



Artigo

Design Interdisciplinar entre Matemática e Artes Visuais: Contributos para a Promoção de Aprendizagens de Alunos de 1.º Ciclo

Lina Brunheira

Escola Superior de Educação de Lisboa, CI&DEI,
Instituto Politécnico de Lisboa
lbrunheira@eselx.ipl.pt | ORCID 0000-0002-5027-1867

Cristina Loureiro

Escola Superior de Educação de Lisboa, CIED,
Instituto Politécnico de Lisboa
cristina@eselx.ipl.pt | ORCID 0000-0001-7343-6444

Cristina Morais

Agrupamento de Escolas Pioneiros da Aviação Portuguesa
cristina.morais@aepap.edu.pt | ORCID 0000-0002-3502-1288

Helena Gil Guerreiro

AE Braamcamp Freire e Escola Superior de Educação de Lisboa
hg@eselx.ipl.pt | ORCID 0000-0002-8941-4781

Joana Conceição

Agrupamento de Escolas José Cardoso Pires
conceicaoj@campus.edu.pt | ORCID 0000-0002-4295-0368

José Pedro Regatão

Escola Superior de Educação de Lisboa, CIED,
Instituto Politécnico de Lisboa
cjregatao@eselx.ipl.pt | ORCID 0000-0002-6517-6870



Resumo

Este artigo apresenta uma experiência de ensino de conceção interdisciplinar realizada com três turmas de 1.º ciclo, integrando Artes Visuais e Matemática, com o objetivo de identificar as aprendizagens disciplinares e transdisciplinares emergentes e os aspetos mais relevantes do design da experiência que contribuíram para essas aprendizagens. A metodologia adotada apoia-se num modelo de engenharia didática. Os dados foram recolhidos através de registos fotográficos, áudio, vídeo e observação direta, em duas turmas de 2.º e uma de 3.º ano. A análise de dados foca aprendizagens disciplinares e transdisciplinares, decorrente dos momentos de criação, análise e fruição artística e matemática dos alunos. Os resultados evidenciam aprendizagens sobre arranjos retangulares que dão sentido a operações e a sequências visuais, em Matemática. Salientam a apreciação de técnicas e criação artística, bem como a reflexão crítica sobre arte como aprendizagens das Artes Visuais. Destacam ainda aprendizagens de natureza transdisciplinar como o pensamento crítico, criativo e estético. No que diz respeito ao design da experiência, destaca-se a seleção de obras que apresentem potencial para a exploração de conhecimentos e capacidades tanto da matemática como das artes visuais; a presença de momentos que contemplam a fruição, análise e criação de objetos artísticos, com potencial matemático; e a interação entre os alunos.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Matemática; Artes Visuais; 1.º ciclo; Design de tarefas.

Abstract

This article presents a teaching experiment of interdisciplinary design carried out with three primary school classes, integrating Visual Arts and Maths, with the aim of identifying the emerging disciplinary and transdisciplinary learning and the most relevant aspects of the experiment's design that contributed to this learning. The methodology adopted is based on a didactic engineering model. Data was collected through photographic, audio and video recordings and direct observation in two 2nd and one 3rd year class. The data analysis focuses on disciplinary and transdisciplinary learning resulting from the students' moments of artistic and mathematical creation, analysis and enjoyment. The results show learning about rectangular arrangements that make sense of operations and visual sequences in maths. They emphasise the appreciation of artistic techniques and creation, as well as critical reflection on art as learning in Visual Arts. They also emphasise transdisciplinary learning such as critical, creative and aesthetic thinking. As far as the design of the experience is concerned, we emphasise the selection of works that have the potential to explore knowledge and skills in both maths and the visual arts; the presence of moments that include the enjoyment, analysis and creation of artistic objects with mathematical potential; and interaction between students.



Keywords: Interdisciplinarity; Mathematics; Visual Arts; Primary school; Task design.

Introdução

A relação entre a matemática e as artes visuais é tão antiga como a própria história da humanidade, uma vez que a sua constante inter-relação tem acompanhado o desenvolvimento da nossa civilização. Desde as decorações de vasos chineses com mais de 3 mil anos, passando pela utilização da proporção e perspetiva na arte renascentista, até ao recurso moderno à tecnologia e a algoritmos recursivos para gerar novos objetos de arte (Gamwell, 2016), o pensamento matemático tem vindo a influenciar a prática artística ao longo da história.

Esta relação milenar remete, também entre a matemática e as artes visuais, para o desafio enunciado por Morin (2002) de que a escola procure ultrapassar a separação das fronteiras disciplinares do conhecimento e incentivar a ligação efetiva entre saberes. Em lugar de “compartimentar” e fragmentar o conhecimento, o filósofo defende uma abordagem unificadora que compreenda os fenómenos na sua multidimensionalidade. Esta visão é consentânea com as orientações dos documentos curriculares em vigor em Portugal, nomeadamente o Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017) que refere a necessidade de organizar atividades promovendo, intencionalmente, a integração de saberes. Já nas Aprendizagens Essenciais de Matemática do Ensino Básico (Canavarro et al., 2021) esta noção é particularmente refletida nos objetivos relativos à capacidade matemática transversal de estabelecer “conexões externas da Matemática com distintas áreas do conhecimento, como as Artes, ...” (p. 4). Também as Aprendizagens Essenciais de Educação Artística/Artes Visuais para o 1.º ciclo (DGE, 2018a) e de Educação Visual para o 2.º ciclo (DGE, 2018b) referem que as aprendizagens que decorrem dos domínios enunciados podem integrar transversalmente conteúdos de várias disciplinas.

Partilhando desta visão, o Projeto IMAVIS constituiu-se com o propósito de investigar a interdisciplinaridade entre a Matemática e as Artes Visuais no Ensino Básico, numa perspetiva de promover a articulação e o cruzamento de saberes de modo a potenciar um processo de ensino-aprendizagem mais estimulante e integrador. A sua equipa reúne professores e investigadores que,



em conjunto, têm desenvolvido um trabalho com diferentes vertentes, incluindo o design de tarefas, sua experimentação em sala de aula e respetiva análise.

Neste artigo apresentamos uma experiência de ensino desenvolvida em três turmas de 1.º ciclo (2.º e 3.º anos) a partir de uma sequência de tarefas de conceção interdisciplinar entre as Artes Visuais e a Matemática. Pretendemos identificar: a) Quais as aprendizagens curriculares, de natureza disciplinar e transdisciplinar, que emergem da experiência? e b) Quais os aspetos mais relevantes do design da experiência que contribuíram para as aprendizagens?

Fundamentação Teórica

Interdisciplinaridade entre Matemática e Artes Visuais

O nosso interesse pela interdisciplinaridade entre a Matemática e as Artes Visuais está ancorado em experiências anteriores de pesquisa interdisciplinar realizadas por alguns membros da equipa (Loureiro & Regatão, 2019). Embora tendo sempre como base a ligação particular entre estas duas disciplinas, procuramos agora contextualizá-la num quadro teórico mais amplo a partir de algumas questões orientadoras: O que se entende por interdisciplinaridade? Que outros conceitos sobre disciplinaridade lhe estão associados? Que implicações didáticas decorrem de uma visão integrada do conhecimento?

Segundo Pombo et. al (1994),

por interdisciplinaridade, deverá entender-se qualquer forma de combinação entre duas ou mais disciplinas com vista à compreensão de um objeto a partir da confluência de pontos de vista diferentes e tendo como objetivo final a elaboração de uma síntese relativamente ao objeto comum. (p. 13)

O entendimento pela compreensão de um objeto comum é desenvolvido por Nicolescu (2000) ao distinguir três graus de interdisciplinaridade: um grau de aplicação, um grau epistemológico e um grau de geração de novas disciplinas. Esta categorização tripartida oferece-nos um referencial útil para compreender, por um lado a natureza da interdisciplinaridade e possíveis formas de ligação entre disciplinas, mas, também, o potencial criativo de uma abordagem integradora. Nicolescu explicita a entrada no campo da transdisciplinaridade ao afirmar que “a transdisciplinaridade diz



respeito ao que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina” (2000, p. 35). Para este autor “o objetivo da transdisciplinaridade é a compreensão do mundo presente, para o qual um dos imperativos é a unidade do conhecimento” (p. 35). De acordo com Pombo (2021), a interdisciplinaridade, enquanto proposta que coloca as diferentes disciplinas em comunicação entre si, assume uma posição intermédia entre a disciplinaridade, onde se regista uma justaposição das disciplinas, e a transdisciplinaridade, que se verifica quando há uma fusão das diferentes disciplinas e a emergência de algo que as transcende.

