

Tabela, uma representação imagética na construção do conhecimento científico

Table, an imagetic representation in the construction of scientific knowledge

DOI:10.34117/bjdv7n4-333

Recebimento dos originais: 10/03/2021

Aceitação para publicação: 13/04/2021

Nelson Barrelo Junior

Doutor em Ensino de Ciências (Física)

Instituição: GEDEP-Fis – SPRACE – São Paulo Research and Analysis Center

Endereço completo (pode ser institucional ou pessoal, como preferir): Av Caetano Barrella, 194 – Taboão da Serra - SP

E-mail: nbarrelo@gmail.com / nbarrelo@id.uff.br

Josias Rogério Paiva

Doutor em Ensino de Ciências (Física)

Instituição: CEV Mater et Magistra

Endereço: R. Vig. Albernaz, 290 - Vila Gumerindo, São Paulo - SP, 04134-020

E-mail: josiaspaiva@gmail.com

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Doutora em Educação

Instituição: Lapef/FEUSP

Endereço: Avenida da Universidade, 308, Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física

E-mail.: amdcav@usp.br

RESUMO

Neste trabalho são apresentados alguns referenciais que valorizam registros imagéticos, na forma de uma tabela. A utilização de múltiplas representações é a proposição de que aspectos da alfabetização científica - a proporcionalidade e o processo de argumentação - são promovidos quando os alunos se apropriam de formas de expressões empregadas na construção do conhecimento científico. São destacados aqui os modos de interações com este instrumento de representação e de organização das ideias: os movimentos ergóticos, os gestos dêiticos e os gestos icônicos; as formas de linguagem verbal, cotidiana ou científica; e o direcionamento da atenção visual para alguns aspectos específicos presentes na simulação utilizada sobre o efeito fotoelétrico, que fez parte de uma sequência de ensino investigativo, para a introdução de física moderna, ministrado a uma turma de alunos, da terceira série de Ensino Médio, da Rede Pública de educação do Estado de São Paulo.

Palavras-chave: Quadro, Representações, Construção de Conhecimento.

ABSTRACT

This work presents some references that value imagery records, in the form of a table. The use of multiple representations is the proposition that aspects of scientific literacy - proportionality and the process of argumentation - are promoted when students

appropriate the forms of expressions used in the construction of scientific knowledge. The modes of interaction with this instrument of representation and organization of ideas are highlighted here: ergotic movements, deictic gestures and iconic gestures; the forms of verbal, everyday or scientific language; and directing visual attention to some specific aspects present in the simulation used on the photoelectric effect, which was part of a sequence of investigative teaching, for the introduction of modern physics, given to a class of students, from the third grade of High School, of the Public Education Network of the State of São Paulo.

Keywords: Board, Representations, Knowledge Construction.

1 INTRODUÇÃO

Ao se considerar as construções de significados realizadas pelos alunos, Lemke (2002) afirma que não sabemos de onde os alunos selecionam informações, se dos aspectos visuais, se da fala de um orador em aula ou se da associação da aula a experiências remotas. Certo é, que na aula, há uma coleta de informações, organização e a formulação de um modelo que pode ter correspondência com o fenômeno abordado em aula. Muitas vezes, nas aulas, devido à demanda didática, há uma redução das propriedades presentes no fenômeno, para salientar um único aspecto.

Os episódios aqui relatados fazem parte dos dados analisados em uma aula, em que alunos da terceira série do Ensino Médio, da Rede Pública de Ensino do Estado de São Paulo, interagiram com uma simulação do efeito fotoelétrico, alterando o comprimento de onda e classificando se ocorria o efeito fotoelétrico. Estes alunos observavam também outros parâmetros pictóricos e numéricos ligados ao fenômeno e destacam-se aqui as considerações associadas ao emprego de uma tabela para organização dos dados extraídos nas interações ocorridas na aula.

