

Alfabetização científica multimodal na resolução de problemas por estudantes do ensino médio regular.

Dirceu D. D. de Souza^{1,2} (PG)*, Valeria Campos dos Santos¹ (PG), Agnaldo Arroio¹ (PQ).
baumcima@yahoo.com.br

¹Faculdade de Educação – USP, ²EE Zuleika de Barros – SEE-SP

Palavras-Chave: alfabetização científica, multimodalidade, química.

RESUMO: Este trabalho discute o uso de estratégias multimodais na aprendizagem de química. Estudantes do 3º ano do ensino médio participaram de uma atividade que envolveu a resolução de uma questão obtida da prova de seleção de candidatos para ingresso na Universidade de São Paulo em 2012. A questão explora um conteúdo básico de química e envolve a capacidade do aluno operar em diferentes modos de representação (textual, numérica e visual). A análise dos resultados mostrou que os perfis dos alunos envolvidos na pesquisa puderam ser classificados de acordo com três diferentes padrões de alfabetização multimodal, nos quais uma porcentagem superior a dois terços dos alunos apresentaram apenas um mínimo domínio dos conteúdos e mínimas habilidades e competências multimodais para a resolução dos problemas propostos. Os resultados obtidos se apresentam como fortes indicadores da necessidade de um ensino focado na alfabetização multimodal na área de Ciências da Natureza.

INTRODUÇÃO

A química é uma ciência cujos objetos de conhecimento podem ser representados em planos distintos, ou seja, o estudo da química transita entre o que pode ser observável, a dimensão macroscópica, e o imperceptível ao olho humano, objetos que se situam na dimensão submicroscópica. Há séculos o homem se preocupa em construir ferramentas que lhe permitam compreender a química em todas as suas representações. Ao longo do tempo esta inquietação se tornou alvo de pesquisas relacionadas ao ensino de química, em que se observa uma preocupação na criação de modelos e na utilização de diversas linguagens (verbal, visual, numérica), que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem da química em todas as suas representações de forma a tornar o aprendizado de ciências mais significativo.

Diversas pesquisas realizadas nos últimos anos sugerem que o conhecimento químico e o entendimento das ciências como um todo é gerado, expresso e comunicado em três diferentes modos, tradicionalmente denominados de macroscópico, submicroscópico e simbólico, e que se caracterizam entre os planos visíveis e não visíveis, e nos símbolos utilizados para representar estes planos (GILBERT; TREAGUST, 2009; JOHNSTONE, 1991, 1993, 2000; TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003).

Segundo Johnstone (1991) os especialistas em química são capazes de construir a “realidade” dentro de uma mistura dinâmica de macro, submicro e elementos simbólicos. No entanto, estudantes ao aprender química apresentam dificuldades em relacionar os três modos de representação e acabam por operar seu conhecimento essencialmente no nível macro em detrimento dos outros níveis. Por outro lado, segundo o autor, o ensino de química foca, essencialmente, no par submicro-simbólico o que dificulta ao aluno construir ponte entre o conhecimento que ele é capaz de operar e o conhecimento que é transmitido pelo professor.

Outros trabalhos também indicam as dificuldades dos alunos em transitar entre os diferentes modos de representação (GABEL, 1998, 1999; HINTON; NAKHLEH, 1999); o que sugere que os alunos apresentam problemas em transitar entre as experiências no modo macroscópico (como experimentos em sala de aula, vídeos, imagens, etc.), às visualizações no modo submicro, bem como à sua representação simbólica na forma de equações, gráficos ou tabelas.

Kozma e Russel (1997) indicaram que o desenvolvimento de competências representacionais, ou seja, a habilidade de transitar entre os modos representacionais é fundamental para uma aprendizagem significativa em química. A partir desta constatação alguns estudos indicam que o professor é o maior responsável por produzir atividades que auxiliem na aprendizagem do aluno nos diferentes modos de representação (TAN *et al.*, 2009).

Dentre as diversas estratégias que o professor pode utilizar em sala de aula, a fim de possibilitar ao aluno uma aprendizagem que contemple os conteúdos de química tanto no modo submicro, como nos modos macroscópico e simbólico, o uso de atividades que envolvam multimodalidades se destaca. A utilização de atividades e problemas que contemplem não somente a linguagem verbal, mas o uso de visualizações e linguagem numérica se torna essencial no contexto das representações múltiplas a fim de possibilitar uma aprendizagem completa.