A valorização da transdisciplinaridade e da interdisciplinaridade poderia ser entendida como fator de perda para as disciplinas envolvidas, porém tal não acontece, pois a interdisciplinaridade pode consolidar e reforçar o conhecimento de cada disciplina. Segundo Nicolescu (2000), “a interdisciplinaridade ultrapassa as disciplinas, mas a sua finalidade também permanece inscrita na pesquisa disciplinar” (p. 35). Na mesma linha de pensamento, Cavadas e Mestrinho (2019), citando Greef et al. (2017), “referem que nas práticas interdisciplinares, as perspetivas das diferentes disciplinas são integradas de modo a produzir uma compreensão mais aprofundada dos problemas em estudo” (p. 2). A ligação milenar entre a Matemática e as Artes Visuais ilustra bem esta ideia, já que são vários os exemplos da influência desta relação: desde a busca pelas proporções ideais da figura humana (canônes), compilados em diversos tratados de pintura, até à invenção da perspetiva linear que transformou a arte ocidental, ao gerar um novo sistema de representação da realidade. Outro exemplo a considerar é o processo de criação artística baseada em algoritmos matemáticos e na inteligência artificial generativa, responsável pelo surgimento de obras multimédia que proporcionam experiências imersivas únicas, expandindo as possibilidades simbólicas e fruitivas da arte. Curiosamente, de acordo com Gamwell (2016), “a maioria das interações que ocorrem entre a matemática e a arte” acontecem do ponto de vista do “artista ser inspirado pela matemática”, e só “em raras exceções” se observa o contrário (p. XVIII).

Do ponto de vista didático, esta visão inter e transdisciplinar do mundo ou dos problemas acarreta dificuldades, mas também ganhos. Se, por um lado, pode considerar-se que não existe uma pedagogia da interdisciplinaridade, como defendem Pombo et al. (1994), por outro pode atender-se que a procura de integração é um processo contínuo, para o qual concorrem múltiplas



experiências e investigações de natureza empírica, contribuindo para uma abordagem mais significativa da aprendizagem de cada uma das disciplinas envolvidas.

Em Portugal, o projeto MARTE1618 (Loureiro, 2018; Regatão & Loureiro, 2019) envolveu crianças dos 4 aos 6 anos em várias atividades interdisciplinares entre a Matemática e as Artes Visuais. As crianças evidenciaram o desenvolvimento de aspectos distintos, como o conhecimento de conceitos e procedimentos, raciocínio visual e outras capacidades que estão implicadas nas duas áreas, como a criatividade, a sensibilidade estética, a resolução de problemas e a comunicação visual. Neste último caso, como argumenta Loureiro, "os artistas e os especialistas de comunicação visual são quem melhor cria e concebe contextos visuais atrativos e com significado, (...) muitos recorrem a séries de formas organizadas e são muito ricos do ponto de vista matemático, não exclusivamente geométrico" (2023, p. 63), criando um contexto favorável à aprendizagem nas duas áreas.

Focando apenas a Matemática, e no que diz respeito ao conhecimento, a aprendizagem da simetria "na sua mais ampla aceção e com toda a sua riqueza" (Loureiro, 2023, p. 52), bem como distintas formas de representação de objetos tridimensionais no plano, constituem dois exemplos com grande tradição na arte e que o projeto MARTE promoveu junto de crianças do pré-escolar. Desta forma, este projeto acompanha a ideia de que a criação de um "espaço comum" de conhecimento onde passaram a coexistir "saberes diferentes" (Pombo, 2021, p. 146) revela-se um território profícuo para o ensino-aprendizagem, de modo unificador, das Artes Visuais e da Matemática.

No projeto IMAVIS procuramos a interdisciplinaridade sem colocar em causa a integridade das disciplinas. Do ponto de vista da aprendizagem, interessa-nos que as ligações entre disciplinas distintas façam emergir novos saberes, constituindo aprendizagens transdisciplinares, além de aprendizagens das disciplinas envolvidas. Esta orientação obriga-nos a novas leituras dos currículos específicos das disciplinas em causa, procurando compreender como é que da ligação entre estas duas áreas podem nascer aprendizagens de natureza diferente, ou seja, como é que a identificação e caracterização de ligações conceptuais e instrumentais entre as duas áreas contribui para o reforço dos objetivos de aprendizagem transversais inerentes ao Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória (PASEO, Martins et al., 2017).



Design de tarefas e o papel do professor

Tomemos por referência a conceção de Jones e Pepin (2016) para quem o design de tarefas se refere à conceção e desenvolvimento de tarefas no/para o ensino da matemática ou no/para a formação de professores de matemática. As tarefas podem corresponder a propostas para ensinar um tópico específico ou destinadas a um grupo particular de indivíduos, podem constituir-se também como uma sequência, e podem encontrar-se em diversas fontes, incluindo manuais escolares, plataformas digitais ou e-books. Watson e Thompson (2015) referem que as tarefas podem oferecer “o envolvimento em processos matemáticos e oportunidades para demonstrar, praticar e aplicar conhecimento” (p. 184). Podem incluir sugestões de ações, estímulos visuais e verbais em interação (por exemplo, através de texto *hiperlink*), modelos de estruturação de questões com diferentes níveis de detalhe, representações variadas, recursos realistas, propostas para organizar o conhecimento, etc. Esta noção de tarefa respeita a conhecida distinção proposta por Christiansen e Walther (1986), também adotada no contexto português (Ponte, 2005), que encara “tarefa” como aquilo que é proposto ao aprendente para fazer e “atividade” como o que resulta do trabalho a partir da tarefa, incluindo a interação com colegas, professor e recursos.

A revisão de estudos feita por Jones e Pepin (2016) mostra que, apesar da interação entre professor e recursos, incluindo as tarefas, já ter sido teorizada de diferentes formas, o que todas tornam claro é que tal interação ocorre nos dois sentidos. Se, por um lado, dar sentido e usar tarefas para orientar a sua prática letiva requer a capacidade do professor para usar estes recursos de forma eficaz, por outro, esta capacidade depende, pelo menos em parte, do recurso específico e das formas de trabalho nele implicadas. Como referem Watson e Thompson (2015), o design e o uso de tarefas são como duas faces da mesma moeda. A função do design é comunicar aos professores e alunos, através de texto, as intenções matemáticas; o papel do professor inclui a modificação/adaptação para conectar os alunos às ideias e objetivos de aprendizagem, assumindo-se como um utilizador crítico de recursos e um ator no processo de design. Estas autoras referem ainda a preocupação que os designers têm, frequentemente, em tornar as suas intenções suficientemente explícitas aos professores e, para isso, encontrar um suporte que facilite essa interpretação.



Estes aspectos levantam a questão sobre o papel dos professores no design de tarefas. Na verdade, a autoria das tarefas pode ser variada: professores, alunos, investigadores, autores de manuais escolares ou de outras publicações, uma combinação destes papéis. Contudo, a relevância do papel do professor leva à sua consideração como um “parceiro” fundamental no design de tarefas. Coburn et al. (2013) identificam diferentes tipos de parceria, desde uma posição menos participativa como consultor, à sua integração efetiva em projetos de investigação. Jones e Pepin (2016) identificam a existência de duas principais formas de parceria: uma baseada no conceito de comunidade de prática (Lave & Wenger, 1991) em que, por exemplo, um conjunto de professores usam a mesma tarefa e posteriormente discutem os resultados das aprendizagens dos alunos numa sessão de formação; outra centrada numa espécie de acordo de “coaprendizagem” em que se integram os professores no processo de investigação envolvendo o planeamento, implementação e avaliação conjunta. Esta última forma de parceria corresponde a uma perspetiva de investigação colaborativa (Boavida & Ponte, 2002), segundo a qual os elementos do projeto trabalham numa base de igualdade e ajuda mútua de modo a atingirem um objetivo geral, partilhado por todos, podendo reconhecer-se também objetivos específicos para cada membro da equipa. O projeto IMAVIS assume esta perspetiva a partir da efetiva integração de investigadores e professores que trabalham em conjunto nas diferentes vertentes do projeto.

