

LUZ: O CONHECIMENTO CIENTÍFICO E A INTERDISCIPLINARIDADE A SERVIÇO DA VIDA

Alexandre de Oliveira Legendre¹
Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani¹
Emília de Mendonça Rosa Marques¹
Maria Terezinha Siqueira Bombonato¹
Rosa Maria Fernandes Scalvi¹
Daniel Dalla Valle²
Mateus Gushiken Paulozzi²
Paula Sabrina Martins de Souza²
Luciana Capelli²
Denise Hiromi Yoshioka²
Helen Cristina Caetano²

1 A interdisciplinaridade e o conhecimento científico na escola

O fracionamento do conhecimento científico em disciplinas que se subdividem em áreas mais especializadas tornou-se um obstáculo à construção de um saber capaz de propiciar ao homem a compreensão global dos fenômenos ao seu redor. Produzir explicações capazes de sustentar, de forma fundamentada, nossas mais simples decisões parece ser reflexo de uma forma de ação adotada por algumas áreas da Ciência. O trabalho intelectual desenvolvido nos centros de excelência em pesquisa tem primado pela especificidade. Percebe-se que,

[...] A preocupação dos grandes sábios tem sido a de que a dispersão de conhecimento se corresponde à divisão de trabalho intelectual, não deveria resultar em contradições entre os pesquisadores e o resultado de seus trabalhos. (MINAYO, 1979, p.42, 43)

Assim, para a autora, deve-se superar não apenas a epistemologia disciplinar e fragmentada que orienta a construção do conhecimento científico, como, também, a visão de interdisciplinaridade equivocada presente no discurso científico e que se transpõe a outras áreas. É importante reconhecer os limites e as possibilidades da inserção interdisciplinar, buscando, por meio de diálogo,

1 Docentes da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru.

2 Bolsistas PIBID dos cursos de graduação em Ciências Biológicas, Física, Matemática e Química da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru. E-mail: aolegendre@fc.unesp.br

cooperação e compartilhamento de saberes, dissolver as fronteiras que isolam cada área do conhecimento sem neutralizar as significações. Para a autora, existem obstáculos teóricos em relação ao termo que dificultam e, algumas vezes, inviabilizam a ação interdisciplinar. Em suas palavras,

Na verdade ver-se-á que a reivindicação interdisciplinar ora se apresenta como panaceia epistemológica, invocada para curar todos os males que afetam a consciência científica moderna; por vezes se fala dela com um ceticismo radical; por vezes, como uma fatalidade própria do avanço técnico e científico. (p.43)

A ação humana e o relacionamento do homem com o mundo ao seu redor têm características interdisciplinares. Para explicar um fenômeno natural ou mesmo uma catástrofe causada pela ação humana no ambiente, por exemplo, não se utilizam os conhecimentos das disciplinas Biologia, Física, Matemática ou Química isoladamente. As compreensões são geradas por associações complexas produzidas em nossa estrutura cognitiva capazes de fazer conexões entre conhecimentos advindos de diversas áreas. Isto explica o motivo de falharmos em compreender a necessidade de adquirir determinados conceitos aprendidos na escola. Para Japiassu(1999), para além das Ciências Naturais, integram-se conhecimentos e práticas sociais e políticas, pois,

[...] ao contrário, a interdisciplinaridade percebida como uma “prática” eminentemente política, vale dizer, como uma negociação entre diferentes pontos de vista tendo por objetivo decidir uma representação considerada como adequada em vista de uma ação. Sendo assim, não podemos utilizar mais critérios exteriores puramente “racionais” para escolher e “dosar” as diferentes disciplinas que vão se interagir; nem tampouco para escolher os “especialistas” e determinar as regras do jogo (JAPIASSU, 1999, s.p.).