Vivemos em uma época em que a alfabetização científica tem se tornado o principal alvo da educação em ciências. Do mesmo modo, vê-se como necessária, as discussões acerca da alfabetização em química e os modos de possibilitar esta alfabetização. A alfabetização em química está diretamente relacionada à noção de representação que se refere à percepção de fenômenos e construção de modelos (GILBERT; TREAGUST, 2009).

Em se tratando de alfabetização científica, a multimodalidade apresenta papel importante já que pode representar tanto um aspecto da alfabetização científica, como uma ferramenta para o desenvolvimento desta competência permitindo transposições entre os diferentes modos de representação e diferentes pressupostos contextuais, principalmente entre as experiências do cotidiano e os conteúdos científicos (KNAIN, 2006). Para que haja uma alfabetização científica e aprendizagem de conteúdos científicos é necessário uma interação entre as diversas formas de linguagens, constituindo o que denominamos de multimodalidade.

Conceituamos a aprendizagem mediada pela multimodalidade como aquela que é favorecida pela prática da multiplicidade de formas de expressão de princípios escolares-científicos, ou princípios de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), na qual há o trânsito entre atividades manuais ou concretas (experimentos, jogos ou artefatos, mediadas por computador ou não), a palavra (falada ou impressa) e as imagens (ilustração, foto, mapa, tabela, gráfico, equação, animação, vídeo etc.).

Para Lemke (2006), a aprendizagem de ciências ocorre a partir da integração de significados através de diversas modalidades, combinando textos, imagens, atividades, narrativas e observações. Para Jewitt *et al.* (2001) a aprendizagem ocorre através da interação entre as linguagens visual, e linguística, e envolve a transformação da informação entre diferentes sistemas de comunicação, da fala à imagem.

Tradicionalmente o uso de palavras e figuras no ensino de química é realizado de forma desigual, para propósitos distintos e com diferentes metodologias. Neste tipo de ensino, as imagens são tratadas como questões mais pessoais ou afetivas, ou seja, o uso de imagens é feito apenas de forma complementar, mas não essencial. Por outro lado, a linguagem é vista como algo mais preciso, as palavras são consideradas como

a essência da informação (LEEUWEN, 2000). No entanto, esta é apenas uma concepção idealizada do uso de multimodalidades no ensino de ciências, sabe-se que o uso de diversas linguagens (modos) não pode ser separado e categorizado, uma aprendizagem completa carece do entendimento das diversas formas de linguagem. Os vários modos de aprendizagem em química estão sempre interligados, e esta interação produz significados diferentes aos alunos (KNAIN, 2006).

Para entender as linguagens multimodais como produtoras de significados é preciso pensar em como professores expressam estes significados em sala de aula e como os alunos interpretam estes significados e utilizam das fontes disponíveis a ele no processo de aprendizagem para a construção de suas próprias significações. Neste processo de produção de significados/conhecimento, o professor deve configurar suas ideias de forma que possam ser entendidas por meio de diversas linguagens (linguística, visual, numérica). O aluno, por sua vez deve observar a mensagem do professor para criar novos significados, o que pode ser visto como o processo de aprendizagem.

O processo de construção de conhecimento envolve escolha, seleção e adaptação da informação a partir de uma variedade de modos. Isto também envolve transformação/transdução de informação entre os modos (por exemplo, analogia verbal para analogia visual, experimentação e escrita de um relatório), cada modo permitindo que a informação seja expressa e entendida de maneira especial (JEWITT, 2001).

A ideia de aprendizagem por multimodalidades pode ser aportada pela aprendizagem por multimídia que é enfocada por Mayer (1997). Segundo este autor na aprendizagem por multimídia (multimodalidade) o aluno se envolve em três importantes processos cognitivos. O primeiro processo está na seleção, o aluno aprende a selecionar as informações verbais e visuais para obter uma informação base. Após este processo o aluno precisa organizar a informação dos vários modos (visual, verbal) para ser possível criar explicações sobre elas. Finalmente, o aluno precisa integrar/conectar as diversas modalidades de informações disponíveis a ele para construir representações mentais.