Quadros de análise para o design de tarefas

Segundo Ponte (2005), há diferentes aspectos a considerar numa tarefa: o grau de estrutura (mais aberta ou fechada), o nível de desafio (mais fácil ou difícil), a duração no tempo (mais curta ou longa) e o seu contexto (puramente matemático, semi-real ou real). Numa análise mais abrangente, Kieran et al. (2015) identificam uma grande variedade de quadros de análise sobre o design de tarefas, que podem distinguir-se também por diferentes perspetivas. Por exemplo, podemos considerar que dizem respeito a ambientes de aprendizagem centrados no aluno, no conhecimento ou na avaliação. Outra forma de análise diz respeito ao tipo de tarefa, nomeadamente se está orientada para: a) o desenvolvimento de conhecimento matemático (conceitos, procedimentos, representações, entre outros); b) o desenvolvimento de processos de raciocínio matemático (conjeturar, generalizar, provar, entre outros); c) o desenvolvimento da atividade de



modelação ou resolução de problemas; d) a avaliação do conhecimento matemático; e e) o contexto de competições matemáticas. Desta forma, os autores assinalam que o design das tarefas pode envolver várias teorias e princípios, bem como o seu relacionamento.

Kieran et al. (2015) sugerem ainda que uma forma mais holística de classificar os quadros de análise para o design de tarefas é considerar o seu nível de abrangência: “grandes” quadros de análise (psicologia cognitiva, construtivismo, socio-construtivismo, ...); quadros de análise de nível intermédio, alguns com origem e tradição em países específicos, mas também difundidos noutros contextos culturais (matemática realista, teoria das situações didáticas/engenharia didática, estudos de aula, entre outros); quadros de análise de domínio específico (temas/tópicos matemáticos, como geometria ou números inteiros, e processos, como provar ou conjecturar) e; finalmente, quadros de análise que consideram características específicas de um ambiente de trabalho (por exemplo, para a utilização de uma ferramenta).

Perspetivas curriculares

Os objetivos desta investigação são ambiciosos relativamente ao currículo pois não estipulam nenhum tema ou domínio particular. No entanto, esta investigação propõe-se contribuir para o desenvolvimento do currículo prescrito. Assim, optamos por enquadrar cada situação particular, como é o caso deste texto, nas perspetivas curriculares das duas áreas envolvidas. As tarefas experimentadas e que discutimos neste texto dizem respeito às disposições retangulares e às capacidades de representação, na Matemática, e cruzam os domínios organizadores contemplados no currículo das Artes Visuais.

As disposições retangulares são um tipo de estrutura organizada, em linhas e colunas, com ligação à contagem e à multiplicação. Este tipo de estrutura está presente em muitas situações reais do dia a dia, com grande presença na vida das crianças, constituindo por isso uma forma de organização e representação muito rica e acessível. Na opinião de Fosnot e Dolk (2001), estes contextos devem ser mobilizados em tarefas que tirem partido dos modelos subjacentes e favoreçam a atribuição de sentido à operação de multiplicação, uma orientação que é sublinhada nas atuais Aprendizagens Essenciais de 2.º ano (Canavarro et al., 2021).



A orientação anterior enquadra-se, de uma forma mais abrangente, na relevância das representações na aprendizagem que é destacada em vários documentos curriculares. Por exemplo, NCTM (2007, p. 161) aponta que “as representações tornam as ideias matemáticas mais concretas e disponíveis para reflexão”, evidenciando que “os alunos podem representar ideias através de objetos que possam ser movidos e reordenados”. No que respeita às Aprendizagens Essenciais de 2.º ano, é preconizada a utilização e “a discussão em torno de diferentes formas de organização dos objetos enquanto estratégias facilitadoras da contagem” (Canavarro et al., 2021, p. 23).

NCTM (2007) reconhece a responsabilidade do professor na criação de ambientes de aprendizagem ricos e diversificados, em que “a utilização, por parte dos alunos, de diversas representações seja encorajada e apoiada” (p. 163). Ao usarem modelos matemáticos para compreender relações quantitativas em situações concretas, os alunos estarão a aprender a reconhecer a natureza matemática de situações distintas, atribuindo significado às relações matemáticas.

Focando-nos agora nas Artes Visuais, os documentos curriculares orientadores de Educação Artística – Artes Visuais para o 1.º ciclo preveem três domínios organizadores das Aprendizagens Essenciais: Apropriação e Reflexão; Interpretação e Comunicação; Experimentação e Criação. Tendo em vista a situação em foco neste trabalho, destacamos, relativamente ao primeiro domínio, o incentivo à apreciação estética e artística para a compreensão de múltiplos aspectos que caracterizam a “linguagem das imagens” sempre a partir de experiências variadas. No que respeita ao segundo domínio, e na mesma linha de variedade de experiências, é proposto o “desenvolvimento de estratégias das relações entre o olhar, o ver e o fazer” em que se aponta para a interdependência de três realidades: “imagem/objeto, sujeito e construção de hipóteses de interpretação” (DGE, 2018a, p. 2). O terceiro domínio proposto, que avança para a criação, destaca “a (re)invenção de soluções para a criação de novas imagens”, bem como “o valor da intencionalidade e o desenvolvimento da expressividade de cada um” (DGE, 2018a, p. 3). Há, neste domínio, um claro apelo ao papel do professor na promoção de momentos em que os alunos vivenciem experiências criativas. Para as analisar e compreender adotamos o sentido de criatividade como “processo cognitivo que permite ser receptivo aos problemas” (Candeias, 2008,



p. 44). Para esta autora, esta receptividade aos problemas envolve “identificar as dificuldades, gerar múltiplas possibilidades para um determinado problema, testar as diferentes hipóteses e saber comunicar e avaliar os resultados” (p. 44).

Tendo em conta que a concretização de um currículo ocorre em situações coletivas de ensino, interessa-nos também destacar a referência de Candeias à abordagem sociocultural da criatividade, em que está presente a relação dialética entre os processos individuais e os processos sociais. Neste âmbito, esta autora leva-nos a considerar “a interação dinâmica entre pessoa e contexto, procurando ultrapassar a conceção mais estática em que o indivíduo e o meio são considerados como variáveis fixas” (2008, p. 45). Também Cramond (2008), ao defender que competências e atitudes a desenvolver pelos alunos devem ser trabalhadas através do currículo e não isoladamente, nos ajuda a orientar a nossa investigação. Assumimos que as atividades que contribuem para o desenvolvimento da criatividade devem estar “enraizadas em todas as disciplinas para que os alunos percebam o seu valor e as apliquem quando for adequado” (Cramond, 2008, p. 33).

Metodologia

A equipa do projeto IMAVIS é constituída pelos seis autores deste artigo. Um dos elementos é docente e investigador em Artes Visuais e as restantes têm realizado investigação em Educação Matemática. Neste ano letivo, três são docentes no 1.º ciclo, mas todas têm experiência de lecionação no ensino superior, na formação inicial de educadores e professores dos primeiros anos, embora diferenciada. O projeto tem ainda ligações a outros professores de 1.º e 2.º ciclos que participam em atividades do projeto, como sessões práticas e reuniões.

O trabalho de conceção de tarefas interdisciplinares que temos vindo a realizar enquadra-se no campo da engenharia didática, entendida como uma ciência empírica dos fenómenos didáticos em que a questão da validação empírica de resultados é fundamental (Barquero & Bosch, 2015). Estas autoras reconhecem o papel central de uma situação inicial, que começa por ser adidática e que é sujeita a um processo de desenvolvimento, envolvendo vários aspectos didáticos que a vão transformar numa situação didática. Segundo Barquero e Bosch, “as situações adidáticas são uma forma de mostrar a funcionalidade do conhecimento matemático, no ambiente institucional dos alunos que devem aprendê-lo” (2015, p. 260). Estas autoras destacam que este modelo de



abordagem da engenharia didática oferece a possibilidade de encarar a transição para um paradigma de questionamento do mundo, que se torna crucial. Nesta perspetiva “o conteúdo matemático, bem como qualquer outro conteúdo, precisa de aparecer a partir de respostas a questões reais” (Barquero & Bosch, 2015, p. 269). O entendimento das situações adidáticas parecem-nos especialmente adequado à identificação de situações interdisciplinares de partida com possibilidades de caraterização epistemológica em cada uma das áreas envolvidas neste trabalho — Matemática e Artes Visuais. Reconhecemos também que as situações de partida possam ter uma natureza aberta, geradora de aprendizagens de caráter disciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar.