2 REPRESENTAÇÕES MATEMÁTICAS

As representações matemáticas são encontradas em algumas publicações do ensino de física, empregadas na construção e na comunicação da ciência. Tweney (2011) procurou expor as bases cognitivas sobre a forma de raciocínio e as considerações feitas por Maxwell na construção de suas equações. O autor ponderou que Maxwell partiu das representações imagéticas de Faraday, e que há natureza matemática nessas representações.

Para Maxwell, suas equações da eletrodinâmica refletem uma teoria subjacente que foi muito parecida à de Faraday. No presente artigo, examino o sentido em que isso é verdade, e as implicações que isto tem para a pedagogia do ensino

da ciência. [...] Em sua riqueza social, cultural e contextual, cognitivo-histórica abrem-se novas perspectivas sobre a realidade da ciência e sobre como os cientistas realmente adquirem suas habilidades (TWENEY, 2011, p. 688).

Esse autor descreve três usos da matemática na física: 1) cálculo: quando se ligam valores específicos de um conjunto de variáveis para calcular o valor de outra; 2) derivação: é usada quando se quer derivar uma expressão de outra; 3) representação: de certa forma, é o mais importante, segundo Maxwell. Para fazer física, conforme o autor, em vez de “matemática pura”, era preciso saber perceber que, uma vez que algo foi expresso matematicamente, isso faz diferença em como se pode pensar. Maxwell esclareceu de forma convincente que a matemática deve ser utilizada de forma que reflita a teoria física que está sendo representada (TWENWY, 2011, p. 691).

Uma forma de representação matemática de grande aplicabilidade nos campos das ciências e, sobretudo, na física, são as tabelas. Perini (2005) afirma que cientistas empregam representações visuais, inclusive tabelas, para defenderem seus argumentos. Para a autora, as figuras, as tabelas ou outras formas de modalidade de representações visuais não são meras ilustrações, expressões redundantes junto a um texto, mas exercem um papel fundamental conferindo força e poder de persuasão ao argumento, sendo usadas como apoio na colocação das hipóteses ou como suporte às evidências.

A autora aborda duas situações para explicar sua concepção. A primeira uma tabela e a segunda a imagem de uma micrografia. Quanto à organização visual disposta em uma tabela, Perini (2005) elucida que as inferências sobre as relações entre características de um conjunto de valores são facilitadas pelo formato visual, inclusive relações de ordem superior; que a forma espacial é essencial para o apoio e as representações pictóricas para fornecer hipóteses. E, quanto à micrografia, a autora expressa a relevância em se conhecer o processo de construção desta.

A tabela apresenta os dados em formato que não exige um passo adicional de avaliação para relacionar os dados à hipótese. O formato tabular pré-classifica os dados em conjuntos ordenados usando relações espaciais para representar relações entre conjuntos de valores experimentais [...] Relações dentro e entre estes conjuntos podem, então, ser avaliadas utilizando as relações espaciais relevantes [...] (PERINI, 2005, p. 923)

3 A ORGANIZAÇÃO DOS DADOS REFERENTES À SIMULAÇÃO

A seguir descrevem-se alguns turnos extraídos dos depoimentos de alunos durante a interação com a simulação e com o professor. Na primeira parte está a sequência em que ocorre a sugestão de registro dos dados na forma de uma tabela; na segunda, está o

efetivo engajamento dos alunos na proposta de trabalho e as interações professor - aluno - applet. Esses dados foram coletados em duas aulas. Na primeira, os alunos utilizaram um único computador, um grupo de cada vez. Posteriormente, retornaram à sala de informática e cada grupo teve um computador à sua disposição.

Quando o primeiro grupo de alunos se assentou próximo do computador e passou a utilizar a simulação, o professor encaminhou a forma de registro dos dados. No turno T.54, foi questionado pelo professor sobre quais seriam os dados a serem coletados: “O que vocês vão anotar na folha?”. Essa pergunta proporciona a mobilização por parte dos alunos de explorarem as grandezas expressas no applet e também as relações entre elas. No entanto, a orientação foi categórica tendo restringido as ações por parte dos discentes. Não se esperou os alunos elaborarem respostas. Com gestos dêiticos durante sua explanação de orientação, o professor apontava de onde os alunos extrairiam os dados e indicava onde os alunos deveriam registrá-los.