Neste sentido, vemos que a aprendizagem multimodal é uma importante ferramenta para estabelecer conhecimento significativo na interação dinâmica entre diferentes linguagens (verbal, visual, numérica, etc.). É importante destacar também que tais linguagens podem ser utilizadas a fim de atender diferentes aspectos de significados, ou seja, realizam diferentes funções no aprendizado. Assim, a utilização da multimodalidade no ensino de química apresenta inúmeras vantagens sobre o ensino unimodal focado apenas em uma linguagem, predominantemente na fala ou na escrita.

A partir da constatação da importância da utilização da estratégia multimodal no ensino de química, surge a necessidade de entender como os estudantes de ensino médio transitam pela alfabetização multimodal para resolverem problemas. Esta questão central se configura como o objetivo de investigação deste trabalho.

METODOLOGIA

A estratégia desta investigação iniciou-se a partir da análise e escolha de uma questão da prova de seleção de candidatos para ingresso na Universidade de São Paulo, aplicada pela Fundação Universitária para o Vestibular (FUVEST) em 2012 (Figura1).

Para participar da resolução da questão escolhida foram convidados 28 estudantes de terceiro ano de ensino médio regular, de duas turmas diferentes de uma escola pública da cidade de São Paulo – SP. O convite a estas turmas foi efetuado com

base na declaração de vários estudantes, que explicitaram interesse em participar de processos de seleção para universidades públicas ao final do ano de 2012.

Todas as participações foram voluntárias, portanto os estudantes estavam conscientes e motivados a se engajarem no processo de construção da réplica, com elevado grau de responsividade.

Os estudantes foram acomodados em uma sala de aula, separados por carteiras vazias, a questão foi entregue com a face voltada para a superfície da carteira, e logo após o término da entrega da última folha, a questão foi lida pausadamente pelo professor, sem nenhuma discussão complementar. O tempo estipulado para a resolução da questão foi de 20 minutos e foi sugerido aos estudantes que escrevessem comentários sobre suas percepções e dificuldades em relação à questão.

Em posse das resoluções produzidas pelos estudantes, foi realizada então a transcrição das respostas e dos comentários que eventualmente foram escritos. A correção das produções foi feita de acordo com um gabarito e a análise do conteúdo foi realizada segundo Bardin (2010).

Nome: _____ nº: _____ turma: _____ data: _____

O rótulo de um frasco contendo determinada substância X traz as seguintes informações:

Propriedade	Descrição ou valor
Cor	Incolor
Inflamabilidade	Não inflamável
Odor	Adocicado
Ponto de fusão	-23 °C
Ponto de ebulição a 1 atm	77 °C
Densidade a 25 °C	1,59 g / cm ³
Solubilidade em água a 25 °C	0,1 g / 100 g de H ₂ O

- Considerando as informações apresentadas no rótulo, qual é o estado físico da substância contida no frasco, a 1 atm e 25 °C? Justifique.
- Em um recipiente, foram adicionados, a 25 °C, 56,0 g da substância X e 200,0 g de água. Determine a massa da substância X que **não se dissolveu** em água. Mostre os cálculos.
- Complete o esquema da página de resposta, representando a aparência visual da mistura formada pela substância X e água quando, decorrido certo tempo, não for mais observada mudança visual. Justifique.

