

A ELABORAÇÃO DE MATERIAIS PARA O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS E DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA PARA DISCENTE CEGO: PRODUTOS DE UM PROJETO PROBIC-JR

The Development of Materials for The Teaching of Atomic Models and Electronic Distribution for Blind Students: Products of a Probic-Jr Project

Jomara Mendes Fernandes [jomarafernandes@yahoo.com.br]

Sandra Franco-Patrocínio [sandraquimica3@yahoo.com.br]

Maria Helena Zambelli [mhzambelli@gmail.com]

Ivoni de Freitas-Reis [ivonireis@gmail.com]

Universidade Federal de Juiz de Fora

Rua José Lourenço Kelmer, S/n - Martelos, Juiz de Fora - MG, 36036-330

Resumo

O presente artigo tem por objetivo mostrar e discutir materiais táteis para o ensino de modelos atômicos e de distribuição eletrônica para alunos cegos. Os materiais desenvolvidos podem ser utilizados na educação básica, num contexto inclusivo, no qual alunos cegos ou de baixa visão bem como alunos videntes, podem interagir com os materiais, estimulando a aprendizagem. A pesquisa realizada é de cunho qualitativo e utilizamos de gravações com posterior transcrição do áudio para análise dos resultados. Os resultados nos mostram que os materiais táteis criados foram úteis para a aprendizagem de conteúdos químicos pelo aprendiz cego, que se mostrou favorável à sua utilização por demais deficientes visuais. Acreditamos que esses materiais, por serem de baixo custo, podem ser reproduzidos e empregados por docentes de química da educação básica.

Palavras-chave: Inclusão; Cegos; Ensino de Química.

Abstract

The present article aims to show and discuss tactile materials for the teaching of atomic models and electronic distribution for blind students. The developed materials can be used in basic education, in the inclusive context, where blind or low vision students and also sighted students can interact with materials, stimulating the learning. The research carried out has a qualitative character and we use tape recordings with later audio transcription to analyze the results. The results show that the tactile materials created were useful for the learning of chemical contents by the blind learner, which proved favorable to their use by the visually impaired. We believe that these materials, because they are inexpensive, can be reproduced and used by chemistry teachers of basic education.

Keywords: Inclusion; Blind; Chemistry Teaching.

1.Introdução

O presente trabalho se refere aos resultados advindos de um projeto submetido à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) no contexto do Programa de Bolsas de Iniciação Científica Júnior em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Nesse programa, a Universidade objetiva contribuir para a iniciação de estudantes do ensino fundamental, médio e de educação profissional de Escolas Públicas, em atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, além de ampliar a formação desses estudantes em ambientes de pesquisa e contribuir para o desenvolvimento da sua vocação científica.

Contamos também com o apoio da Associação dos Cegos de Juiz de Fora (Acegos), que é uma organização sem fins lucrativos, criada em 1939 para incluir pessoas com deficiência visual e prevenir a cegueira, buscando a promoção da inclusão do cego, resgatando-lhe o direito à cidadania e oferecendo-lhe condições para qualificação educacional e profissional com vistas à inserção no mercado de trabalho, que cedeu o espaço físico, além de mediar o contato com os moradores da instituição.

Nesse projeto, nos debruçamos no ensino de química para estudantes cegos, objetivando criar materiais que pudessem auxiliar o professor de química que tivesse em sua sala de aula alunos com deficiência visual e se preocupa com uma educação realmente inclusiva.

Nas últimas décadas, muito se tem defendido a escola num contexto inclusivo. A inclusão educacional é um termo comum no discurso de muitos, porém incluir vai muito além de colocar um aluno deficiente num mesmo espaço físico (Skliar, 1998). A maioria dos documentos legislativos referentes às políticas públicas de educação especial tem como princípios o direito do aluno com necessidades educacionais especiais à educação, ao acesso e permanência na escola, a formação e qualificação dos professores, currículo, métodos, recursos, organizações e infraestrutura adequada (Fernandes, 2016).

Reforçando essa sugestão, o governo brasileiro instituiu a lei 9394/96 que estabeleceu as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, determinando que pessoas com deficiência têm o direito de ser incluídas no ensino regular “sem discriminação, com o objetivo de integrar todos os níveis e graus de ensino” (Brasil, 1996). Em complementação, as Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Especial na Educação Básica discute a educação inclusiva:

Implica uma nova postura da escola comum, que propõe no projeto político pedagógico, no currículo, na metodologia de ensino, na avaliação e na atitude dos educandos, ações que favoreçam a integração social e sua opção por práticas heterogêneas. A escola capacita seus professores, preparam-se, organizam-se e adaptam-se para oferecerem uma educação de qualidade para todos, inclusive, para os educandos com necessidades especiais (Brasil, 2001, p. 40).

