFICULDADES DA INTEGRAÇÃO DA MATEMÁTICA E CIÊNCIAS

Nesta secção apresenta-se uma síntese da avaliação da integração realizada a partir das perceções dos estudantes que vivenciaram esta abordagem, recolhidas através de questionários, e das reflexões dos professores de CTV e MM.

As respostas dos estudantes referem aspetos favoráveis à sua aprendizagem, relativos, principalmente, à relevância da RCI para uma melhor compreensão dos conteúdos de ambas as unidades curriculares, o forte carácter prático das atividades, a vivência das diferentes etapas de um processo investigativo, a valorização da interdisciplinaridade no enquadramento da formação inicial de professores e, também, o desenvolvimento de competências associadas à utilização de recursos digitais.

Quanto aos aspetos a melhorar nas propostas de trabalho e na sua implementação, os estudantes destacaram a necessidade de realizar uma melhor gestão do tempo, apresentaram sugestões relativas à estrutura da sequência didática das tarefas constantes nas propostas e a necessidade de reforçar os conhecimentos científicos prévios necessários à realização de determinadas tarefas, em particular na matemática.

Este balanço tem permitido aos docentes melhorar continuamente os guiões apresentados aos estudantes e as estratégias para a sua operacionalização, num processo de investigação-ação sobre a própria prática. A nossa perceção enquanto docentes é que o trabalho realizado no enquadramento da RCI promoveu o desenvolvimento do pensamento interdisciplinar dos futuros professores e contribuiu para que percebessem que a matemática e as ciências são áreas do conhecimento fortemente ligadas. Durante a realização das atividades, tivemos a perceção que a abordagem interdisciplinar capacitou os estudantes para interpretar informação, planificar e conduzir investigações, tomar decisões para resolver os problemas propostos e desenvolver processos conducentes à construção de produtos e de conhecimento, usando estratégias e recursos diversificados.

Esta abordagem concorreu para o desenvolvimento de um pensamento criativo e crítico, trabalhando colaborativamente a partir de diferentes perspetivas, desenvolveram novas ideias e soluções para os problemas. Outra vantagem resultou da promoção do trabalho colaborativo através de metodologias ativas, em contextos de cooperação e partilha de informação. Na nossa abordagem, tal como na de Koirala e Bowman (2003), foram encorajados a refletir sobre a sua aprendizagem e a modificar as suas ideias prévias baseadas nas experiências e discussões que ocorreram no ambiente de aprendizagem. A nossa posição vai ao encontro da de Wiles e Bondi (2007) quando referem que o trabalho interdisciplinar prepara os estudantes para a aprendizagem ao longo da vida.

No entanto, a integração entre a matemática e as ciências também evidenciou algumas dificuldades, quer inerentes ao próprio processo, quer ao contexto em que era desenvolvido. Um dos maiores obstáculos foi a falta de tempo para a pensar, principalmente para preparar as propostas de trabalho interdisciplinares. De facto, a preparação de cada uma destas propostas foi um processo complexo e moroso, dada a sua exigência científica e didática, que exigiu longos períodos de trabalho colaborativo entre os professores envolvidos. Inicialmente, o espaço tradicional em que começaram por ser realizadas também prejudicou a sua implementação, contudo, este obstáculo foi ultrapassado com a consolidação do projeto CreativeLab_Sci&Math® e o desenvolvimento de um ambiente educativo inovador. Este ambiente foi sendo contruído a partir das necessidades que emergiram das propostas de trabalho.

Nem todas as propostas de trabalho inicialmente pensadas foram integradas na RCI de CTV e MM final. Concordamos com Davidson et al. (1995) relativamente à impossibilidade ou, pelo menos, elevada dificuldade de integração de alguns conceitos da matemática e das ciências. Apesar dessas dificuldades, consideramos que, tal como sugerido por Koirala e Bowman (2003), deve-se expor os estudantes em formação inicial de professores à tensão que existe, em alguns momentos, na integração da matemática e das ciências, para que possam desenvolver um conhecimento mais aprofundado desse processo. Na RCI de CTV e MM os estudantes realizaram atividades que resultaram de tarefas em que a integração entre as ciências e a matemática era facilmente percebida e outras em que essa integração não era tão evidente. Nestas últimas, foi importante dar apoio e feedback imediato quando a tensão na integração ocorreu, de modo a desconstruir bloqueios cognitivos que podiam prejudicar a resolução das tarefas e, conseqüentemente, a apropriação das vantagens da integração da matemática e das ciências pelos futuros professores.

CONCLUSÃO

Tal como Raynaud (2018), temos consciência que “inovar em relação às formas institucionais que foram criadas há muito

tempo em função da grade de disciplinas implica a aplicação de estratégias coerentes e afinadas” (p. 18). Por essa razão, consideramos que a rede curricular interdisciplinar (RCI) pode ser um contributo importante no sentido de promover a integração da matemática e das ciências, assim como de outras áreas, em diferentes níveis de ensino. Para a sua conceção e implementação é necessário um forte trabalho colaborativo entre os professores, eventualmente associado a outras dimensões, como a existência de projetos, ambientes educativos inovadores e um currículo que possa ser gerido de forma flexível nas escolas. A RCI não deve ser entendida como uma construção acabada, mas como um objeto curricular dinâmico, que evolui a partir de novas ideias que resultam da sua aplicação, do estudo e das reflexões dos professores que a construíram e dos estudantes que a vivenciaram. O conceito e o processo de construção da RCI deve ser adaptado aos respetivos contextos pelos profissionais que os implementem.