Segundo o autor, as disputas por espaço disciplinar seriam superadas ao se adotar esta perspectiva de interdisciplinaridade. O autor ainda destaca que,

[...] do ponto de vista integrador, a interdisciplinaridade requer equilíbrio entre amplitude, profundidade e síntese. A amplitude assegura uma larga base de conhecimento e informação. A profundidade assegura o requisito disciplinar e/ou conhecimento e informação interdisciplinar para a tarefa a ser executada. A síntese assegura o processo integrador. (p. 65-66)

Transitando do âmbito da Ciência para a Escola, podem-se questionar os motivos para se considerar a interdisciplinaridade como importante na formação

dos alunos. Ela pode favorecer o processo de aprendizagem, respeitando os saberes dos alunos e a integração dos mesmos numa rede de conhecimentos mais ampla e articulada. Para Rocha Filho *et al.*,

[...] um dos grandes desafios postos à Educação em nossa época é o oferecimento de meios para que os educandos reconheçam as incertezas ligadas ao saber, atitude pouco estimulada pela fragmentação disciplinar, que pressupõe limites e abrangências específicas ao conhecimento. (ROCHA FILHO, BASSO e BORGES, 2006, p.324)

Ao entrar em contato com o conhecimento escolar, o aluno ainda não desenvolveu a compreensão de que os conceitos estudados em uma disciplina específica não são capazes de explicar fenômenos complexos apenas no âmbito da mesma. Sob esta perspectiva, a interdisciplinaridade avança em direção a uma proposta que vai além da diferenciação hierárquica entre disciplinas para integrá-las na interpretação dos fenômenos. Pode-se interligar diversas disciplinas a partir de um mesmo objeto de estudo, o qual pode ser um conceito, um fenômeno, uma situação-problema ou ainda, como propõe Freire (1974), um tema gerador. Entretanto, o trabalho interdisciplinar não pode ser subestimado pois,

[...] as mudanças que envolvem grupos interdisciplinares de professores são mais lentas e despendem mais energia para se efetivarem. Ou seja, é mais difícil constituir um grupo de trabalho eficiente com professores que falam “línguas diferentes”. A metodologia interdisciplinar prevê a integração de áreas diferentes, portanto, necessitam de um tempo maior de diálogo entre os membros do grupo, mais disponibilidade para aceitar a diferença e para conhecer as contribuições que cada disciplina pode dar na construção, ou na reconstrução, de um conhecimento contextualizado (WEIGERT, VILLANI e FREITAS, 2005. p.145).

Em qualquer dos casos, é necessário que os sujeitos envolvidos reconheçam a complexidade do objeto em questão e que assumam a possibilidade de negociação de saberes, aceitando que nenhum conhecimento é superior ou inferior a outros, para que possam redefinir suas ações diante das dúvidas e dificuldades que invariavelmente surgirão.

2 O tema gerador como objeto interdisciplinar: possibilidades a partir do tema “luz” e “vida”

Diversas podem ser as propostas de trabalho interdisciplinar a partir de um tema gerador. Apresenta-se, aqui, uma proposta produzida em um grupo de trabalho interdisciplinar desenvolvida no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (CAPES DEB Edital 61/2013), na Faculdade de Ciências – UNESP, Campus de Bauru, por

Licenciandos e Docentes dos cursos de Ciências Biológicas, Física, Matemática e Química. As atividades são planejadas à luz da Interdisciplinaridade e do Ensino por Investigação (CANAL, 2007), a partir da proposição de experimentos geradores, para gerar discussões entre os alunos e fazer com que eles mesmos formulem hipóteses para explicar suas observações. O objetivo central é promover a construção de argumentos coerentes e relacionados aos conceitos científicos envolvidos na compreensão dos fenômenos. Partiu-se da construção de mapas conceituais individuais de cada área, os quais foram posteriormente integrados, com base em negociações e ajustes envolvendo todos os integrantes do grupo, para produzir um novo mapa que contemplasse todas as áreas (Figura 1). Devido à abrangência do tema gerador, a escolha dos conceitos a serem trabalhados representa apenas uma dentre as muitas possibilidades. O tema escolhido para esta discussão foi “Luz e Vida”.