Como um reflexo desses documentos que concedem o direito da educação a todos, tem ocorrido um aumento significativo do número de matrículas de alunos com as mais diversas necessidades especiais nas classes comuns do ensino regular, como podemos observar - na Figura 1 - em um senso realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP, entre os anos de 2007 a 2013:

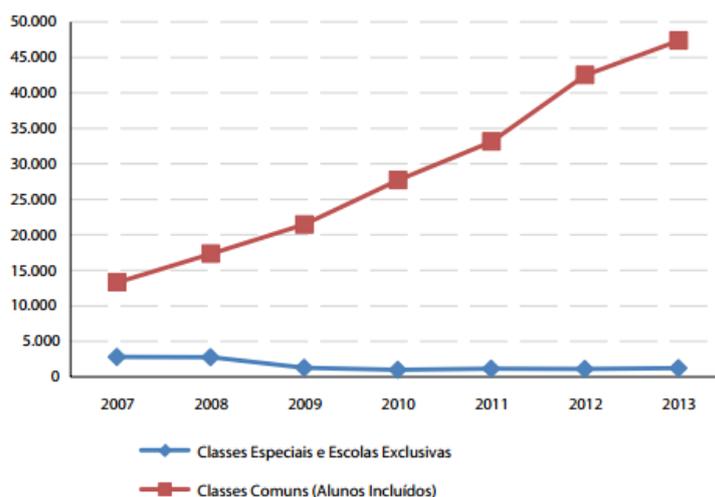


Figura 01: Crescimento do número de matrículas de alunos com necessidades especiais em escolas regulares e a diminuição do número de matrículas destes alunos em escolas especializadas. Fonte: Brasil, 2014.

No Brasil, dados baseados no último Censo, de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostraram que, da população total de 190.755.799 de pessoas, quase 24% dos entrevistados (45.623.910) responderam ter ao menos uma deficiência.

Tratando-se mais especificamente da deficiência visual, esta despontou como a deficiência de maior incidência no país: ao todo, 35.791.488 pessoas (18,7% da população nacional e 78,4% do total de deficientes) enquadraram-se nessa categoria, sendo que 528.624 disseram-se totalmente cegas (quase 0,3% da população brasileira), 6.056.684 responderam ter grande dificuldade para enxergar (3,1% da quantia geral de pesquisados), e 29.206.180 afirmaram ter alguma dificuldade (15,3%).

Considerando esse panorama apontado pelo Censo, percebemos a importância de dar um olhar diferenciado para a inclusão do sujeito cego ou de baixa visão no contexto escolar. Sabemos que muitos docentes encontram dificuldades para realizar atividades em sala de aula que consiga abarcar todos os estudantes e que a falta de materiais de apoio prejudica ou até impossibilita uma aula inclusiva.

Costa *et al* (2006) define o deficiente visual como o indivíduo que apresenta um estado irreversível de diminuição da capacidade visual ocasionada por fatores congênitos (patogenias) ou ambientais (patologias, lesões, tumores etc.), e que se mantém mesmo após a sua submissão a procedimentos clínicos (terapias) e/ou cirúrgicos e o uso de auxílios ópticos convencionais (óculos, lentes de contato). E pessoas cegas são as que não têm nenhum resquício de visão e empregam o Braille como sistema de leitura e escrita.

Professores e toda a equipe pedagógica devem estar atentos em realizar uma real inclusão de estudantes cegos ou de baixa visão na sala de aula, pois como afirmam Raposo e Carvalho (2010), o deficiente visual muitas vezes se torna mais um sujeito indefeso do que deficiente, uma vez que apresenta dificuldades em se inserir no ambiente de aprendizagem. Além disso, a escola tradicional não reflete sobre a importância da reestruturação dos meios mediacionais no espaço escolar, valorizando a figura do professor como centro do processo educativo em detrimento ao aluno com necessidades educacionais especiais em sala de aula (Ribeiro et al, 2010).

Outro ponto que deve ser levado em consideração está relacionado em como o estudante cego chegou ao estágio da cegueira. Pois, como afirmam Almeida e Araújo (2013), é preciso

considerar se a cegueira é congênita ou adquirida, pois um sujeito cego de nascença não é igual àquele que adquire essa condição ao longo da vida. Em função desse momento, seus condicionantes pessoais e suas aprendizagens serão completamente diferentes, uma vez que na deficiência congênita os indivíduos adquirem conhecimentos por meio de experiências que não incluem a visão, diferentemente dos que a adquiriram durante o ciclo evolutivo, pois de alguma maneira tiveram experiências visuais.

Nesse contexto, o estudante com necessidades especiais deve ser o centro das estratégias de ação, buscando valorizar suas aptidões, como afirmam Cunha e Enumo (2003):

(...) o indivíduo com deficiência visual apresenta comprometimento na área sensorial. Apesar desse comprometimento, a pessoa deve ser compreendida como um ser integral, ou seja, mesmo que a diminuição ou perda da percepção visual interfira nas suas relações inter e intrapessoais, não se deve atribuir muita importância a perda da visão da pessoa (p. 36).

Camargo e Nardi (2007) discutem que alguns docentes não consideram que o estudante com alguma deficiência deve estar sujeito ao mesmo nível de exigência e de aprendizagem que os demais alunos e “que deveriam estar preparados para planejar e conduzir atividades de ensino que atendam as especificidades educacionais dos alunos com e sem deficiência” (p. 379).

Mais especificamente sobre o ensino de química, Gonçalves (2014) elencou as maiores dificuldades para lecionar a disciplina quando temos um estudante cego em sala:

Encontrar maneiras e meios de criar e estimular o interesse na disciplina. Conseguir eficiente comunicação de informação de outra forma, sem ser através da comunicação visual. Os livros de texto são a solução parcial mais comum. Contudo, nem todos os livros editados se encontram feitos em Braille. Os livros, próprios para estes alunos, parecem ser menos atrativos que os outros que têm fotografias estimulantes, cores, diagramas e, além disso, um livro para um estudante normovisual pode corresponder a vários volumes de Braille para um estudante cego (s/p).