Dado: densidade da água a 25 °C = 1,00 g / cm³

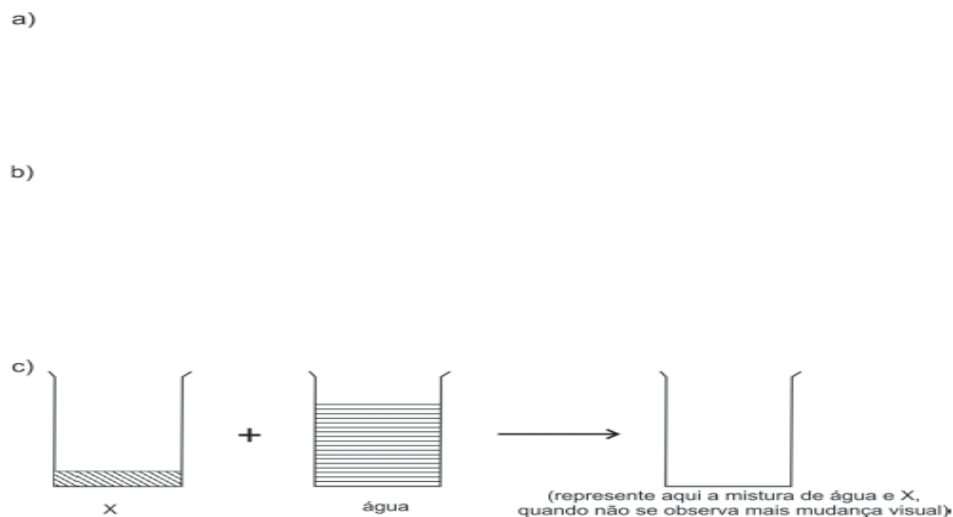


Figura 1: Questão do processo de seleção da FUVEST 2012 respondida pelos estudantes

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com nossa interpretação a questão proposta aborda conteúdos os quais apresentamos sintetizados no quadro 1, e que normalmente são ministrados e discutidos mais intensamente em salas de aula de primeiros e segundos anos do ensino médio regular da escola pública e que podem ser considerados de grau médio de dificuldade.

Com exceção do conteúdo que envolve os conceitos sobre solubilidade, os demais conteúdos tanto químicos, como matemáticos estão previstos nos currículos para serem abordados em maior ou menor grau de profundidade, a partir do ciclo I da escolaridade.

Desta forma o esperado é que os estudantes que participaram da atividade, e que atualmente cursam a terceira série do ensino médio exibam domínio sobre os conteúdos exigidos para sua resolução.

Quadro 1 - Conteúdos envolvidos na resolução da questão

Conteúdos necessários para resolução do problema proposto
Alteração do estado de agregação da matéria em função da variação de temperatura
Solubilidade das substâncias (líquidos)
Densidade
Domínio do conceito de proporcionalidade
Domínio da ferramenta de resolução de proporcionalidade – Regra de três

Além do domínio sobre os conteúdos, os estudantes deveriam mobilizar as necessárias competências e habilidades na perspectiva multimodal, para a compreensão e resolução da questão, isto é, deveriam retomar os conteúdos, estabelecer relações e construir modelos que os permitissem transitar entre as formas de representação disponíveis no enunciado e produzir suas respostas utilizando-se destas representações.

A partir da análise de conteúdo das réplicas construídas pelos 28 estudantes foram organizados três distintos padrões médios, que apresentamos no quadro 2, com suas respectivas proporções quantitativas.

Quadro 2 - Padrões das réplicas versus % de estudantes

Padrão	Descrição	% de estudantes
A	Exibem mínimo domínio e apropriação dos conteúdos, e mínimas habilidades e competências multimodais, para a compreensão, interpretação e resolução do problema proposto.	71
B	Exibem intermediário domínio e apropriação dos conteúdos, e intermediárias habilidades e competências multimodais, para a compreensão, interpretação e resolução do problema proposto.	21
C	Exibem bom domínio e apropriação dos conteúdos, além das necessárias habilidades e competências multimodais, para a compreensão, interpretação e resolução do problema proposto.	7

Os resultados apresentados no quadro 2, quando comparados com os resultados do Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010), da área de Ciências da Natureza, da unidade escolar para o ano de 2010, descritos no quadro 3 mostram tendências muito semelhantes.

Quadro 3 – Resultados do SARESP 2010 da unidade de ensino adaptados

Nível	Descrição	% de estudantes
Abaixo do básico + Básico	Domínio insuficiente + mínimo dos conteúdos, competências e habilidades desejáveis para o ano/série.	87,6
Adequado	Domínio pleno dos conteúdos, competências e habilidades desejáveis para o ano/série.	12
Avançado	Conhecimento e domínio dos conteúdos, competências e habilidades acima do requerido para o ano/série.	0,5

Atribuimos as diferenças para maior observados nos padrões A, B e C do quadro 2 em relação aos níveis adequado e avançado observados no quadro 3, principalmente aos fatos de que os estudantes que participaram de nossa proposta foram voluntários e que a “prova” foi resolvida em um ambiente descontraído, sem as possíveis pressões psicológicas da obrigatoriedade de obtenção de resultados positivos.