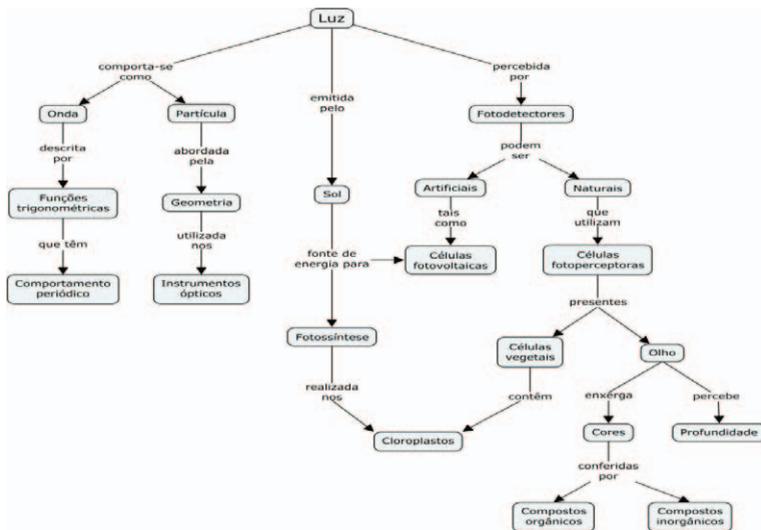


Figura 1. Mapa conceitual interdisciplinar para o tema “Luz e Vida”

Uma vez definido um tema norteador que pudesse gerar a discussão e reflexão acerca de fenômenos da natureza que envolvem as áreas de Biologia, Física, Matemática e Química, um questionamento direto aos alunos de Ensino Médio como “O que é luz?” remete à reflexão imediata de que a luz pode se comportar como um raio luminoso ou um feixe de partículas, ou ainda exibir comportamento ondulatório, como uma onda se propagando em uma corda esticada ou em uma onda gerada na água, por exemplo.

Esse comportamento dual da luz, investigado e discutido amplamente há muitos séculos, desperta a curiosidade e o espírito investigativo. Em diversas situações do cotidiano, a luz pode ser percebida como um feixe de partículas que se propaga em

linha reta. Tal comportamento torna-se evidente ao se observar ao nítido desvio sofrido pela trajetória de um feixe emitido por uma ponteira laser ao incidir em um objeto transparente como um pedaço de vidro ou acrílico ou, ainda, água em uma piscina. Outros experimentos simples, como determinar a posição aparente de um objeto colocado no fundo de uma piscina ou avaliar uma “colher que parece quebrada” quando colocada em um copo com água, remetem os alunos a se perguntarem sobre os porquês dessas impressões e constatações, induzindo-os a construírem as respostas com base em observações do cotidiano, culminando na conclusão de que a luz é realmente um feixe de partículas. Entretanto, outras situações levantadas com uma rápida reflexão, como, por exemplo, “por que as bolhas de sabão são coloridas?” ou “por que uma mancha de óleo no chão é colorida?”, remetem a outras conclusões sobre a luz, que, nessas situações, exhibe comportamento ondulatório. Esses simples experimentos de observação descrevem fenômenos básicos da óptica geométrica, tais como reflexão e refração, fundamentados no século XVII. Além deles, fenômenos de difração, interferência e polarização, descobertos na segunda metade do século XVII, compõem a óptica física.

Discutindo a dualidade onda-partícula para definir ou para descrever “o que é luz”, os fenômenos que envolvem a óptica geométrica – segundo os quais a luz se comporta como partícula – são diretamente utilizados no princípio de funcionamento de instrumentos ópticos, como binóculos, telescópios, microscópios, projetores e o próprio olho humano. Para compreender plenamente esses sistemas, é imprescindível envolver aspectos da geometria plana. Também considerando a luz como feixe de partículas, pode-se utilizar algo simples como a observação direta da sombra projetada pela incidência da luz solar em uma vareta fincada verticalmente (dispositivo conhecido como Gnomon) para gerar discussões envolvendo assuntos como projeção, ângulos, perpendicularidade, semelhança de triângulos, bissetriz, relações métricas e outros conteúdos da trigonometria.