Considerando que uma das maneiras do cego aprender e compreender o mundo seja através do tato, devemos estar atentos em criar estratégias de ensino que tenham o tato como principal instrumento de comunicação e construção do conhecimento, além da fala. A concepção de que o cego deve utilizar-se do tato para comunicação não é atual. Em 1784 foi fundada em Paris o Instituto Real dos Jovens Cegos, a primeira escola destinada às pessoas com cegueira. Nesse centro de estudos, ensinava-se a ler através da impressão forte de textos em papel, que permitia dar relevo às letras. Adotando a mesma proposta, surgiram outras escolas na Europa e Estados Unidos (Bruno e Mota, 2001).

Mais de duas décadas depois, ingressou no Instituto Real o estudante Louis Braille (1809-1852), que desenvolveu o código Braille utilizado até os dias atuais. Já no Brasil, em 1854, o Imperador D. Pedro II fundou a primeira instituição voltada a alunos cegos, o Imperial Instituto de Meninos Cegos - atualmente, Instituto Benjamin Constant - seguindo os mesmos preceitos do Instituto francês. Posteriormente, foram criadas outras instituições em diferentes estados brasileiros (Bruno e Mota, 2001). Nessas instituições, é possível realizar cursos de capacitação, além de algumas delas dar o suporte para construção de materiais didáticos em Braille.

Considerando que o livro didático em Braille é um grande instrumento na prática docente, mas que somente ele não esgota as necessidades do estudante em compreender uma ciência que por sua abstração, lança mão de tantas analogias e modelos, como a química, surge então a necessidade de criarmos materiais didáticos táteis para que os estudantes cegos ou de baixa visão bem como os videntes possam ter contato com conceitos da química de difícil abstração.

A revisão da literatura brasileira aponta que são escassas as pesquisas voltadas ao ensino de química para cegos ou pessoas de baixa visão (Schwahn e Andrade Neto, 2011). Com o intuito de

colaborar com a mudança desse panorama, debruçou-se no trabalho de propor materiais acessíveis a cegos. Assim sendo, nosso intuito no presente artigo é relatar as intervenções desenvolvidas com um aprendiz cego, suas impressões sobre os materiais, e os resultados provenientes da aplicação das aulas sobre modelos atômicos e distribuição eletrônica, a fim de contribuir auxiliando a prática de professores de química que possuem alunos cegos em suas salas de aula.

2. Metodologia

O trabalho surgiu através de dois estudantes do segundo ano do ensino médio do Colégio Militar de Juiz de Fora¹ (MG), que se propuseram a um trabalho voluntário, extraclasse, completamente desvinculado da instituição de ensino onde estudam. Este trabalho inicialmente começou com a proposta dos referidos estudantes em atuarem como leitores² para pessoas com deficiência visual. A partir de uma demanda apontada pela Acegos, os estudantes assumiram o compromisso de atuarem também como mediadores na capacitação de cegos que pretendiam fazer cursos profissionalizantes e necessitavam de reforço através de aulas particulares. Contudo, desde o início, contamos com a participação de apenas um cego, que estava cursando o último ano da EJA - Educação de Jovens e Adultos, em uma escola estadual para conclusão do Ensino Médio. Este cego adquiriu a cegueira com 15 anos de idade devido a ocorrência de uma patologia no cérebro.

Os estudantes começaram a ministrar aulas de química, por ter sido apontada pelo aprendiz cego como a disciplina que apresentava maior dificuldade para a sua aprendizagem. Em meio a este processo e através de um contato com a Universidade, estabeleceu-se uma parceria de auxílio ao desenvolvimento dessas aulas a partir do programa Probic-Jr. No presente artigo, nos propomos a discorrer sobre os encontros nos quais desenvolvemos aulas adaptadas para o ensino de modelos atômicos e distribuição eletrônica.

As aulas ocorreram durante o ano de 2016 em encontros quinzenais, com duração média de 2 horas, e eram divididas em dois momentos. Na primeira parte havia uma explicação sucinta sobre o tema escolhido e na segunda parte o aluno era conduzido a tatear o material explicativo sobre o tema. Os recursos didáticos táteis utilizados para as aulas eram confeccionados previamente utilizando materiais de baixo custo e com texturas diferentes para guiar a aprendizagem do cego através do tato. As aulas sobre modelos atômicos aconteceram em dois encontros e de distribuição eletrônica num terceiro encontro.

No primeiro, discutimos sobre o modelo de John Dalton (1766-1844) e o tubo de Crookes que levou posteriormente ao modelo atômico proposto por Joseph Thomson (1856-1940). No segundo encontro, tratamos do experimento da lâmina de ouro que contribuiu para a proposição do modelo de Ernest Rutherford (1871-1937). Também, na mesma ocasião, discutimos sobre o estabelecimento da química quântica e o átomo quantizado proposto por Niels Bohr (1855-1962). No terceiro encontro trabalhamos com o tema distribuição eletrônica através de uma representação tátil e concreta do diagrama de Linus Pauling (1901-1994).