A primeira constatação a que se chega após a análise geral das respostas é de que apesar dos conceitos exigidos para a resolução da questão apresentar grau médio de dificuldade, mais do que dois terços dos estudantes demonstraram dificuldades na construção de suas réplicas.

Como o eixo central desta investigação é compreender como os estudantes de ensino médio transitam pela alfabetização multimodal para resolverem problemas, apresentamos três imagens, respectivamente às Figuras 2, 3 e 4, com as soluções representativas dos padrões observados no conjunto total das réplicas construídas pelos estudantes.

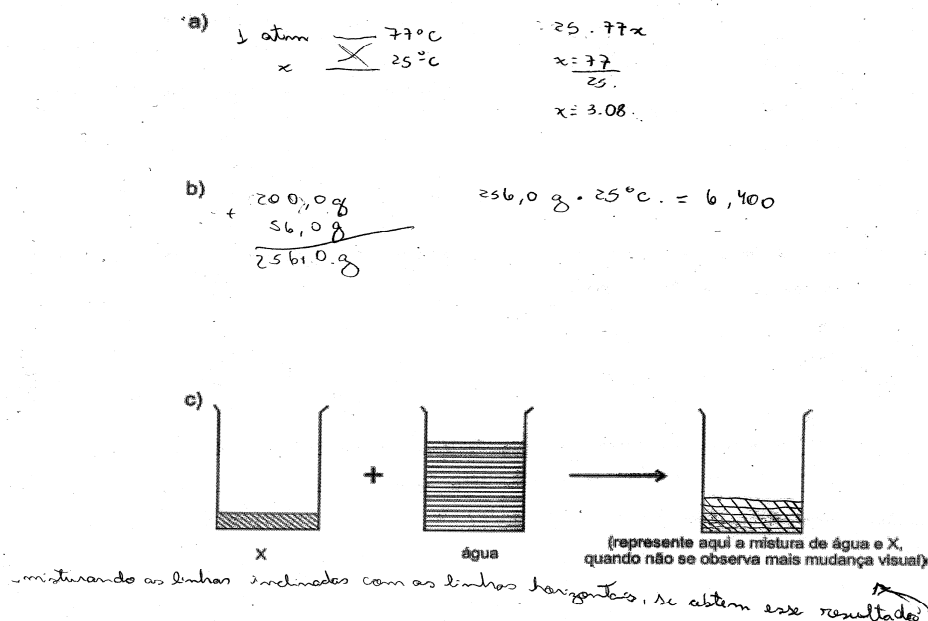


Figura 2: Padrão de construção de réplica A

A Figura 2 se constitui em um exemplo de um padrão de construção de réplica A, que apresentou uma característica marcante na maioria dos alunos. Na parte (a) da questão a estudante estabelece uma relação entre as duas temperaturas mostradas no rótulo e a pressão de 1 atm. Constrói uma relação proporcional entre unidades diferentes e obtém um resultado que não mantém nenhuma relação com os dados fornecidos no problema.

A explicitação das relações matemáticas de proporcionalidade entre valores com unidades diferentes indica que a estudante leu e não compreendeu o enunciado, impossibilitando a retomada de conteúdos, impedindo a mobilização de suas competências e habilidades multimodais para a construção da réplica que atendesse a proposta do enunciado.

Na parte (b) da questão a estudante organiza uma operação aritmética de soma e, logo a seguir, aparecem novamente explicitadas as relações entre dois valores com unidades diferentes.

A explicitação da operação aritmética de soma e da operação aritmética de multiplicação entre valores com unidades diferentes indica que a estudante leu e não compreendeu o enunciado, impossibilitando a retomada de conteúdos, impedindo a mobilização de suas competências e habilidades multimodais para a construção da réplica que atendesse a proposta do enunciado.