Ainda norteados pelo duplo caráter da luz, a observação da sombra projetada pela vareta exposta à luz solar possibilita relacionar o movimento aparente do Sol e o comprimento das sombras com as situações de aprendizagem no reconhecimento de periodicidade, modelo de circunferência trigonométrica, gráficos das funções periódicas envolvendo senos e cossenos e equações trigonométricas, evidenciando o comportamento ondulatório da luz.

Seja para equacionar o comportamento da luz como onda, seja como partícula, a Matemática é um instrumento fundamental na explicação dos fenômenos que envolvem a luz. No comportamento ondulatório, ela permite descrever a forma da onda utilizando as funções trigonométricas seno e cosseno. As representações gráficas destas funções apresentam claramente o conceito de periodicidade, uma vez que mostram de maneira evidente a existência de intervalos entre os quais os valores da função se repetem. O professor pode utilizar o *software* Geogebra para apresentar, de forma dinâmica, os gráficos das funções trigonométricas, de forma que os alunos visualizem as variações possíveis no formato desses gráficos quando alguns parâmetros da equação são modificados.

Ao se falar em instrumentos ópticos, tais como telescópios, binóculos e microscópios, a geometria plana pode ser utilizada na explicação de seus aspectos

comuns. Percebe-se, nessa discussão, que vários conceitos matemáticos estão presentes e envolvidos no comportamento dos raios de luz, explicando, inclusive, o sentido, a direção e a forma de sua propagação. Podem-se citar conceitos como o Teorema de Tales e o Teorema de Pitágoras, utilizados no estudo da projeção da sombra de um objeto e nos cálculos das distâncias e ângulos envolvidos.

Através dos modelos explicativos, que definem a natureza da luz simultaneamente como onda e partícula, pode-se questionar: “Quais são as fontes naturais de luz no nosso universo?”. Espera-se que a resposta imediata seja o Sol e as demais estrelas. Evoluindo o questionamento, pergunta-se: “Qual é a origem da energia do sol? Quais são as cores (ou frequências) emitidas?”. Nessas questões, não se espera uma resposta imediata, mas o(s) professor(es) deve(m) insistir nas perguntas, direcionando-as e fornecendo pistas, para que os alunos levantem hipóteses e participem da aula. Podem surgir respostas como: “O sol é uma bola de fogo”, “emite luz laranja/vermelha”, “é quente/emite calor”. Na proposta de ensino por investigação, pode-se abordar a estrutura do Sol e o conceito de fusão atômica, explicitando a formação de novos elementos e a energia emitida no processo. Parte dessa energia é utilizada no próprio Sol para continuar este processo de fusão, enquanto outra parte é emitida para o universo, alcançando nosso planeta e outros corpos celestes. A luz que conseguimos enxergar é apenas uma pequena fração dentre todas as frequências emitidas pelo Sol. Por meio dessa reflexão, pode-se abordar o espectro de radiação com os alunos, mostrando todas as frequências e comprimentos de onda que o Sol produz (radiação gama, raios X, ultravioleta, visível, infravermelha, micro-ondas e rádio). É importante destacar que as radiações de altas frequências são prejudiciais à saúde, porém, tais frequências são absorvidas em sua maior parte nas camadas mais elevadas da atmosfera terrestre em virtude das características dos gases que a constituem e, assim, não atingem os seres vivos. Em contrapartida, radiações de frequências menores são fundamentais para a existência da vida na Terra, provendo calor e luz visível, que são utilizados em processos naturais como a fotossíntese, que é a base da manutenção de todos os organismos vivos.