Um grupo de alunos utilizava o computador e cedia os lugares ao grupo seguinte. À medida que os grupos revezam-se no uso do computador, as orientações dadas pelo professor sofriam alterações. Após solicitado pelos alunos do primeiro grupo para avaliar as anotações iniciais, dos turnos T.91 a T.94, o professor pediu aos alunos a construção de uma tabela para organização dos dados.

Quadro 1: Sugestão do professor para que os alunos façam uma tabela

TEMPO TURNO	FALAS
91 17:56h	A5: Professor,
92 18:07h	P: Fala, e aí?
93 18:08h	A3: Professor, podemos colocar assim, ó, indicando o que acontece entre uma cor e outra? Que nem aqui, ó, o ultravioleta, vamos supor, temos [...] de nano... nano o quê? Nano, nano... o valor [...] isso. Aí, a gente coloca no caso, [...] de um comprimento a outro é, é, transmite...
94 18:33h	P: Você pode. Uma sugestão que eu daria, assim, pra vocês se organizarem melhor, talvez valha a pena fazer uma tabelinha. Assim, ó, cor de luz, uma coluna, cor de luz, na outra para comprimento de onda, e a última qual é o resultado? O resultado é se ejetou elétrons ou não ejetou elétrons.

O grupo acompanhado nesta análise iniciou suas ações junto à simulação a partir do turno T.245. Esse turno marca o instante em que se sentaram na frente do computador e o professor passou a recolocar algumas orientações, tendo feito isso do turno T.245 ao turno T.255. Essa orientação ocorre com a linguagem verbal acompanhada de gestos dêiticos direcionando o olhar dos alunos às seções a que faziam referência, tanto na folha

de respostas (T.254) quanto na imagem produzida pelo simulador (T.255). Lemke (2002a) elabora considerações a respeito de como os alunos intertextualizam as informações recebidas para construir significados, ao mapear o direcionamento do olhar de um aluno para construir significado. Nesses turnos, os dados demonstram a ação por parte do professor que procura conduzir a atenção visual dos alunos para onde buscar as informações relevantes para a efetivação da atividade.

Na linguagem verbal empregada pelo professor, há alguns termos que, embora pareçam fazer parte da linguagem do cotidiano, são referentes a conceitos científicos. No turno T.254, a palavra “infravermelho”, e no turno T.255, o termo “comprimento”, que se refere ao comprimento de onda, um termo específico do modelo de onda. No entanto, o contexto permite compreender o termo empregado. A incompletude trata-se de um evento presente no emprego de linguagem na comunicação, que ocorre também em sala de aula, inclusive com o professor (LEMKE, 1998). Para o professor, o comprimento somente poderia se referir ao comprimento de onda, é no contexto da ondulatória, das ondas eletromagnéticas, pauta do trabalho naquele instante. Porém, essa certeza, do campo em que se está atuando pode não ser tão evidente aos alunos. Por mais que haja busca de simplificações quanto à fala, ou haja pressões para a organização da atividade desenvolvida em aula, afetando a performance do professor, devem ser minuciosos os cuidados com o correto emprego de termos da ciência. É papel do professor propiciar o salto na qualidade da linguagem dos alunos, do uso de termos coerentes cientificamente com o fenômeno estudado, e, portanto, isso não pode ser negligenciado.

A seguir, está registrado, na forma de uma tabela, os dados relatados verbalmente entre os turnos T.254 e T.318, durante o registro da tabela sobre a atividade. O registro não apresenta todos os turnos, pois nem todos possuem informações que estariam na tabela dos alunos. Na tabela, constam as questões do professor acerca do que deveriam observar, os registros ditados e registrados pelos alunos durante a desenvolvimento da atividade, os turnos em que apareceram as citações e o autor da citação.