Os recursos construídos foram validados pelo aprendiz cego, para que o material pudesse ser aprimorado para futuramente ser divulgado e empregado na educação básica. As intervenções foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas e analisadas a partir de uma abordagem qualitativa dos dados.

^[1] O Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB) é formado por 12 Colégios Militares, sediados em Belo Horizonte (CMBH), Brasília (CMB), Campo Grande (CMCG), Curitiba (CMC), Fortaleza (CMF), Juiz de Fora (CMJF), Manaus (CMM), Porto Alegre (CMPA), Recife (CMR), Rio de Janeiro (CMRJ), Salvador (CMS) e Santa Maria (CMSM). O mais antigo - do Rio de Janeiro - foi criado em 06/05/1889, datando do império; chamava-se à época Imperial Colégio Militar. Já o de Juiz de Fora, um dos mais recentes, foi criado em 1993. Todos oferecem o ensino fundamental (do 6º ao 9º ano) e o ensino médio, atendendo aproximadamente a 15.000 (quinze mil) jovens.

^[2] Um leitor é todo aquele que lê em voz alta para outro, neste caso, para um cego.

3.Resultados e Discussão

Tratando-se especificamente do ensino de química para cegos, temos grandes entraves, uma vez que para o estudo da química é necessário a interpretação de gráficos, modelos e estruturas (Bertalli, 2010). A respeito do ensino de modelos atômicos, por exemplo, tem-se um grande apelo visual, estando normalmente cada modelo associada a uma representação imagética. Ainda em comparação à visão, o tato é uma forma mais lenta de captação da informação, isso porque a exploração tátil se dá de forma sequencial. Conforme nos apontam Nunes e Lomônaco (2010), O tato possibilita o conhecimento por meio das características dos objetos: textura, formato, temperatura etc. Esta possibilidade de discernimento pelo tato indica que o uso desse sentido pelo cego não é uma mera compensação do órgão falho. Mais do que isso, envolve uma reorganização cognitiva, que permite o acesso e o processamento de informações.

Na educação básica, a temática de modelos atômicos é desenvolvida negligenciando a discussão de como os modelos científicos foram elaborados e sua relevância para a construção do conhecimento científico. Os alunos tendem a interpretar o átomo como algo que foi descoberto e assim estudado, ao invés de entendê-lo como uma teoria que foi construída. Essa percepção leva o aluno a compreender o modelo atômico como real e não como uma construção científica e social que está sujeita a mudanças, caracterizando a dinamicidade da ciência (Melo e Neto, 2013).

Antes de iniciarmos a primeira aula e as discussões sobre os dois primeiros modelos que foram propostos para descrever o átomo - o modelo de Dalton e o modelo de Thomson - o estudante cego foi questionado sobre o que ele pensava que seria trabalhado durante a aula e o que ele esperava com relação aos materiais que seriam manuseados. Como resposta, o participante alegou que esperava obter uma definição mais concreta de tudo o que ouve falar sobre os modelos atômicos, suas partículas e a química como um geral.

Começamos apresentando uma introdução sobre o foco de estudo da química, que é a matéria e suas transformações, abrangendo concepções acerca da constituição da matéria. Buscamos sondar o que o participante pensava sobre o termo átomo, e este logo respondeu pensar ser *“uma parte indivisível, a menor parte dos materiais”*. A partir desse diálogo, fizemos uma conexão com respeito a como podemos interpretar o termo “modelos atômicos”, uma vez que tais modelos se tratam de representações de como poderia ser um átomo, representações obtidas através da descrição de um comportamento apresentado, e não porque alguns desses cientistas chegaram a ver de fato o átomo. Por isso que mesmo um aluno capaz de ver possui dificuldade em entender química: muitas vezes trata-se de fenômenos que não podemos enxergar, mas que é possível estudá-los através de modelos de representação (Justi e Gilbert, 2002).

Ao mencionarmos o fato de representarmos o que não podemos ver através de algum modelo, é iniciada a explicação histórica do átomo através dos tempos, até os dias atuais, conquanto utilizando do caminho normalmente elegido para essa explicação na educação básica brasileira. Estamos cômicos de que muitos estudos sobre o átomo estão sendo deixados de lado nessa “linha vermelha” traçada pela história da “evolução atômica” apresentada ao aluno do Ensino Médio.

Primeiramente, citamos os pensadores Demócrito e Leucipo e, em seguida, foram trabalhados outros cientistas, abordando, desde o pensamento inicial mais básico até o mais complexo e matematizado.

A começar por Dalton, ao aluno cego é entregue uma bola de sinuca (bola de bilhar) enquanto explicamos sobre o referido modelo. Pequenas esferas de outros materiais, como isopor, são tateadas afim de mostrar a diferença entre a massa e o tamanho das representações, que mantém sempre a mesma forma maciça e esférica (Figura 02). Paralelo a isso, introduz-se a concepção de reações químicas em conjunto com a lei de conservação da massa de Antoine Lavoisier (1743-1794), a partir de possíveis combinações entre diferentes átomos – na ocasião representada pelas

diferentes esferas maciças. Terminamos a explicação do modelo de Dalton falando sobre seus quatro postulados (Filgueiras, 2004) e explicitando o conceito de substância simples e composta.