No caso dos professores de matemática e de ciências, se desejamos promover uma integração destas áreas é importante que, tal como referiram Koirala e Bowman (2003), a experienciem na formação inicial de professores. Há tensões nesta integração, decorrentes da especificidade das áreas e do próprio processo de construção da RCI, mas também inúmeras vantagens, quer para a aprendizagem dos estudantes, quer para o trabalho dos próprios professores. Fica ainda por compreender se a vivência das vantagens deste trabalho colaborativo pode motivar os futuros professores a aplicar a RCI na sua própria prática.

Referências

Biological Sciences Curriculum Study (2006). *The BSCS 5E Instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS: Colorado Spring, CO.

Cavadas, B., Mestrinho, N., Ribeiro, N., Aboim, S., Pinto, X. S., Gomes, A., Pacheco, T. & Dias, M. (2018). Pitchuko. Disponível em <http://w3.ese.ipsantarem.pt/eseinv/pit/>

Cavadas, B., Sousa, M. C., Botelho, C., Cunha, J., Laranginha, R., & Mestrinho, N. (2019). CreativeLab_Sci&Math MAD Rocket | Relato de uma atividade STEM sobre exploração espacial. Disponível em <http://hdl.handle.net/10400.15/2638>

Davidson, D. M., Miller, K. W., & Metheny, D. L. (1995). What does integration of Science and Mathematics really mean? *School, Science and Mathematics*, 95(5), 226-230.

Despacho n.º 15080/2014. Diário da República, 2.ª série, n.º 239, de 11 de dezembro de 2014, pp. 31032-31034.

Friend, M., Cook, L., Hurley-Chamberlain, D., & Shamberger, C. (2010). Co-Teaching: An Illustration of the Complexity of Collaboration in Special Education. *Journal of Educational and Psychological Consultation*, 20(1), 9-27.

Greef, L. de, Post, G., Vink, C., & Wenting, L. (2017). *Design Interdisciplinary Education. A practical handbook for university teachers*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

Grundy, S. (2002). *Curriculum: product or praxis*. London: Routledge/Falmer.

Harlen, W. (2015). *Working with big ideas of science education*. Trieste: Science Education Programme of IAP.

Kähkönen, A.-L. (2016). *Models of inquiry and the irresistible 6E model*. Disponível em <http://www.irresistible-project.eu/index.php/pt/blog-pt/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6e-model>

Kelly, A. V. (2009). *The curriculum. Theory and practice* (6th ed.). Thousand Oaks, California: SAGE Publications Limited.

Kiray, A. A. (2012). A new model for the integration of science and mathematics: The balance model. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(3), 1181-1196.

Koirala, H. P., & Bowman, J. K. (2003). Preparing Middle Level Preservice Teachers to integrate mathematics and science: Problems and possibilities. *School, Science and Mathematics*, 103(3), 145-154.

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, 163-177.

Machado, N. J. (1993). Interdisciplinaridade e Matemática. *Pro-Posições*, 4(1), 24-34.

Mason, T. C. (1996). Integrated curricula: Potential and problems. *Journal of Teacher Education*, 47(4), 263-270.

Mestrinho, N., & Cavadas, B. (2018). Corrida no Jurássico. *Revista Ciência Elementar*, 6(1), 018. Disponível em <http://doi.org/10.24927/rce2018.018>

OECD (2017). *The OECD Handbook for Innovative Learning Environments*. Paris: OECD Publishing.

OECD (2014). *TALIS 2013 Results: An International Perspective on Teaching and Learning*, TALIS. Paris: OECD Publishing.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, Riesen, S. A. N. van, Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.

Pombo, O. (2005). Interdisciplinaridade e integração de saberes. *Liinc em Revista*, 1(1), 3 -15.

Raynaud, C. (2018). Paradoxos e ambiguidades na ideia de interdisciplinaridade. *Desenvolvimento Meio Ambiente*, 47, Edição especial: 25 anos do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, 13-48.

Reis, P., & Marques, A. R. (2016). *Investigação e inovação responsáveis em sala de aula. Módulos de ensino IRRESISTÍVEL*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Roldão, M. do C. (2005). *Formação e práticas de gestão curricular. Crenças e equívocos*. Porto: ASA Editores.

Sácristan, J. G. (2007). *El curriculum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Ediciones Morata.

Skilbeck, M. (1976). *'Ideologies and values.' Unit 3 of Course E203, Curriculum Design and Development*. Milton Keynes: Open University.

Stenhouse, L. (1984). *An introduction to curriculum research and development*. London: Heinemann.

Wiles, J., & Bondi, J. (2007). *Curriculum development. A guide to practice* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.

BENTO CAVADAS

1INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM /ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO DE SANTARÉM E CEIED, UNIVERSIDADE LUSÓFONA.

NELSON MESTRINHO

1INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM /ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO DE SANTARÉM.