Quadro 2: Transcrição dos dados observados pelos alunos

Qual a cor? (T.254)		... qual é o comprimento...? (T.255)		... e qual é o resultado? (T.255)	
T.254	Infravermelho (P)	T.257	850 (A12)	T.259	Não arranca (A12)
T.266	Azul (A11)				
T.267	Azul (A12)				
T.276	Vermelho A13	T.276	764 (A13)		

T.280	Laranja (A13)	T.283	681 nm (A13)		
T.287	Amarelo (A13)				
T.288	Amarelo (A11)	T.289	585 (A13)		
T.289	Verde (A13)			T.296	A partir de quando começou a sair? (P)
				T.297	Do verde. (A14)
T.304	Azul (P)				
T.305	Azul mais escuro (A12)				
T.307	Violeta (P)				
T.313	Ultravioleta (P)			T.314	Ficam mais rápido (A13)
T.317	No máximo do UV (P)			T.318	Da hora

É relevante notar que a leitura das informações no applet foi envolvente para os alunos. Pelo menos quatro destes contribuíram nesse registro, assim como o professor que acompanhava de perto a interação dos alunos com a simulação. As informações que constituíram os registros representam 34% deste episódio, em 22 dos 64 turnos entre T.254 e T.318. Nos demais, apareceram dúvidas, confirmações de leitura e de dados, orientações sobre as maneiras de proceder e orientações sobre a unidade empregada. A seguir, reestruturou-se a visão que tiveram os alunos de sua tabela a partir dos dados declarados, omitindo o registro dos turnos e das pessoas que estavam falando.

Tabela 1 : Dados declarados pelos alunos

Cor	Comprimento de onda	Resultado
Infravermelho	850	Não arranca
Azul		
Azul		
Vermelho	764	
Laranja	681 nm	
Amarelo		
Amarelo	585	
Verde		A partir de quando começou a sair? Do verde
Azul		
Azul mais escuro		
Violeta		
Ultravioleta		Ficam mais rápido
No máximo do ultravioleta		Da hora

A sugestão de organizar os dados na forma de uma tabela representa uma prática comum na rotina de quem registra múltiplos dados de um fenômeno, apesar de usual no âmbito científico, no escolar é algo de alguém experiente. Os alunos poderiam chegar à

elaboração de uma ordem de registro que se assemelhasse a uma tabela. Estes chamaram o professor para avaliar sua forma de registro nos turnos T.91 ao turno T.94, que, por sua vez, sugeriu a construção da tabela. A metodologia empregada pelo professor poderia ser de ensino por investigação, quanto ao aspecto de registros de dados experimentais, se provocasse e promovesse diferentes formas de registro explorando peculiaridades e vantagens dos diferentes modos de representação visual.

À proporção que os dados foram ditados para registro na tabela, o efeito visual correspondente à sintonização das frequências referente a cada radiação no espectro, que seria o resultado esperado, se arranca elétrons, não foi declarado. O professor interagiu com os alunos nos primeiros registros para a construção e organização da tabela. Iniciou com a questão: “Qual a cor?”, no turno T.254, mas, em seguida, orientou sobre a informação a ser registrada “infravermelho”. Pergunta primeiro sobre o correspondente comprimento de onda ao que o aluno A12 responde: “850”; e, depois indagado sobre o resultado observado a A12 também responde: não arranca.

Os significados estavam agora expressos nessa forma visual, uma linha em uma tabela. O aluno A12 participou ativamente dessa construção, demonstrando compreender o procedimento para sequência da atividade desenvolvida, enquanto os demais acompanharam atentamente essa construção. Contudo, a leitura dessa linha e das demais tem importante aspecto na construção dos significados referentes ao efeito fotoelétrico, e não poderia passar despercebido que, quando se incide radiação ultravioleta, com comprimento de onda correspondente a oitocentos e cinquenta nanômetros, os fótons incidentes não têm energia suficiente para serem absorvidos pelos elétrons e promoverem sua ejeção.