Na nossa investigação adaptámos o modelo de quatro etapas de trabalho de Barquero e Bosch (2015) com ênfase no papel central da "situação": 1) Análise preliminar, em que se questiona o conteúdo a ensinar, geralmente considerando diferentes possibilidades didáticas; 2) Design e análise prévia, que conduzem à caraterização do conteúdo e à formulação de questões problematizadoras no contexto de uma sequência de situações concretas; 3) Implementação, observação e recolha de dados; e 4) Análise, validação e desenvolvimento, em que culmina o processo de engenharia didática. Na nossa investigação, respeitamos estas quatro etapas de trabalho, mas com pequenos ajustes. Para as fases 1 e 2 elaborámos dois documentos orientadores adequados à natureza das situações interdisciplinares que selecionámos como ponto de partida.

Temos assim as seguintes fases do trabalho com os documentos orientadores associados:

1.^a fase — Caraterização de uma situação interdisciplinar, com o respetivo questionamento epistemológico do conhecimento matemático e do conhecimento de artes visuais associados (Referencial da tarefa);

2.^a fase — Caraterização da perspetiva didática, integrando aspectos curriculares específicos de cada uma das áreas envolvidas (Guião da tarefa);

3.^a fase — Implementação, observação e recolha de dados (Experimentação);

4.^a fase — Análise, validação e desenvolvimento.

Para a identificação e caraterização de cada situação interdisciplinar seguimos as orientações de Wiggins e Wiggins (1997) que defendem, numa abordagem interdisciplinar, a necessidade de



estabelecer ligações conceptuais, mais do que ligações de conteúdo. Segundo estes autores, “nas artes visuais os alunos envolvem-se em situações de ver, analisar e criar para obter uma compreensão artística e desenvolver competências de literacia artística” (1997, p. 40). É esta orientação sobre as Artes Visuais, que consideramos como adaptável à exploração e desenvolvimento da atividade Matemática, que utilizamos como estruturante para avançar na segunda etapa já de uma forma operacional. Apoiado no referencial construído na primeira fase, cada guião admite várias possibilidades exploratórias e não está vinculado a um ciclo ou ano de escolaridade. Num guião há sempre três momentos fundamentais orientadores das tarefas: Criação, Análise e Fruição. A sequência destes momentos é variável, porém todos são obrigatórios, embora possam ter mais atenção para uma das áreas de aprendizagem envolvidas. Esta orientação em três momentos é decisiva para que ocorram sempre aprendizagens que contemplem as duas áreas e que, além disso, haja mais valias de aprendizagem transversal decorrentes desta associação. Além disso, em nosso entender, a orientação escolhida permite manter a integridade de cada área envolvida, respeitando aspectos fundamentais de cada uma delas, sem o risco de que os conteúdos de uma substituam os conteúdos de outra.

A recolha de dados foi realizada em três turmas de 1.º ciclo – duas de 2.º ano (turmas A e B) cujas docentes são membros da equipa do projeto, uma de 3.º ano (turma C) lecionada por outra docente com ligação ao projeto – em escolas públicas da periferia de Lisboa. A recolha decorreu da observação direta e participativa, ocasionalmente com a presença de um segundo membro da equipa, de registos fotográficos de momentos de aula e produções de alunos, áudio e/ou vídeo das aulas e registos escritos dos docentes envolvidos.

A análise de dados relativa às aprendizagens disciplinares dos alunos incide nos objetivos identificados no guião da tarefa e identificados no ponto seguinte. Quanto às aprendizagens de natureza transdisciplinar, a análise tem em conta os descriptores operativos das áreas de competência enunciadas no PASEO (Martins et al., 2017).

Resultados

Caracterização da situação interdisciplinar



O referencial da situação que apresentamos neste texto, cuja designação é “Disposições e arranjos retangulares”, tem como ponto de partida as composições de Lisa Milroy em que a artista representa conjuntos de sapatos (Figuras 1 e 2). Cada uma das composições é uma organização de objetos repetidos de modo a constituir uma disposição retangular.

Figura 1 (esquerda) e 2 (direita)

Lisa Milroy, Shoes, oil on canvas, 1988 e 1990, respetivamente



Nota: Retirado de <https://www.lisamilroy.net/c/11/shoes>

Este modelo de organização constitui um contexto com muitas potencialidades para o desenvolvimento de tópicos e objetivos dos atuais currículos do 1.º e 2.º ciclos. No caso da Matemática, as representações visuais de modelos numéricos, das quais destacamos os arranjos retangulares, são estudadas em relação com a álgebra. Nas Expressões Artísticas/Educação Visual, selecionamos a percepção das formas, as cores primárias e secundárias, a criação de texturas e signos visuais. O modo como a Matemática encara esta situação é totalmente diferente do modo como as Artes Visuais a exploram. A Matemática foca-se, sobretudo, em aspectos quantitativos e as Artes Visuais em aspectos qualitativos.

É importante também destacar que esta artista criou várias composições a partir da repetição do mesmo elemento. Por esta razão, a situação de partida contempla a possibilidade de apreciar várias obras desta artista desenvolvendo assim vários aspectos da fruição e de análise de obras de arte. Todo este conjunto de obras de Lisa Milroy tem por base a representação bidimensional de um



conjunto de objetos tridimensionais, proporcionando assim várias possibilidades de análise sobre a representação de objetos.

Caracterização da perspetiva didática

Os objetivos definidos para as tarefas decorrentes desta situação, previstos no guião, foram os seguintes:

- Interpretar situações com a multiplicação no sentido aditivo evidenciando a relação entre a multiplicação e a adição, através da representação de arranjos retangulares.
- Reconhecer sequências de múltiplos.
- Apreciar diferentes manifestações artísticas e outras realidades visuais e compreender o seu contexto cultural.
- Integrar a linguagem das artes visuais e explorar várias técnicas de expressão artística.
- Captar a expressividade contida na linguagem das imagens e/ou outras narrativas visuais.

As orientações previstas contemplam, num primeiro momento, explorações de análise e fruição, seguidas de explorações de criação. Este guião foi seguido pelas professoras que realizaram as experiências que são descritas e analisadas neste texto. Concretamente, as três experiências desenvolveram-se em três etapas organizadas da seguinte forma: 1) os alunos tiraram os seus sapatos e exploraram formas de os organizar; 2) a professora apresentou algumas obras de Lisa Milroy que foram analisadas a partir do seu questionamento e das perguntas espontâneas dos alunos; 3) a turma planeou, em negociação com a professora e colegas, e executou composições inspiradas nas atividades anteriores.

Análise, validação e desenvolvimento

De seguida, apresentaremos episódios ocorridos nas três turmas onde decorreram as experiências, sem preocupação de esgotar tudo o que foi explorado, nem de identificar reações comuns.



Organizar sapatos

A turma A conta com 20 alunos, mas durante a atividade estavam 18, pelo que a turma sugeriu que as duas professoras presentes também descalçassem os seus sapatos. Depois de os alunos compreenderem o que a sua professora propôs – Como podemos organizar os nossos sapatos? – alguns alunos sugeriram organizar os 20 pares em duas filas de 10 pares. Espontaneamente, um dos alunos começou a contar os pares de sapatos: “1, 2, 3, 4, ...” E, logo de seguida, outra aluna contou “2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, ...” (referindo-se aos sapatos), seguindo-se ainda um outro que explicitou “4, 8, 12, ...”, explicando depois que estava a fazer grupos de quatro sapatos.

Depois de contarem os sapatos de forma diferente, a professora perguntou por outras formas de organizar os 20 pares. Algumas sugestões consideraram o local onde os sapatos estavam colocados e não a sua organização. Uma das professoras sugeriu que os sapatos se organizassem como se tivessem uma moldura à volta e, depois de alguma discussão, os alunos mexeram nos sapatos e organizaram em colunas de 3 pares, mas uma das alunas disse que não seria uma boa forma porque faltava 1 par. Outro aluno sugeriu “uma linha!” com 20 pares. Houve alunos que acharam impossível organizar de outra forma. Os alunos realizaram uma nova tentativa, de novo com 6 filas de 3 sapatos e, finalmente, quando uma aluna tenta com 4 filas (de 5 pares) percebem que resulta e festejam. Um aluno fez ainda uma alteração a esta organização, colocando os sapatos das professoras no centro, e justificando que assim ficaria melhor (Figura 3).

Figuras 3 (esquerda) e 4 (direita)

Organização dos pares de sapatos em retângulo 5x4 e 1x20, respetivamente





A professora terminou este momento de exploração sistematizando esta última organização:

Professora: Temos 1, 2, 3, 4, por quanto?