Para introduzir as discussões referentes ao que levou à proposição do modelo de Thomson, buscamos conhecer quais eram as concepções prévias do aluno cego quanto ao que seriam cargas elétricas e comportamento eletromagnético. Na tentativa de explicar o que seria comportamento eletromagnético, ele citou o que ocorre em ímãs que possuem lados que se atraem e lados que se repelem, disse já ter a experiência de manusear materiais assim e que remete o fenômeno a forças magnéticas. Quanto a cargas elétricas, o aluno faz menção da corrente elétrica em fios de energia. Assim, Procuramos contextualizar que, naquela época, era crescente a curiosidade e os estudos sobre cargas elétricas. Já se desenvolviam muitos estudos sobre baterias, pilhas, e experimentos envolvendo alta voltagem, que levou à descoberta da subpartícula atômica: o elétron (Medeiros, 1999).

Através do experimento conhecido como Tubo de Crookes, Thomson observou que a luminescência que aparecia (conhecida como raio catódico) possuía carga, pois era desviada na presença de um campo magnético. Descrevemos oralmente o experimento e o fenômeno que acontecia dentro do tubo, posteriormente, colocamos à disposição do cego um esquema de representação tátil do tubo e do fenômeno de desvio do raio catódico. O material adaptado e utilizado está ilustrado também na Figura 02.

Agora com a maquete em mãos, explicamos novamente o experimento de Crookes, retomando o que anteriormente lhe fora dito sobre os procedimentos e os resultados advindos do tubo. Essa dinâmica corrobora com Camargo, Nardi e Veraszto (2008) que, ao pesquisarem a comunicação entre alunos com deficiência visual e seus professores, afirmam que *“utilizando-se maquetes e outros materiais possíveis de serem tocados, vinculam-se os mencionados significados a representações táteis e, por meio da estrutura mencionada, esses significados tornam-se acessíveis aos alunos cegos ou com baixa visão”* (p.3401).

O material e o experimento em si são novamente explicados para que o aluno pudesse agora tatear a representação do tubo de Crookes e compreendê-lo. Nesse material, feito de garrafa PET, os raios (feixes luminosos) são representados por fios metalizados, que possuem um desvio para um lado específico do tubo, demarcado por uma carga positiva. Discute-se com respeito à distribuição das cargas elétricas na estrutura atômica, que se iniciou no modelo atômico proposto por Thomson. Um material, que se resume em uma bola de isopor esférica rodeada de semiesferas feitas de massinha de modelar, é entregue para que o cego pudesse desenvolver uma impressão tátil daquele modelo. Figura 02.



Figura 02: Foto dos materiais táteis desenvolvidos para explicação dos modelos atômicos de Dalton e Thomson.

Para finalizar a primeira aula, foram posicionados nas mãos do aluno dois modelos diferentes. Consecutivamente, pediu-se para que ele diferenciasse os modelos de Dalton e Thomson os quais detinham em suas mãos. Na fala do cego: *“Ah, o modelo de Dalton é a mesma coisa do*

modelo de Thomson [maciço], porém o modelo de Thomson explica que os elétrons estão misturados no átomo e no de Dalton não se sabia ainda sobre os elétrons”.

Quando questionamos com relação ao o que ele havia entendido sobre o tubo de Crookes e o que ocorria dentro do tubo, a resposta do cego, transcrita na íntegra, foi: *“Eu imaginava que era um tubo. Mas quando você falou que ele [William Crookes] soltou as cargas elétricas dentro desse tubo, eu fiquei imaginando o que ele fez. Quando você falou que ele observou que as cargas iam para um ponto, fiquei imaginando o que ia para aquele ponto. Foi quando que você citou o ponto da plaquinha positiva. Foi aí que deu para entender.”*

O participante cego continua dizendo que, muitas vezes, ele sabe teoricamente determinado conceito, porém, ao trabalhar determinado conhecimento junto a um material concreto, isso direciona os seus pensamentos, trazendo uma completude do abstrato que ele cria dentro de sua mente conforme constrói um conhecimento. De fato, conforme apontam Nunes e Lomônaco (2010), dada a ausência de visão, são necessárias adaptações para que as informações visuais lhes cheguem por outras vias. Os autores ainda afirmam que a capacidade de abstração do cego não é diferente da capacidade daquele que enxerga. O primordial é que, independente da cegueira, para aprender, é preciso ter acesso à oportunidade de aprendizagem.

A segunda aula foi iniciada com recapitulações de tudo o que fora trabalhado no encontro anterior e buscando avançar as discussões para o que levou, décadas mais tarde, à proposta de um novo modelo atômico: o modelo de Rutherford. Começamos falando da experiência que deu origem ao novo modelo, o conhecido experimento da folha de ouro com partículas alfa.

Para realizar tal experimento, Rutherford bombardeou uma finíssima folha de ouro, de espessura de aproximadamente 10^{-4} mm (décimos de micron), por um feixe de partículas alfa (α), vindo de uma amostra de polônio. Com um anteparo à base de sulfeto de zinco, era possível visualizar o caminho percorrido pelas partículas após atravessar a folha. Rutherford notou que a maioria das partículas alfa atravessava a lâmina, não desviava, nem retrocedia. Apenas algumas dessas partículas se desviavam, e muito poucas retrocediam. Baseando-se nesses fatos, Rutherford concluiu que, ao contrário do que Dalton e Thomson pensavam, o átomo não poderia ser maciço. Mas, na verdade, grande parte do átomo seria vazio e ele conteria um núcleo muito pequeno, denso e positivo (Almeida e Santos, 2001).