No turno T.309, o professor realizou uma questão direcionando uma forma específica de leitura de uma tabela. Era visível que, ao mudar a posição no espectro, mudava uma cor no espectro visível, no applet aparecia um número correspondente ao comprimento de onda. Porém, não havia outro evento visível. As frequências iniciais do espectro não possuíam energia suficiente para ejetar elétrons. Assim, os alunos deixaram de declarar o resultado esperado: “não arranca elétrons”, segundo a linguagem que vinham empregando na aula. No turno T.296, o professor voltou a interagir com o grupo, questionando a partir de que momento iniciou-se a ejeção de elétrons. Essa necessária intervenção demonstra uma leitura experiente da tabela, uma possível correspondência da coluna dos resultados com uma das colunas iniciais, que demarcavam a cor e o comprimento de onda (PERINI, 2005).

A intervenção é característica de um ensino por investigação. O professor não realizou a leitura da tabela, declarando aos alunos, mas solicitou que os alunos a fizessem e sua relação. No entanto, comparado ao número de outras maneiras de intervenções realizadas pelo professor, essa ocorrência isolada não permite considerar que nessa atividade o ensino estivesse ocorrendo em moldes investigativos.

O registro no formato de uma tabela possibilita a conexão visual entre os dados. No turno T.309, o professor continuou a realizar intervenções a fim de propiciar a percepção das relações entre os dados registrados na tabela.

Quadro 3: A leitura da tabela

TURNO TEMPO	FALA	AÇÕES	CLASSIFICAÇÃO
309 26:22	P: - O que <i>tá</i> acontecendo de um número pro outro?	P: aponta para a tabela com o dedo percorrendo os valores de cima para baixo.	P: Gestos dêiticos P: Linguagem verbal cotidiana T: Atenção às anotações

Na tabela, a segunda coluna é a única com dados numéricos. A pergunta do professor não necessita qualquer complemento, mas, instantaneamente à pergunta, o professor, com gestos dêiticos, aponta um sentido a que se referia em sua questão. Portanto, especifica o sentido em que espera a resposta, e isso é um direcionamento excessivo da atividade. Os alunos não necessitaram de muito tempo para perceberem que os valores estavam diminuindo, T.310: “vai caindo”. O professor reforçou a resposta dos alunos e ampliou o seu questionamento, relacionando o comprimento de onda com as cores observadas, respectivamente a segunda coluna com a primeira. No turno T.313, é solicitado aos alunos que notassem o que acontecia à medida que os dados tomados se aproximavam das radiações ultravioleta.

Os alunos responderam de forma sucinta: “Fica mais rápido.” (T.314). A expressão refere-se à velocidade dos elétrons ejetados da placa metálica. Os alunos, nessa etapa, já estão interagindo com a simulação e também com o conteúdo, que, apesar da incompletude da linguagem na pergunta, “Mas repara no que acontece no interior”, compreenderam que a menção referia-se aos elétrons, portanto, sabem quais detalhes devem observar para obterem suas respostas. O professor avalia a resposta dos alunos como “Perfeita” e solicita-lhes que realizem uma simulação com o menor comprimento de onda possível no applet (T.311), e a resposta dos alunos ao efeito visual foi, no turno T.318: “Da hora”. Essa expressão assinala uma nova relação desses alunos com o

conteúdo estudado; não será uma pessoa qualquer que achará bom, “da hora”,¹ a representação, um desenho simulando elétrons se deslocando em uma ampola.

O encerramento da participação desse grupo na aula ocorre com a colocação de questões propostas pelo professor e pelo aluno A13, questões que ficaram para reflexão, sem repostas sequer colocadas hipoteticamente. A primeira colocada pelo professor no turno T.320: “Por que para algumas cores de luz arranca elétron e pra outras não arranca, se tudo é luz?” e recolocada no turno T.321: “Por que tem cor que arranca e tem cor que não arranca?”. Na sequência, o professor finalizou a atividade chamando a atenção dos alunos no momento histórico em que os cientistas trabalharam esse questionamento.