Na parte (c) da questão a estudante não faz menção a nenhuma propriedade, mostra a representação visual final como sendo o produto da mistura entre as linhas horizontais e diagonais, o que nos sugere que a réplica foi construída a partir da utilização do senso comum.

a) O estudo físico da substância X a 3 atm e 25°C é líquido. Pois na tabela, podemos ver que o ponto de fusão (sólido → líquido) é -23°C, e só chega ao seu ponto de ebulição a 77°C. $-23^{\circ}\text{C} < 25^{\circ}\text{C} < 77^{\circ}\text{C}$

$\begin{matrix} \text{sólido} & \text{líquido} & & \text{líquido} & & \text{líquido/gasoso} \\ \uparrow & & & \uparrow & & \uparrow \end{matrix}$

b) Solubilidade em água a 25°C → 0,3 g / 300 g

$\begin{matrix} 0,3 & \rightarrow & 300 \\ 0,2 & \rightarrow & 200 \end{matrix} \left| \begin{matrix} 50,0 \\ 100,2 \\ 55,8 \end{matrix} \right. \rightarrow 55,8 \text{ g é a massa da substância X que não dissolve na água.}$

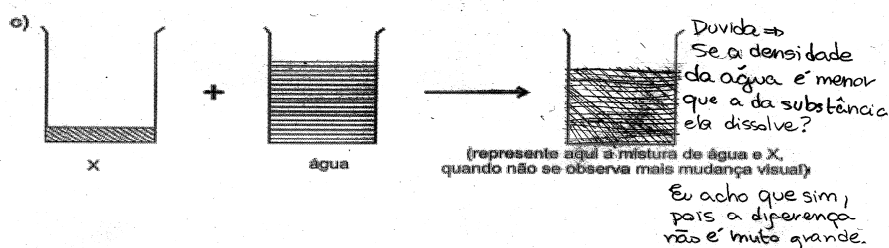


Figura 2: Padrão de construção de réplica B

A Figura 3 constitui um exemplo de um padrão de construção de réplica B. Na parte (a) da questão a estudante constrói um esquema com os valores numéricos das temperaturas de fusão e ebulição, localiza as posições relativas às transições entre os estados de agregação sólido e gasoso, justificando que o valor de 25°C se encontra na posição intermediária e, portanto, a substância se encontra no estado de agregação líquido.

A construção do esquema, a localização das posições, a correlação entre a temperatura e o estado de agregação e a simbologia < indicam que a estudante leu e compreendeu o enunciado, retomou os conteúdos mobilizando as suas competências e habilidades multimodais e construiu sua réplica, atendendo a proposta do enunciado.

Na parte (b) da questão a estudante organiza o esquema de proporção, apresenta a resolução e conclui com o valor da massa não dissolvida.

A construção do esquema proporcional, a resolução da proporção, o valor final e o comentário indicam que o estudante leu e compreendeu o enunciado, retomou os conteúdos, mobilizando as suas competências e habilidades multimodais e construiu sua réplica, atendendo a proposta do enunciado.

Na parte (c) da questão a estudante faz menção à propriedade densidade e relaciona com a solubilidade, sugerindo que pelo fato da densidade da água ser inferior a densidade da substância x, há dissolução de x em água.

Entretanto a representação visual final da mistura acompanha o raciocínio explicitado pela aluna, que representa a mistura como uma associação entre os dois esquemas iniciais.