Após introduzida essa nova descoberta, a experiência da lâmina de ouro, que foi confeccionada para uma versão tátil (Figura 03), é mostrada ao aluno cego, que tateia com o auxílio dos professores enquanto recebe explicações sobre o experimento e como o mesmo foi construído. Desta forma, e através de nossas discussões, começamos a fazer alusão acerca dos espaços vazios existentes no átomo. A questão dos desvios e do retorno de alguns feixes é esclarecida e é a partir deles que se inicia a construção da ideia do modelo de Rutherford e o átomo com espaços vazios. Entra em cena e é colocada à disposição do aluno a confecção tátil do modelo de Rutherford que fora produzida para a aula. Figura 04.



Figura 03: Fotos do modelo tátil de representação do experimento da lâmina de ouro e o momento em que é manuseada pelo aluno cego.



Figura 04: Foto do momento que o aluno cego tateia o modelo concreto de representação do modelo atômico proposto por Rutherford.

O modelo tipo “sistema planetário” foi confeccionado a partir de esferas de isopor, sendo que as de tamanho menores representavam os elétrons, enquanto a maior ao centro representava o núcleo de carga positiva. As órbitas, para dar suporte aos elétrons, foram elaboradas utilizando-se arame, pois se fez necessário para manter os elétrons afastados do núcleo, auxiliando na construção da ideia referente aos elétrons orbitando através de espaços vazios. Uma explicação teórica referente ao caminho, as órbitas, dos elétrons foi realizada, enfatizando que se tratam de orientações imaginárias e não materializadas como estavam no material tátil.

Questionando o que o material teria ajudado ao cego na construção do entendimento do novo modelo atômico, o participante alegou: *“Agora pude ter melhor noção daqueles tais espaços vazios dos quais vocês estavam falando. Mas uma coisa que ainda não compreendi bem: como acontece esse giro do elétron em torno de algo que o atrai?”*.

Com esse questionamento feito pelo próprio aluno, puxamos um gancho para introduzir as discussões que culminaram na proposição de uma nova teoria atômica: a do átomo quantizado, proposta por Bohr.

Elencamos as principais características da teoria quântica que consegue explicar o comportamento apresentado pelo átomo. Destinamos ao cego outro material confeccionado para dar suporte à explicação da teoria, na tentativa de ilustrar o que foi proposto por Bohr (Figura 05). Mais uma vez, as explicações sobre o modelo atômico são fornecidas junto ao toque do aluno sobre o material, através do qual o aluno cego pode identificar as mencionadas camadas de energia de um átomo. O esquema tátil também nos permitiu discutir o que seriam os chamados saltos quânticos, transição eletrônica e o significado de quantização da matéria.



Figura 05: Material confeccionado para dar suporte às explicações referentes aos níveis de energia atômica e transição eletrônica.

Uma inquietante questão de pesquisa de muitos químicos contemporâneos de Pauling era tentar explicar como os elétrons se distribuía ao redor dos átomos. Para Pauling, a distribuição eletrônica era mais que apenas uma ocupação pelos elétrons dos espaços vazios nas camadas da eletrosfera. Segundo sua teoria, os elétrons se distribuem de acordo com o nível de energia de cada subnível, numa sequência crescente ocupando primeiro os subníveis de menor energia e, por último, os de maior (Ramos, et al., 2008). Todo esse respaldo teórico foi primeiramente desenvolvido com o cego para que pudéssemos posteriormente nos debruçarmos na leitura conceitual e procedimental do diagrama em si.

Iniciamos retomando as discussões referentes à estrutura do átomo proposto por Bohr. Explicamos que os elétrons não estão desordenados orbitando o núcleo, mas sim que localizam-se segundo níveis de energias muito bem definidos. Explicitamos que, conforme se aumentava a camada (K, L, M...) mais afastada do núcleo a camada ficava e conseqüentemente maior era a energia da mesma. Elucidamos ainda que em uma determinada camada o número de elétrons era também predefinido, conforme os elementos conhecidos atualmente.

Para que o aluno cego entendesse melhor o material que logo em seguida tatearia, explicamos que além das camadas (que são níveis de energia) os elétrons também se organizam nos chamados subníveis energéticos. Esses subníveis energéticos em que os elétrons se organizam em uma mesma camada variam segundo a orientação no espaço e conforme o número máximo de elétrons que comportam, sendo denominados s, p, d e f.

Colocamos então à disposição do aluno uma tradução tátil (Figura 06) do diagrama de distribuição eletrônica com o intuito de desenvolver, na mente do discente, uma impressão mental da forma do diagrama com seus níveis e subníveis de energia e a ordem de ocupação dos elétrons nesses espaços. Utilizando um aparato de isopor, posicionamos tampinhas de garrafa PET que representavam os orbitais, e as quantidades de tampinhas unidas correspondiam ao subnível de energia. Assim, por exemplo, apenas uma tampinha representava sempre o subnível s, três tampinhas consecutivas representavam o subnível p, e assim por diante. A sequência de preenchimento de elétrons nos subníveis corretos de energia (que nos diagramas visuais comuns normalmente é indicada por uma seta) foi construída utilizando fios finos de arames que permitem uma percepção tátil a fim de tornar possível, pelo cego, a leitura correta do preenchimento.