Luís: Por 5! Porque é 4 por 5!

Professora: Ah! Eu tenho $4 + 4 + 4 + 4 + 4$ ou, se vir assim, $5 + 5 + 5 + 5$. 4 vezes o 5, ok.

Ao encerrar o momento, a professora perguntou que palavras utilizariam para descrever aquela organização:

Catarina: Bonito!

Manuel: Um quadro.

Professora: Um quadro? Porque é que achas que parece um quadro?

Manuel: Porque os quadros são assim em retângulo.

Professora: Achas que podia haver um quadro assim com sapatos?

Matilde: Sim! Se os sapatos estivessem colados!

Liliana: Podiam porque também se podem desenhar! Púnhamos o sapato e desenhávamos o molde!

Professora: E acham que os sapatos são um objeto bonito que podemos encontrar num quadro?

Alunos: Sim... Não...

Catarina: Não, porque os sapatos não são bem apropriados para desenhar. Uma coisa é teres uma pessoa com sapatos, outra coisa é desenhares um monte de sapatos! ... É um bocadinho estranho!

Para terminar, houve um aluno que fez questão de ver a organização dos pares numa só fila e a turma assim fez (Figura 4).

A turma B contava, no dia da exploração de formas de organização dos sapatos, com 14 alunos. Respondendo à mesma solicitação de organizar os sapatos, imediatamente os alunos



sugeriram disposições retangulares, relacionando com o tópico da multiplicação, com base nas estruturas retangulares, que tinha sido trabalhado nas semanas anteriores. Contudo, atendendo ao número em causa, não identificaram muitas possibilidades e chegaram a sugerir usar os sapatos da professora para fazer 3×5 . Perante a limitação de possibilidades, surgem alternativas: “num par, um sapato fica por cima do outro em vez de lado a lado” ou “uma prateleira com 14 buracos para conseguir arrumar todos os sapatos”.

As formas alternativas levaram a professora a perguntar se, nas novas disposições, os sapatos ocupariam mais ou menos espaço. Um dos alunos explicou que os sapatos iriam ocupar menos espaço numa prateleira, porque as fileiras estão umas em cima das outras, ao que a professora retorna:

Professora: Como podem estar a ocupar menos espaço se está o mesmo número de sapatos? Se estão a ocupar menos espaço no chão, que espaço estão a ocupar?

Os alunos acabam por concluir que “estão a ocupar mais espaço no ar”.

A professora lançou o desafio de poupar espaço no chão e um aluno rodou um dos pares de sapatos, ao que a professora insistiu se a disposição pouparia espaço. O aluno ficou a pensar na pergunta e retirou alguns sapatos mas, entretanto, outras formas alternativas continuaram a surgir, bem como a questão da ocupação de espaço. Uma aluna sugeriu colocar os sapatos uns em cima dos outros. Surge a estrutura $3 \times 2 \times 2$, mas sobram dois pares de sapatos. Experimentam a estrutura $4 \times 2 \times 2$, mas a falta de dois pares não permite completar o arranjo ortogonal tridimensional. Finalmente, os alunos começaram a transformar as duas camadas em três camadas, mas o formato dos sapatos torna difícil essa construção (Figura 5).

**Figura 5***Organização em camadas*

Na turma C estavam presentes 20 alunos e a professora decidiu levar os alunos para o ginásio para a organização dos sapatos. Os alunos começaram por sugerir uma organização de todos os seus sapatos por cores, embora tenham tido dificuldade em identificar a cor dominante, pois eram todos sapatilhas desportivas e possuíam várias cores (Figura 6).

Figura 6*Alunos a decidir uma organização para os pares de sapatos*

Espontaneamente, começaram por dispor os 20 pares de sapatos em fila, com uma certa graduação de cores: preto, branco, cinzento, azul, laranja e rosa. A professora propôs que organizassem a fila de pares de sapatos pensando numa dada regularidade e alguns alunos



pensaram organizar por marcas. Outros propuseram manter por cores. Neste último grupo, começaram a organizar de forma alternada entre preto e branco (os sapatos em maior número) e deixaram as outras cores para o fim. Um dos alunos propôs colocar um dos pares de sapatos de cor diferente (de preto ou branco) a seguir de cada branco. Esta opção ganhou a atenção dos restantes elementos da turma e juntos construíram uma sequência, encontrando uma regularidade, que os alunos verbalizaram como: *preto, branco e qualquer cor*. Com esta organização, usaram todos os pares, exceto dois.

Nesse momento, Soraia, uma das alunas da turma, pede a palavra.

Soraia: Eu tive uma ideia. Podemos pôr mais este antes do preto [no início da sequência] e fica: qualquer cor, preto branco.

Milan: Fica sempre a repetir qualquer cor, preto branco.

Figura 7

Organização sugerida por Soraia



Esta sugestão da Soraia (Figura 7) – colocar o par de sapatos “qualquer cor” no início da fila – permitiu continuar a sequência, colocar na fila mais um par de sapatos, mas fez surgir um novo motivo.



Na turma C, por proposta da professora, também se analisaram hipóteses para organizar os 20 pares de sapatos numa estrutura retangular:

A professora desafia a turma a construir um retângulo diferente, com o mesmo número de sapatos. Ao fim de algumas construções, chegam a uma, que discutem:

Sílvio: Fizemos 2 por 10.

Solana: Estávamos a tentar pôr mais uma fila, mas três não vai dar para 20.

Professora: Então porquê, Solana?

Solana: Tens de fazer 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21. Tínhamos de ter mais os sapatos da Filipa, que fica 21.

Professora: Ah, se tivéssemos os sapatos da Filipa já dava, é isso?

Solana: Sim.

Dante: Não, mas era número ímpar.

Professora: E com números ímpares não conseguimos construir retângulos, é isso?

Soraia: É possível, mas é mais fácil fazer com números pares.

A professora juntou os seus sapatos e, com os 21 pares de sapatos, propôs à turma que provasse a existência de um retângulo com um número ímpar de sapatos e os alunos chegaram à disposição 3 x 7 (Figura 8).

Figura 8

Disposição retangular 3 x 7





Esta fase do trabalho foi vivida de forma diferente nas três turmas, embora com vários aspectos em comum. As turmas A e B, de 2.º ano, mobilizaram o conhecimento matemático concentrando-se mais nos aspectos quantitativos, com vista à tomada de decisões: procurar uma estrutura retangular ou poupar espaço, em ambos os casos dando sentido à informação e às experiências.

Os dados revelam que a situação permitiu, como se pretendia, que os alunos interpretassem situações com a multiplicação no sentido aditivo evidenciando a relação entre a multiplicação e a adição, através da representação de arranjos retangulares. Surgiram também sequências de múltiplos de alguns números (2, 3 e 4) a partir da contagem dos pares de sapatos e, na turma C, as experiências levaram alguns alunos a perceber que é mais difícil obter um número ímpar como produto de números naturais do que um par (o que é verdade, já que só se obtém um ímpar a partir do produto de dois ímpares), o que corresponde à construção de uma nova ideia, como resultado da reflexão.

A ideia de poupar espaço levou à experimentação de novas situações, expandindo o problema para o espaço tridimensional, embora ainda com ligação implícita à multiplicação. Contudo, talvez mais importante tenha sido a ideia de preservação da grandeza, convocada na discussão sobre duas questões com potencial para promover a reflexão e a construção de novas ideias: Como podem estar a ocupar menos espaço se temos o mesmo número de sapatos? Se mudarmos um sapato de posição, ele ocupa um espaço diferente?

Apesar de não ter sido anunciado um propósito artístico ou estético no desafio de organizar os sapatos, este foi considerado na turma C com a escolha da cor como critério (estético) de organização dos sapatos, formando uma sequência, com o cuidado de manter a regularidade a partir da repetição de uma unidade.

As obras de Lisa Milroy

Esta fase do trabalho seguiu uma metodologia semelhante nas três turmas: as professoras projetaram algumas obras de Lisa Milroy com pouca ou nenhuma informação sobre a sua autoria ou tipo de objeto e, coletivamente, discutiram com os alunos o que observavam. As perguntas que foram fazendo decorreram das suas reações, comentários ou curiosidades.



Na turma A, possivelmente por terem acabado de focar as disposições retangulares e a contagem dos seus sapatos, a observação da obra *Shoes* (1988, Figura 1) levou um dos alunos a dizer que “são $4 \times 5 = 20$ como nós mais 4” (correspondente à última coluna). Contudo, os aspectos numéricos ficaram para trás e só foram retomados mais tarde. Desta forma, as observações e comentários dos alunos das três turmas, nesta fase, foram dominados pelos aspectos estéticos.