4 CONCLUSÃO

O caráter dialógico da aula não exclui o papel da matemática nas construções do conhecimento científico. Não foram construídas expressões para as propriedades relacionadas ao fenômeno estudado, mas outras habilidades foram exploradas ao se empregar as tabelas, que foram criadas para promover inter-relações entre grandezas expressas nas linhas e colunas (PERINI, 2005). Algumas das quais associadas ao uso de formas de leitura dessas representações imagéticas (PAIVA, 2010; 2015).

Outro importante destaque nas interações descritas na organização da tabela residiu na busca da linguagem apropriada para descrever itens referentes ao fenômeno, tal como as unidades do comprimento de onda (CARVALHO, 2007). A administração do tempo para efetividade da aula, assim como o perfil demonstrado pelo professor, embora favoreçam a concretização da atividade, não propiciaram a busca da constante de proporcionalidade, a constante de Planck, ou a função trabalho associado ao material, mesmo tendo no applet seções que permitam esse encaminhamento.

Em Tweney (2011), são apresentados os usos de matemática na física, o cálculo, a derivação e a representação, e, em seu trabalho, testemunha que a contagem das linhas de campo realizado por Faraday tinha caráter matemático. Para alunos de Ensino Médio, cálculo e derivação não fazem parte de seus campos de estudo. Entretanto, os indícios de representações matemáticas nos dados desta pesquisa se alinham com as considerações de Perini (2005), que ressalta os aspectos visuais das tabelas e de outras representações imagéticas na construção de argumentos, e das considerações de Sasseron e Carvalho

¹ Gíria significa algo bom.

(2008), que, ao estruturarem os identificadores de Alfabetização Científica, especificaram um deles como sendo o raciocínio proporcional.

Com uma diversidade de linguagens, externaliza-se a concepção que se aproxima do modelo mental, pois nenhuma linguagem é capaz de expressar todo o pensamento. Por isso, tecemos duas considerações: 1) Ao se utilizar múltiplas linguagens, a tendência é de que a comunicação se torne mais completa do que se utilizar uma única linguagem; 2) Embora se discutam representações matemáticas nesta seção, deve-se salientar que, entre os processos de materializar o modelo ou as representações, está a atenção a outras representações visuais que como qualquer outra modalidade de linguagem terão aspectos coerentes e claramente identificados e outros que tangem aos limites representacionais. Contudo, é salutar para o educando, a compreensão e habilidade para construção, interação e uso nos processos de argumentação, de diferentes formas representacionais, aqui exemplificado como uma tabela.

REFERÊNCIAS

BARRELO JÚNIOR, N. Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CARVALHO, A. M. P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. *Revista Contexto e Educação*, v. 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

LEMKE, J. L. Analysing verbal data: principles, methods, and problems. In: TOBIN, K.; FRASER, B. (Eds.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998.

LEMKE, J. L. *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós, 1997.

LEMKE, J. L. Typological and topological meaning in diagnostic discourse. *Discourse processes*, Philadelphia, v. 27, n. 2, p. 173-85, 1999.

LEMKE, J. L. Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: ANDERSON, M.; SAENZ-LUDLOW, A.; ZELLWEGER, S.; CIFARELLI, V. (Eds.). *Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing*. Ottawa: Legas Publishing, 2002a.

LEMKE, J. L. Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. In: BENLLOCH, M. (Ed.). *La educación en ciencias*. Barcelona: Paidós, 2002b.

PAIVA, J. R. Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

PAIVA, J. R. *Múltiplas Representações na Construção do Conhecimento Científico Escolar*. 2015. Tese (Doutoramento em Educação) – Unidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

TWENEY, R. D. Representing the electromagnetic field: How Maxwell's mathematics empowered Faraday's field theory. *Science & Education*, v. 20, n. 7-8, p. 687-700, 2011.

Simulação do efeito fotoelétrico. Disponível em:

<<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>> Acesso em: 04/05/2014.