Figura 06: Tradução tátil do diagrama de distribuição eletrônica de Linus Pauling e o aprendiz cego executando a distribuição de alguns elétrons.

Trabalhamos com o cego o fato de que em cada orbital (representado pela tampinha de PET) é possível encontrarmos no máximo 2 elétrons, onde considera-se que um elétron gira em sentido horário enquanto o outro elétron em um sentido anti-horário, o que chamamos de spin eletrônico. Por isso, cada tampinha comporta no máximo até dois elétrons. Ainda foi necessário ensinarmos que os elétrons são adicionados nos subníveis primeiramente de forma paralela, ou seja, todos com o mesmo spin. Por isso os orbitais são preenchidos elétron a elétron (nunca adicionando dois elétrons por vez e com mesmo spin no orbital).

O aprendiz cego reportou que já aprendera anteriormente na escola essa distribuição, que ele havia decorado a ordem, mas que nunca imaginou que toda essa ordem era devido a arranjos de energia e orientação espacial do elétron em torno do núcleo. A todo o momento nos surpreendia no cego sua capacidade de boa memória e facilidade de armazenar ordenadamente determinada informação. Essa observação concorda com o que Nunes e Lomônaco (2010) afirmam, que a cegueira costumeiramente é pensada unicamente pela falta e pela incapacidade, e tal modo de pensar acaba por proporcionar certo susto e admiração das pessoas ao se depararem com algumas habilidades de indivíduos cegos.

A desenvoltura do participante sobre o material foi eficiente, uma vez que ele conseguiu executar a distribuição eletrônica de vários átomos tendo como base seus valores de número atômico. Tal observação vai ao encontro do que comenta Vigotski (1997) quando argumenta que os entraves da cegueira são meramente instrumentais, e ao proporcionar ao cego formas alternativas de acesso aos aspectos da cultura inacessíveis a ele devido à ausência de visão, o problema é contornado, como no caso do Braille, que permite ao cego o acesso à linguagem escrita.

Na opinião do participante cego, todo o material elaborado atuou direcionando sua imaginação conceitual e transpondo esses conceitos químicos de modelos atômicos para o concreto, movimento esse essencial dentro das condições de aprendizagem de um cego. O participante ainda continua se expressando sobre o que pensa ser a inclusão de um aluno como ele (cego) em uma sala de aula ou em outros momentos dentro das relações em sociedade: *“Quando falamos sobre acessibilidade e inclusão, as pessoas confundem e pensam que nós queremos que destruam a cidade e criem uma cidade para cegos. E não é isso. Isso aqui [se referindo aos materiais desenvolvidos pela equipe] é uma inclusão. A pessoa confeccionou com as próprias mãos para me alcançar e eu estou me sentindo considerado. Realmente, pude ter uma noção do que vocês já têm pela visão; estou tendo pelo tato. Quando a gente fala em inclusão na escola, é isso! Não é você sair daqui e ir tão longe comprar um material tão caro. Não! É só isso aqui [materiais didáticos acessíveis] que a gente pede na escola, entendeu? E a gente simplesmente não tem.”*

Corroborando com a fala do estudante cego, Cardinali e Ferreira (2010) afirmam que a prática da inclusão de pessoas com esse tipo de deficiência sensorial exige a sensibilidade de educadores para perceber que uma forma de leitura do mundo para os cegos é a partir do tato, pois o

processo de aprendizagem pelo aluno cego demanda adaptações, uma vez que, privado do sentido da visão, ele precisa de material concreto e palpável para formar a imagem tátil e assim poder construir sua representação mental, podendo assim, de fato aprender.

Percebe-se que, para o ensino de química, ou ciências como um geral, mostra-se necessária e urgente a criação e/ou adaptação de materiais pedagógicos. É importante destacar que esses materiais precisam permitir percepções táteis, apresentar diferentes texturas para diferenciação de determinada característica. Os recursos didáticos devem explorar as percepções do seu público alvo, sendo necessário o conhecimento das necessidades e das habilidades do sujeito para o qual se destina. Os materiais, aliados às aulas teóricas e práticas, auxiliam os alunos cegos a perceberem o assunto com mais clareza, facilitando a compreensão conceitual do conhecimento a ser trabalhado.

4. Conclusão:

Os resultados deste trabalho, apontam que a elaboração de materiais adaptados para o ensino de deficientes visuais é uma ferramenta necessária e que facilita a aprendizagem do aluno. Os recursos táteis utilizados durante as aulas atuaram como facilitadores no processo de ensino aprendizagem dos conceitos trabalhados. Aliado aos materiais, a explicação do professor fez com que o aluno pudesse perceber com maior clareza o conceito à medida que tateava o modelo demonstrativo.

A educação é para todos, e neste sentido, cada vez mais se torna imprescindível darmos oportunidades aos alunos de terem uma educação verdadeiramente acessível. Incluindo nesta, aulas pensadas para este público e materiais que auxiliem o professor e o aluno, a fim de diminuir cada vez mais as barreiras no ensino. Para isso precisamos de professores conscientes, preparados e preocupados com a educação do aluno com deficiência.