Uma característica marcante notada pelos alunos na turma C e foco da sua discussão diz respeito ao realismo das obras:

- Hugo: Isso é pintado? ou...
- Soraia: Ou é...
- Solana: É pintado ou com sapatos de verdade?
- Sílvio: É com sapatos!
- Solana: É com sapatos de verdade.
- Melissa: É pintado.
- Soraia: Se ela é uma artista, deve ser pintado, professora.
- Mafalda: Mas também se faz arte com sapatos ou não?

A turma divide-se quando a professora lhes pede para que digam se a artista pintou efetivamente o quadro ou se tirou uma fotografia e se são sapatos reais. O ser artista parece remeter Sofia para a pintura, mas Marta contrapõe, interpelando que também se faz arte com sapatos. A professora apela a que os alunos justifiquem.

- Hugo: Tem sombra.
- Milan: Mas tem sombra!
- Melissa: Sim, mas dá para ver logo [vai ao quadro apontar] por aqui, por aqui, por todos os sapatos, que é mentira. Vê-se que é mentira.
- Sílvio: E parece que está borrado.
- Prof.^a: Então?



- Milan: São, são! Aquilo tem sombra e tudo.
- Dante: Mas pode-se desenhar sombra.
- Hugo: Foi ela que desenhou a sombra.
- Prof.^a: Foi ela que desenhou...
- Soraia: Pois dá para fazer, eu já desenhei sombra.
- Lino: Eu também já.
- Carla: Ela pode estar a enganar-nos... pode está a pôr um filtro.

Assim como a sombra foi apreciada como elemento realista, houve outras características assinaladas como tendo o mesmo propósito: o brilho e a posição dos sapatos. Estes aspetos vão surgindo naturalmente à medida que os alunos analisam mais detalhadamente cada obra, mas também por comparação entre obras:

Figuras 9 (esquerda) e 10 (direita)

Lisa Milroy, Shoes, oil on canvas, 1985, 1987, respetivamente



Nota: Figuras 9 e 10 retiradas de <https://www.lisamilroy.net/c/11/shoes>.

**Figura 11**

Lisa Milroy, Shoes, oil on canvas, 2016



Figura 11 retirada de <https://www.lisamilroy.net/c/1000063/installation-paintings>.

Manuel: Gosto mais deste (Figura 9). É mais simples, são menos.

Maria: Uns estão assim, outros assim (simulando com os pés as diferentes posições dos sapatos)

Alunos: Também têm o brilho e sombra!

Aluno: Ah! Este (Figura 10) parece mesmo uma fotografia!

Matilde: Quer dizer, alguns não e outros sim.

Bruno: Gosto muito daqueles (1.º par da 2.ª fila), estão muito realistas, porque parecem mesmo estar em cima, por causa do salto.

Matilde: No outro via-se o salto de lado, neste está debaixo.

André: Há uns chinelos!

O realismo de alguns sapatos parece cativar a atenção dos alunos e ser um elemento de fruição. Curiosamente, a ideia oposta – a noção de que os objetos impossíveis são interessantes – parece ser também considerada por alguns alunos. Por exemplo, quando uma das professoras questiona por que razão as obras apresentadas são consideradas arte, um aluno justifica que “há sapatos que nunca iam existir, porque não servem para nada”. Assim, e por um lado, os alunos



parecem apreciar a capacidade da artista em produzir uma representação (no plano) que parece um objeto real (tridimensional), por outro, aparentam reconhecer a possibilidade da arte transcender a realidade.

Finalmente, a observação de uma última obra (Figura 2) retoma os aspectos numéricos. Quando surge a imagem projetada, a turma tem uma reação de surpresa: “São todos iguais!”. Alguns alunos começam a deter-se nas particularidades dos sapatos:

Matilde: Se são pintados não são iguais, nunca fica igual.

Bruno: Nem todos têm o mesmo número das manchas do brilho.

A professora ouve alguém a fazer contagens e pergunta quantos são:

Bruno: Vemos que tem 5 filas e 14 colunas. Então 5×14 .

Nuno: Podemos ir aproximando. Por exemplo 2×14 , 4×14 ...

A professora regista as operações e os respetivos resultados. Os alunos partem de um produto que resolvem facilmente (2×14), depois dobram para obter 4×14 e chegam depois a 5×14 adicionando 14.

Estes diálogos são reveladores do interesse e envolvimento dos alunos na apreciação estética e na controvérsia sobre ser ou não ser arte. A natureza prática do objeto “sapato”, um elemento do dia a dia dos alunos, contribuiu naturalmente para o salutar confronto de ideias de que destacamos a questão “Também se faz arte com sapatos?”. Um outro aspecto marcante foi a discussão sobre a técnica utilizada pela artista, em que se destaca o cuidado e atenção de alguns alunos a vários aspectos particulares como sejam sombras, cores, brilho, diferenças entre os objetos.

Percebe-se a duplicidade na interpretação com que os alunos analisaram os sapatos. Se para alguns era relevante o objeto em si e a sua funcionalidade, por exemplo, ser um chinelo ou ter salto, para outros ganhou relevo a sua representação expressa em comentários como “sapatos de verdade”, “gosto muito daqueles” ou “se são pintados não são todos iguais”. Esta diversidade de olhares marca significativamente a interdependência entre as três realidades: Imagem/objeto, sujeito e construção de hipóteses de interpretação. Destacamos também a facilidade que os alunos



tiveram em introduzir no seu discurso aspectos da linguagem das Artes Visuais, como por exemplo, “tem sombra”, “tem brilho”, “está borrado”.

Parece-nos que todas as explorações terão contribuído para que os alunos apreciassem uma série de obras artísticas. Se por um lado o objeto representado nas composições de Lisa Milroy permitiu um confronto salutar entre o que pode ou não pode ser considerado arte, não podemos deixar de destacar o valor do conjunto de obras da artista que os alunos puderam apreciar e analisar. Esta possibilidade de recorrer a uma série de obras do mesmo artista, que abordam uma temática, constitui uma mais valia para planear outras atividades que contribuam para o objetivo de apreciar uma expressão artística e começar a compreender o seu contexto cultural.

As composições das turmas

Na turma C, a dada altura da análise dos trabalhos de Lisa Milroy, surgiu a ideia de a turma criar uma composição com os seus sapatos. A ideia foi-se construindo em conjunto e os alunos começaram por desenhar os seus próprios sapatos, em tamanho real, reais ou imaginários, numa folha branca A4, lisa (Figura 12).

Figura 12

Desenho dos próprios sapatos



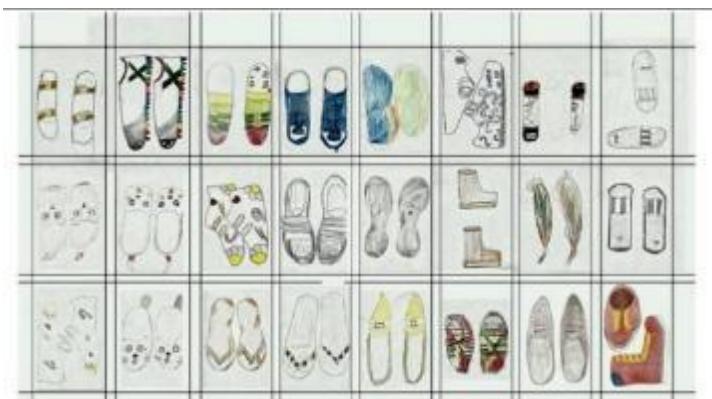


Surgiram questões e hesitações, que implicaram tomadas de decisão: “Desenhamos com a folha assim (vertical) ou assim (horizontal)?”, “Posso desenhar chinelos?”, “Posso desenhar os sapatos de lado?”.

Os desenhos foram colados lado a lado na disposição retangular (Figura 13) e foi explorada a qualidade do desenho.