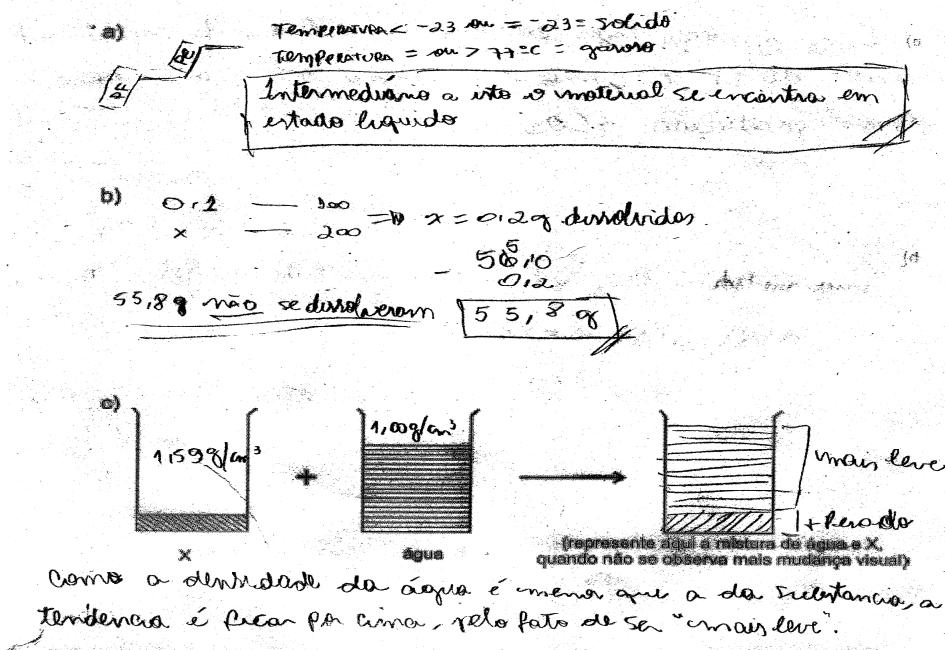


Figura 4: Padrão de construção de réplica C

Podemos ver na Figura 4 que na parte (a) da questão o estudante constrói um diagrama crescente e localiza posições relativas às transições entre os estados de agregação sólido e gasoso, justificando que “intermediário” às posições, a substância se encontra no estado líquido.

A construção do diagrama, a localização das posições, a correlação entre a temperatura e o estado de agregação, indica que o estudante leu e compreendeu o enunciado, retomou os conteúdos mobilizando as suas competências e habilidades multimodais e construiu sua réplica, atendendo a proposta do enunciado.

Na parte (b) da questão o estudante organiza o esquema de proporção, apresenta a resolução e conclui com o valor da massa não dissolvida.

A construção do esquema proporcional, a resolução da proporção, o valor final e o comentário indicam que o estudante leu e compreendeu o enunciado, retomou os conteúdos mobilizando as suas competências e habilidades multimodais e construiu sua réplica, atendendo a proposta do enunciado.

Na parte (c) da questão o estudante indica as densidades das substâncias, constrói a representação, localiza a posição relativa das substâncias e justifica com base na propriedade densidade.

Novamente as indicações das propriedades das substâncias, em especial a da água que foi apresentada à parte no problema, a representação final e a justificativa indicam que o estudante leu e compreendeu o enunciado, retomou os conteúdos mobilizando as suas competências e habilidades multimodais e construiu sua réplica, atendendo a proposta do enunciado.

Pelo exposto acima temos um forte indicativo de que o estudante utilizou adequadamente as informações disponíveis para a interpretação do problema nas partes (a) e (b). Na parte (c) o estudante não faz menção sobre a solubilidade da substância x e da característica incolor das duas substâncias.

Os indicativos presentes na resolução dos itens indicam que o estudante exibe bom domínio sobre os conteúdos exigidos pelo problema, bom domínio e apropriação da capacidade de abstração e visualização, revelando sua potencialidade e boas características de internalização dos aspectos essenciais da alfabetização científica multimodal.

Considerando os resultados expostos no quadro 1, que revelam uma porcentagem superior a dois terços dos estudantes com padrões de alfabetização multimodal, os quais exibem um mínimo domínio e apropriação dos conteúdos, e mínimas habilidades e competências multimodais, para a compreensão, interpretação e resolução dos problemas propostos, é possível concluirmos que não há trânsito multimodal na leitura, compreensão e resolução dos problemas propostos, sugerindo que ainda nesta etapa da escolarização, o que predomina é o senso comum.

Em outras palavras estes resultados são fortes indicadores que a alfabetização multimodal na área de Ciências da Natureza nesta unidade escolar é relativamente incipiente.

Retomando as referências apresentadas na introdução de nosso texto reafirmamos com base nos resultados obtidos, que os estudantes ao aprender química apresentam dificuldades em relacionar os três modos de representação e acabam por operar seu conhecimento essencialmente no nível macro em detrimento dos outros níveis (JOHNSTONE, 1991), e, além disso, se utilizam de seus referenciais de senso comum para este propósito.

Constatamos também que as dificuldades dos alunos em transitar pelos diferentes modos de representação apontados por Gabel, (1998, 1999) e Hinton; Nakhleh (1999), ainda persistem em proporções desafiadoras nesta unidade de ensino.