5. Referências:

Almeida, T. S., & Araújo, F.V. (2013). Diferenças experienciais entre pessoas com cegueira congênita e adquirida: uma breve apreciação. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*. 1(3), 1-21. Acesso em 10 jun., 2016, <http://interfaces.leaosampaio.edu.br/index.php/revista-interfaces/article/view/24/29>.

Almeida, W. B., & Santos, H. F. (2001). Modelos Teóricos para a compreensão da Estrutura da Matéria. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, 4, 1-13. Acesso em 17 jul., 2016, <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/mod-teor.pdf>.

Brasil. Ministério da Educação. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. LDB 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Acesso em 10 jun., 2016, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm.

Brasil. Parecer CNE/CEB 17/2001, Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica. Acesso em 10 jun., 2016, <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/diretrizes.pdf>.

Bruno, M.M.G., & Mota, M.G.B. (2001). *Programa de Capacitação de Recursos Humanos do Ensino Fundamental: deficiência visual*. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial. Acesso em 21 ago., 2016, http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/def_visual_1.pdf.

Camargo, E. P., & Nardi, R. (2007). Dificuldades e alternativas encontradas por licenciados para o planejamento de atividades de ensino de óptica para alunos com deficiência visual. *Revista*

Brasileira de Ensino de Física, 29(1), 115 – 126. Acesso em 21 ago., 2016, <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n1/a18v29n1.pdf>.

Camargo, E. P., Nardi, R., & Veraszto, E. V. (2008) A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica [Versão eletrônica]. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(3), 3401. Acesso em 15 de maio de 2017, <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n3/3401.pdf>

Cardinali, S.M.M., & Ferreira, A. C. A (2010). Aprendizagem da célula pelos estudantes cegos utilizando modelos tridimensionais: um desafio ético. *Revista Benjamin Constant*, 1(46), 1-10. Acesso em 21 ago., 2016, <http://www.ibc.gov.br/revistabenjaminconstant/index.php/b3njc0nst/article/view/39>.

Costa, L. G.; Neves, M. C. D., & Barone, D. A. C. (2006). O ensino de física para deficientes visuais a partir de uma perspectiva fenomenológica. *Ciência E Educação*, 12(2), 143-153. Acesso em 23 fev., 2016, <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v12n2/02.pdf>.

Cunha, A. C. B. D., & Enumo, S. R. F. (2003). Desenvolvimento da criança com deficiência visual e interação mãe-criança: Algumas considerações. *Psicologia, saúde e doenças*. 4(1), 33-46. Acesso em 10 jun., 2016, <http://www.scielo.mec.pt/pdf/psd/v4n1/v4n1a03.pdf>.

Fernandes, J. M. (2016). Propostas Metodológicas Alternativas Para a Educação Inclusiva a Surdos: Enfoque Nos Conteúdos de Balanceamento de Equações Químicas e Estequiometria Para o Ensino Médio. *Dissertação*, UFJF, Juiz de Fora.

Filgueiras, C. A. (2004). Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton. *Química Nova na Escola*, 20, 38-44. Acesso em 23 fev., 2016, <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a07.pdf>.

Gonçalves, C. (2014). O ensino da Física e Química a alunos com Deficiência Visual. Acesso em 17 de nov., 2016, <http://cantinhodosolhares.blogspot.com.br/2014/02/aprender-braille-o-ensino-da-fisica-e.html>.

Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the educations of modellers. *International Journal os Science Education*, 24(4), 369-387. Acesso em 10 jun., 2016, <https://nosyevolucion.files.wordpress.com/2013/11/teachers-views-on-the-nature-of-models-justi-y-gilbert-2003.pdf>.

Medeiros, A. (1999). Aston e a descoberta dos isótopos. *Química Nova na Escola*, 10, 32-37. Acesso em 22 fev., 2016, <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/historia.pdf>.

Melo, M.R. & Neto, E.G. L. (2013). Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 112-122. Acesso em 10 jun., 2016, http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf.

Nunes, S. & Lomônaco, J.F.B. (2010) *O aluno cego: preconceitos e potencialidades*. *Psicologia Escolar Educacional*, 14(1), p.55-64. Acesso em 15 de maio de 2017, <http://www.scielo.br/pdf/pee/v14n1/v14n1a06>

Ramos, J. M.; Izolani, A. O.; Téllez, C. A., & Santos, M. J. G. (2008). O conceito de Hibridização. Acesso em 17 abr., 2016, *Química Nova na Escola*, 28, 24-27. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/06-CCD-5906.pdf>.

Raposo, P. N., & Carvalho, E. N. S. (2010). *A pessoa com deficiência visual na escola*. Brasília: editora UNB.

Ribeiro, J. C.C.; Mieto, G., & Silva, H. N. D. (2010). *A produção do fracasso escolar*. Brasília: editora UNB.

Skliar, C. (1998). *Os estudos surdos em educação: problematizando a normalidade*. In: C. Skliar (Org.), (pp. 172-199). Porto Alegre: Mediação.

Schwahn, M.C.A. & Andrade Neto, A. S. (2011). *Ensinando química para alunos com deficiência visual: uma revisão de literatura*. Atas do VIII ENPEC.

Vygotski, L.S. (1997). *Obras escogidas: V. Fundamentos de defectologia*. Madrid: Visor.