Figura 13

Conjunto dos desenhos dos próprios sapatos

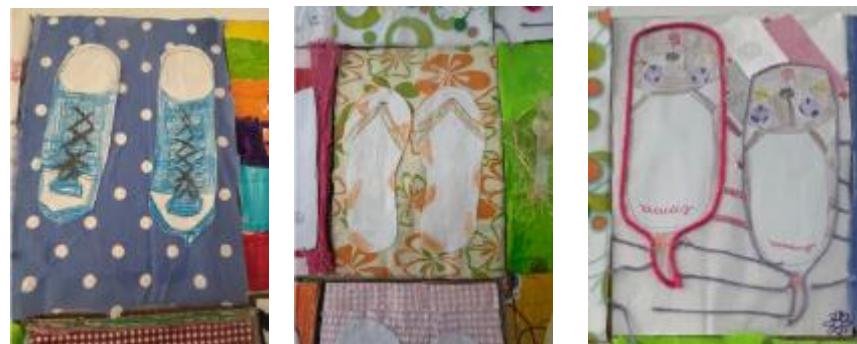


Alguns alunos revelaram entender que o valor dos seus desenhos, enquanto objetos artísticos, podia ficar dependente do que os outros pensam sobre os mesmos e da sua aproximação ao real. Para a desconstrução destas ideias preconcebidas, a discussão focou-se nas possibilidades de experimentação mobilizadas e na criação de cada aluno sem a categorizar, ou classificar como algo bonito ou feio.

Concluído o desenho, que colaram num suporte de cartão, avançaram para a construção de um tapete para colocação dos sapatos desenhados, como representado numa das obras de Lisa Milroy (Figura 13). Os alunos tiveram oportunidade de explorar várias possibilidades expressivas dos materiais manipulando botões, tecidos, *glitter*, fitas, diferentes tipos de papel e selecionar o que pretendiam usar para produzirem um tapete onde colocaram os seus sapatos desenhados (Figura 14).

**Figura 14**

Tapetes com os respetivos sapatos



Após a produção dos tapetes, a turma discutiu a disposição retangular mais adequada para a sua obra. O tamanho do painel onde ia ser afixada influenciou a disposição retangular escolhida, embora não tenha reunido consenso. Resultou um mural com as suas produções, a que intitularam “Calçado da Turma” (Figura 15), que ficou afixada no painel do corredor principal da escola.

Figura 15

Mural “Calçado da turma” e sua localização na escola



A turma refletiu sobre os elementos de Artes Visuais que compõem a obra e compôs o texto que deu origem à ficha técnica (Figura 16).

**Figura 16**

Ficha técnica do mural “Calçado da turma”



Na turma B, a professora propôs aos alunos que desenhassem os seus sapatos ou uns sapatos à sua escolha. Posteriormente, numa outra aula, sugeriu aos alunos que construíssem sapatos tridimensionais, a partir dos desenhos que tinham feito.

Cada aluno recebeu um pedaço de pasta de modelar que teria de usar para construir o sapato que tinham desenhado. Durante a construção dos sapatos, foi comum aparecerem sapatos achataados, quase bidimensionais, talvez mais influenciados pelos desenhos do que pela própria imagem real de um sapato. Por exemplo, foi comum começarem por estender a pasta de modelar "esculpindo" o que parecia ser uma base/sola do sapato (Figura 17). No entanto, muitos não avançaram para o plano tridimensional, passando logo para a "decoração" do sapato a partir dessa base o que, no caso de uma aluna que desenhou uma sandália, fazia sentido. Perante isto, a professora discutiu com a turma a ideia de volume dos objetos a partir da observação do próprio sapato, no sentido de perceberam que não era achataido. Para tal, foi importante relembrar os alunos que, sendo um sapato, era necessário espaço para colocar o pé lá dentro. Alguns alunos refizeram as suas produções, outros mantiveram-nas, notando-se, ainda assim, alguma reformulação com a preocupação em construir o sapato com uma forma côncava. Depois, foram adicionando pormenores como os atacadores, o salto ou a língua do sapato. Por fim, pintaram o sapato. Na maioria dos casos, procuraram corresponder às cores do desenho que tinham feito, noutras casos, preferiram alterar.



Nesta experiência consideramos interessante verificar que, para alguns alunos, foi mais fácil desenhar os sapatos (Figura 17), enquanto para outros foi construir o próprio sapato (Figura 19).

Figura 17

Escultura e respetivo desenho do sapato de António



Figura 18

Escultura e respetivo desenho do sapato de Eduardo



**Figura 19**

Escultura e respetivo desenho do sapato de Maria



A abordagem ao domínio da Experimentação e Criação foi facilitada pelas vivências iniciais de fruição e análise. Com entusiasmo, são os próprios alunos que sugerem fazer uma composição com os seus sapatos. A familiaridade com o objeto a representar contribuiu naturalmente para desafiar a criatividade de cada um e estimular o interesse em explorar diversos tipos de materiais.

Destacamos também as diferenças entre as duas experiências de criação. Numa delas a opção foi de recorrer ao desenho, na outra, por influência da professora, a opção foi a de recorrer à criação de um objeto. Em ambas foi significativo o interesse dos alunos em dar expressão às suas ideias.

Evidencia-se também a dimensão social da criatividade. Num primeiro momento há questões prévias que são discutidas (posição da folha, posição dos sapatos, vista do objeto, técnica de representação, material a utilizar, entre outras). Depois, cada um pode concretizar a sua representação com grande liberdade. Da observação dos trabalhos percebe-se a diversidade de soluções encontradas. A construção do painel ou a escultura dos sapatos é o culminar deste processo criativo de grupo.

Conclusões

No que diz respeito às aprendizagens curriculares de natureza disciplinar, as experiências realizadas nas três turmas evidenciam aspetos comuns e aspetos divergentes. No que diz respeito



à Matemática, como aspeto comum surge a ideia de organizar os sapatos inerente às obras de Lisa Milroy que promoveu efetivamente a interpretação de situações com a multiplicação no sentido aditivo, evidenciando a relação entre a multiplicação e a adição, através da representação de arranjos retangulares, que é evidente nos exemplos analisados com os alunos. O interesse em contar, particularmente observado na obra *Shoes* (1990) em que a quantidade é uma característica significativa, é um exemplo que conduziu alguns alunos a traduzirem o número resultante da contagem a partir de um produto. Podemos assim afirmar tratar-se de um contexto que, como sugerem Fosnot e Dolk (2001), permite tirar partido do modelo retangular para dar sentido à operação. Como pretendido, a contagem dos sapatos, particularmente no primeiro momento de organização dos sapatos dos alunos, conduziu ainda ao aparecimento de sequências de múltiplos de números, em especial de 2, 3 e 4.

A abertura da situação inicial e a orientação das professoras favorecendo a discussão de diferentes aspetos conduziu a outras aprendizagens curriculares que não se estabeleceram como objetivos mas que, ainda assim, assinalamos: a ideia de objeto tridimensional *versus* representação no plano e a construção de sequências pictóricas. O primeiro caso remete para a compreensão de volume enquanto característica de um objeto que ocupa espaço (um sapato calça-se, tem de caber o pé), bem como a vista de um objeto tridimensional (um desenho ou uma pintura). No segundo caso, está implicada a identificação de uma regularidade que é entendida, frequentemente, como um elemento estético que pode transmitir harmonia e equilíbrio. Em ambos os casos, tratando-se de aprendizagens matemáticas, salienta-se uma ligação evidente às Artes Visuais.

No que diz respeito às Artes Visuais, destacamos o valor do segundo e terceiro momentos da experiência para as aprendizagens dos alunos. A observação e discussão coletiva sobre as obras de Lisa Milroy promoveu a sua análise detalhada, envolvendo aspetos de natureza diferente, alguns previstos e assumidos como objetivos, outros que emergem da discussão. No primeiro caso, identificamos o reconhecimento e valorização de técnicas usadas pela artista, como a sombra, o brilho, a cor e a função de cada uma nas obras. No segundo caso, realçamos o poder desta situação para envolver os alunos num confronto de ideias sobre o objeto representado e a representação do objeto, bem como sobre o que pode ou não ser considerado arte ou ser foco de interesse artístico.



O último momento da experiência, o de criar composições com sapatos, constitui-se como uma fase fundamental para explorar várias técnicas de expressão artística e desenvolver a criatividade. A ideia de Candeias que assinala este processo cognitivo como facilitador da receptividade aos problemas (2008), permitindo identificar as dificuldades, gerar múltiplas possibilidades e testar as diferentes hipóteses, parece-nos particularmente pertinente nesta experiência, em que os alunos experimentaram diferentes técnicas e materiais evidenciando motivação e entusiasmo para superar os obstáculos.