Aproveitando-se das propriedades da luz, a humanidade construiu dispositivos com capacidade de percepção de diversas frequências de radiação. Estes dispositivos são chamados fotodetectores. O professor pode trabalhar com um experimento envolvendo um dos fotodetectores mais simples e baratos: um relé fotoelétrico conectado a uma lâmpada comum. Usando uma lanterna, projeta-se luz sobre o sensor, demonstrando o efeito da detecção da luz pelo sensor sobre o circuito. Alguns sensores utilizados no relé fotoelétrico são feitos de sulfeto de cádmio, cuja resistividade varia em função da luminosidade.

Muitas vezes, o ser humano inspira-se na natureza para a criação de dispositivos, como os fotodetectores artificiais. Esta percepção da luz está presente em diversos seres vivos, desde bactérias até vegetais superiores e animais, dentre os quais estão os seres humanos. Cada organismo utiliza organelas, células, tecidos ou órgãos para este propósito. Dentre os fotodetectores naturais, podemos destacar os sistemas que se valem de células fotoperceptoras.

Nos vegetais, as células geralmente apresentam organelas especializadas que possuem moléculas de clorofila – um dos pigmentos responsáveis pela cor esverdeada da maioria das plantas – armazenadas nos cloroplastos. O processo fotossintético começa quando a luz incide sobre a superfície foliar: as moléculas de clorofila absorvem essa radiação, iniciando uma série de reações químicas envolvendo dióxido de carbono e água, as quais transformam energia luminosa em energia química – que é armazenada na molécula de trifosfato de adenosina (ATP) –, além de produzir outras moléculas orgânicas.

No caso dos animais, os olhos têm um complexo sistema de lentes e células nervosas responsáveis pela convergência dos feixes luminosos e formação da imagem, fazendo com que a energia luminosa seja convertida em sinais elétricos que são transmitidos pelos neurônios e, finalmente, interpretados pelo cérebro. A córnea é o componente ocular que permite a passagem dos feixes de luz até o interior do globo ocular. A quantidade de luz que atingirá a retina (detector) – camada de células no fundo do olho – é determinada pela abertura e fechamento da pupila (fenda), cujo movimento é controlado pelo músculo esfíncter ali existente e que influenciará diretamente o tamanho da íris. Quanto mais iluminado estiver o ambiente, mais contraído estará o esfíncter. Quanto mais escuro estiver o ambiente, mais dilatada estará a pupila. Atrás da íris existe o cristalino (lente convergente) – conjunto de células fibrosas que sofreram apoptose nuclear, permanecendo apenas seu citoplasma intacto – que funcionará como meio para a refração dos raios luminosos. A luz ali focalizada chega à retina como uma imagem invertida. É na retina que se localizam as células responsáveis pela diferenciação das cores e pela profundidade das imagens observadas. Chamamos essas células de cones e bastonetes, respectivamente, as quais têm a função de converterem a luz que sobre elas incidem em pulsos elétricos que serão transmitidos ao cérebro pelo nervo óptico, formando as imagens como as entendemos.

O ser humano é capaz de enxergar apenas uma pequena parte de todo o espectro de radiação, que é a luz visível, cujo intervalo de comprimento de onda – que é inversamente proporcional à frequência da radiação – situa-se, aproximadamente, de 380 nm (extremo violeta) a 750 nm (extremo vermelho). A percepção das cores que observamos está ligada à composição química dos objetos, os quais absorvem determinadas frequências de luz e refletem outras, estas últimas captadas pelos olhos. Por conta disso, a humanidade vem desenvolvendo diversos compostos (pigmentos), possibilitando conferir as mais variadas cores aos inúmeros objetos que nos cercam. O professor pode trabalhar com um experimento simples, como a síntese de um pigmento inorgânico: o Azul da Prússia (hexacianidoferrato(II) de ferro(III)). Ou ainda, pode utilizar insumos naturais, como o urucum – que contém dois pigmentos majoritários: a bixina (vermelho) e a orelhena (amarelo) – ou o açafrão – que contém curcumina (amarelo), sendo as três últimas, moléculas orgânicas. Deve-se explicitar as estruturas químicas das moléculas, pois são chave para a expressão de sua coloração.