Desta forma reafirmamos que o desenvolvimento de competências multimodais, ou seja, a habilidade de transitar entre os modos representacionais, é fundamental para uma aprendizagem significativa em química (KOZMA E RUSSEL, 1997), reforçando a proposta de Mayer (1997) sobre a necessidade dos processos de ensino oportunizar que o estudante participe de situações que lhes permitam envolver-se com três processos cognitivos. O primeiro processo está na seleção, o aluno aprende a selecionar as informações verbais e visuais para obter uma informação base. Após este processo o aluno precisa organizar a informação dos vários modos (visual, verbal) para ser possível criar explicações sobre elas. Finalmente, o aluno precisa integrar/conectar as diversas modalidades de informações disponíveis a ele para construir representações mentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho discutimos alguns resultados empíricos de pesquisas envolvendo a alfabetização multimodal nos últimos quinze anos, e propusemos uma definição de aprendizagem mediada pela multimodalidade.

Organizamos uma metodologia de avaliação dos conteúdos internalizados pelos estudantes ao longo de sua escolaridade, bem como de suas competências e habilidades em solucionar problemas em que havia necessidade, de mobilizar e explicitar o grau de alfabetização multimodal em que se encontram.

Os resultados obtidos indicam que mais de três terços dos estudantes, que participaram das atividades propostas pela nossa metodologia apresentaram padrões de alfabetização multimodal, próximos ao um mínimo do necessário domínio e apropriação dos conteúdos, e mínimas habilidades e competências multimodais, para a compreensão, interpretação e resolução dos problemas propostos.

Estamos convencidos de que é fundamental que os professores viabilizem em suas aulas, a utilização de atividades e problemas que contemplem não somente a linguagem verbal, mas o uso de visualizações, linguagem numérica, icônica, etc. as quais são essenciais no contexto das representações múltiplas, a fim de possibilitar uma aprendizagem completa, a necessária alfabetização multimodal de alto nível, que

permita ao estudante praticar sua atuação cidadã em todas as escalas da sociedade, em que a mesma se faça necessária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 5ª edição. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2010. 281 p.
- GABEL, D. Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. **Journal of Chemical Education**, 76(4), 548–554, 1999.
- GABEL, D. The complexity of chemistry and its implications for teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), **International handbook of science education** London: Kluwer Academic, v. 1, p. 223–248, 1998.
- GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. **Multiple Representations in Chemical Education**. Holanda: Springer, 2009.
- HINTON, M. E., & NAKHLEH, M. B. Students' microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. **The Chemical Educator**, 4(4), p. 1–29, 1999.
- JEWITT, C.; KRESS, G.; OGBORN, J. O. N.; TSATSARELIS, C. Exploring Learning Through Visual, Actional and Linguistic Communication : the multimodal environment of a science classroom. **Educational Review**, v. 53, n. 1, 2001.
- JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: Logical or psychological? **Chemical Education: Research and Practice in Europe**, 1(1), p. 9-15, 2000.
- JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. **Journal of Chemical Education**, 70(9), p. 701-705, 1993.
- JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, 7, p. 75-83, 1991.
- KNAIN, E. Achieving Science Literacy Through Transformation of Multimodal Textual Resources. **Sciences Literacy**, 2006.
- KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, 34(9), 949–968, 1997.
- LEEUWEN, T. V. It Was Just Like Magic - A Multimodal Analysis of Children ' s Writing. **Linguistics and Education**, v. 10, n. 3, p. 273-305, 2000.
- LEMKE, J. L. Investigar para el futuro de la educación científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Investigación Didáctica**, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.
- MAYER, R. E. Multimedia learning: Are we asking the right questions. **Educational Psychologist**, 32, p. 1-19, 1997.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Boletim da Escola – SARESP 2010-EE ZULEIKA DE BARROS MARTINS FERREIRA**. 2010. 6p.
- TAN, K. C. D.; GOH, N. K.; CHIA, L. S.; TREAGUST, D. F. Linking the macroscopic, sub-microscopic and symbolic levels: The case of inorganic qualitative analysis. In J. K. Gilbert; D. Treagust (eds), **Multiple Representations in Chemical Education, Models and Modeling in Science Education**. Holanda: Springer, p. 1-5, 2009.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, 25(11), p. 1353-1368, 2003.