No que diz respeito a aprendizagens transdisciplinares, destacamos a promoção do pensamento crítico e criativo e a sensibilidade estética e artística, duas das competências do PASEO (Martins et al., 2017) coerentes com o currículo de ambas as disciplinas envolvidas. Nos primeiros dois momentos registámos que “os alunos observam, analisam e discutem ideias, processos ou produtos centrando-se em evidências. Usam critérios para apreciar essas ideias, processos ou produtos” (p. 24), o que aconteceu particularmente através da mobilização de “processos de reflexão, comparação e argumentação em relação às produções artísticas” (p. 28). O terceiro momento permitiu o desenvolvimento de “ideias e projetos criativos com sentido no contexto a que dizem respeito, recorrendo à imaginação, inventividade, desenvoltura e flexibilidade” (p. 24).

Considerando os aspectos do design da experiência que se destacam, salientamos algumas ideias relativas às duas primeiras fases da metodologia da engenharia didática. Na primeira fase, de caracterização de uma situação interdisciplinar com o respetivo questionamento epistemológico do conhecimento matemático e do conhecimento de artes visuais associados, a escolha das obras de Lisa Milroy confirmou-se ser uma estratégia com muito potencial. Para tal, contribuiu o tipo de objeto em que se focam – sapatos – objeto esse familiar aos alunos e que permitiu a realização de várias experiências. Ao contrário da tendência histórica referida por Gamwell (2016), este é um exemplo de como a arte também pode inspirar a matemática. Na segunda fase, que remete para a caracterização da perspetiva didática integrando aspetos curriculares específicos de cada uma das áreas envolvidas, o princípio de contemplar os momentos de Fruição, Análise e Criação parece-nos manter a pertinência. Estas atividades podem surgir simultânea ou separadamente, com maior ou menor força, com contornos ou concretizações diferentes e incidentes em aspectos matemáticos e/ou



artísticos, mas preservando o significado e a relevância de cada área na situação explorada, de modo a preservar e fortalecer a integridade de cada uma, como sugere Nicolescu (2000).

Nesta experiência verificou-se também fundamental a interação entre os alunos nos diversos momentos do trabalho, favorecendo a explicitação de diferentes olhares e interpretações, o desenvolvimento de linguagem apropriada e abordagem sociocultural da criatividade, como destacada por Candeias (2008).

Terminamos citando Pombo (2005, p. 5) numa reflexão sobre as primeiras experiências deste projeto.

Só há interdisciplinaridade se somos capazes de partilhar o nosso pequeno domínio do saber, se temos a coragem necessária para abandonar o conforto da nossa linguagem técnica e para nos aventurarmos num domínio que é de todos e de que ninguém é proprietário exclusivo.

Seguimos por um caminho pouco trilhado, que nos faz sair da nossa zona de conforto, mas os resultados sustentam a nossa convicção de que vale a pena.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo projeto PI&CA.

Referências Bibliográficas

- Barquero, B., & Bosch, M. (2015). Didactic engineering as a research methodology: From fundamental situations to study and research paths. In A. Watson & M. Ohtani (Eds.), *Task Design In Mathematics Education: an ICMI study 22* (pp. 249–272). Routledge.
- Boavida, A. M. & Ponte, J. P. (2002). Investigação colaborativa: potencialidades e problemas. In GTI - Grupo de Trabalho sobre Investigação (Org.), *Refletir e Investigar sobre a prática profissional* (pp. 42-55). Associação de Professores de Matemática.
- Canavarro, A.P., Mestre, C., Gomes, D., Santos, E., Santos, L., Brunheira, L., Vicente, M., Gouveia, M. J., Correia, P., Marques, P., & Espadeiro, G. (2021). *Aprendizagens Essenciais de*



- Matemática no Ensino Básico.* ME-DGE. <https://www.dge.mec.pt/noticias/aprendizagens-essenciais-de-matematica>.
- Candeias, A. A. (2008). Criatividade: Perspectiva integrativa sobre o conceito e a sua avaliação. In M. F. Morais, &, S. Bahia (Coord.). *Criatividade. Conceito, Necessidades e Intervenção* (p.42-63). Psiquilíbrios Edições.
- Cavadas, B., & Mestrinho, N. (2019). Rede curricular interdisciplinar. *Educação e Matemática*, 54, 2-8.
- Christiansen, B., & Walther, G. (1986). Task and activity. In B. Christiansen, A. G. Howson, & M. Otte (Eds.), *Perspectives on mathematics education* (pp. 243-307). Reidel.
- Coburn, C. E., Penuel, W. R., & Geil, K. E. (2013). *Practice partnerships: A strategy for leveraging research for educational improvement in school districts*. William T. Grant Foundation.
- Cramond, B. (2008). Creativity: An international imperative for society and the individual. In M. F. Morais, &, S. Bahia (Coords.), *Criatividade. Conceito, Necessidades e Intervenção* (p.13-40). Psiquilíbrios Edições.
- DGE (2018a). *Aprendizagens Essenciais — 1.º Ciclo do Ensino Básico: Educação Artística — Artes Visuais*.
http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/1c_artes_visuais.pdf
- DGE (2018b). *Aprendizagens Essenciais — 2.º Ciclo do Ensino Básico — Educação Visual*.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/2_ciclo/educacao_visual_2c_ff.pdf
- Fosnot, C., & Dolk, M. (2001). Young mathematicians at work: constructing multiplication and division. Heineman.
- Gamwell, L. (2016). *Mathematics + art: A cultural history*. Princeton University Press.
- Greef, L. de, Post, G., Vink, C., & Wenting, L. (2017). *Design Interdisciplinary Education. A practical handbook for university teachers*. Amsterdam University Press.
- Jones, K., & Pepin, B. (2016). Research on mathematics teachers as partners in task design. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19, 105–121. <https://doi.org/10.1007/s10857-016-9345-z>



- Kieran, C., Doorman, M., & Ohtani, M. (2015). Frameworks and principles for task design. In A. Watson & M. Ohtani (Eds.), *Task design in mathematics education: An ICMI study 22*, (pp. 19-81). Springer.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press.
- Loureiro, C. (2018). Estruturação em geometria: contributos para caracterizar e desenvolver o conceito didático. In A. Carneiro-Barrera & A. Diáz Román (Eds.), *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo* (pp. 566-572). <http://hdl.handle.net/10400.21/10467>
- Loureiro, C. (2023). *Apontamentos de Geometria*. APM. https://www.apm.pt/files/files/Ebooks/Apt_Geo/Apt_Geometria_2023.pdf
- Loureiro, C. & Regatão, J. P. (2019). Criação e construção de Pop-UP — Uma prática pedagógica interdisciplinar entre as Artes Visuais e a Matemática. *Revista Interacções*, 15(50) 69-91. <http://revistas.rcaap.pt/interaccoes/issue/view/PDF>
- Morin, E. (2002). *Os sete saberes para a educação do futuro*. Edições Piaget.
- NCTM (2007). *Princípios e Normas para a Matemática Escolar*. APM.
- Nicolescu, B. (2000). *O manifesto da transdisciplinaridade*. Hugin.
- Martins, G., Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carillo, J., Silva, L., Encarnação, M., Horta, M., Calçada, M., Nery, R., & Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória*. Ministério da Educação. DGE.
- Pombo, O. (2005). Interdisciplinaridade e integração dos saberes. *Liinc em revista*, 1(1), 3-15.
- Pombo, O. (2021). *Interdisciplinaridade: Ambições e limites*. Alêtheia Editores.
- Pombo, O., Guimarães, H. M., & Levy, T. (1994). *A interdisciplinaridade – Reflexão e Experiência*. Texto Editora.
- Ponte, J. P. (2005). Gestão curricular em Matemática. In GTI (Ed.), *O professor e o desenvolvimento curricular* (pp. 11–34). APM.
- Regatão, J. P., & Loureiro, C. (2019). Object creation: An interdisciplinary approach to mathematics and visual arts. In J. P. Queiroz (Ed.), *Olhar, Perceber, Criar, Intervir: VIII Congresso Internacional Matéria-Prima*, (pp. 349-361). Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa & Centro de Investigação e Estudos em Belas-Artes.



Watson, A., & Thompson, D. R. (2015). Design issues related to text-based tasks. In A. Watson & M. Ohtani (Eds.), *Task design in mathematics education: An ICMI study 22*, (pp. 143-190). Springer

Wiggins, J., & Wiggins, R. (1997). Integrating through Conceptual Connections. *Music Educators Journal*, 83(4) 38-41. <http://www.jstor.org/stable/3399040>