3 Considerações finais

A sequência apresentada constitui apenas uma das possibilidades de trabalho interdisciplinar inspiradas no tema “Luz e Vida”. Diversos conteúdos

ministrados em sala de aula envolvem duas ou mais disciplinas e, portanto, poderiam e deveriam ser abordados interdisciplinarmente (Figura 2). As propostas de ensino desenvolvidas sob esta perspectiva têm evidenciado seu potencial não apenas no favorecimento da aprendizagem pelos alunos da Educação Básica – fato que, por si só, bastaria para que tais atividades fossem realizadas com maior frequência –, como também propicia, de maneira diferenciada, a formação inicial e continuada de professores, bem como a dos formadores de professores.

O desenvolvimento regular destas atividades tem sido avaliada através de pesquisas buscando examinar seu impacto na formação de todos os envolvidos. Em relação aos alunos da Educação Básica, nota-se não somente uma maior motivação por aprender, como também o desenvolvimento da capacidade de associar os conceitos aprendidos a situações cotidianas de vida, incorporando a noção e a percepção de que os fenômenos naturais e antrópicos não são explicados exclusivamente por uma única disciplina. Os professores em formação inicial ou continuada têm a oportunidade de vivenciar e colocar em prática uma proposta de ensino que estimula a aprendizagem dos alunos e o trabalho colaborativo, além de favorecer a percepção da complexidade do conhecimento científico. Assim, supera-se a perspectiva desanimadora e de sofrimento atualmente tão presentes na atuação profissional. Em relação aos docentes formadores, trata-se de uma oportunidade de autoformação única que possibilita a superação da compartimentalização presente no ambiente universitário.

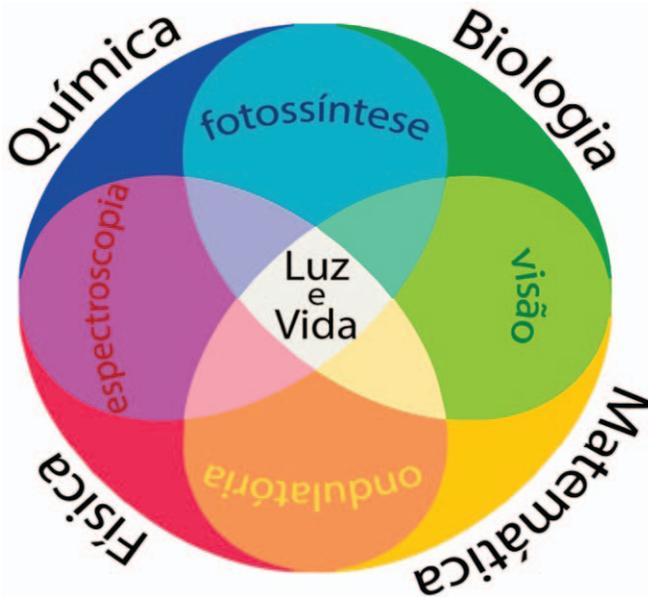


Figura 2. Representação esquemática da interdisciplinaridade encontrada em conteúdos de aula

Referências

- CAÑAL, P. La investigacion escolar, hoy. **Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales**, v.52, p.9-19, 2007.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1974.
- JAPIASSU, H. **A questão da interdisciplinaridade**. Texto base da palestra proferida no Seminário Internacional sobre Reestruturação Curricular, promovido pela Secretaria Municipal de Educação de Porto Alegre, julho-1994.
- JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- MINAYO, M. C. S. Interdisciplinaridade: funcionalidade ou utopia? **Saúde e Sociedade**, 3(2)42-64, 1994.
- ROCHA FILHO, J. B.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. Repensando uma proposta interdisciplinar sobre ciência e realidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 5, nº 2 (2006).
- WEIGERT, C.; VILLANI, A.; FREITAS, D. A interdisciplinaridade e o trabalho coletivo: análise de um planejamento interdisciplinar. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p.145-164, 2005.