

CONCEPÇÕES DE PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL SOBRE A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA

CONCEPTIONS OF PROFESSORS IN INTIAL FORMATION ABOUT THE LEARNING IN CHEMISTRY

Ivete Maria dos Santos e Leonardo Maciel Moreira¹

¹Universidde de São Paulo / Instituto de Química – Química Fundamental
ivete@iq.usp.br

Resumo

A compreensão do processo de aquisição do conhecimento continua ocupando um espaço significativo no âmbito das pesquisas científicas. Os estudos voltados para este tema têm concedido importantes contribuições visando facilitar a assimilação do conhecimento pelo indivíduo. O objetivo deste estudo consiste em verificar as condições necessárias para a aquisição do conhecimento químico na visão de um grupo de 20 professores em formação inicial em química. Os dados foram coletados através de questionários, categorizados pelo método “milha” e posteriormente analisados.

Palavras-chave: Conhecimento, ensino de química, aprendizagem, formação inicial de professores, construtivismo.

Abstract

The understanding of the process of knowledge acquisition continues to occupy a significant place on scientific research. The studies on this theme have conceived important contributions aiming to improve the assimilation of knowledge by the individual. The objective of the present study consists of investigate the necessary conditions to the acquisition of chemistry knowledge in the view of a group of 20 professors on fundamental chemistry. The data was collected through questionares, categorized by the “milha” method and analysed afterwards.

Keywords: Knowledge, education of chemistry, learning, formation of teachers, construtivism.

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre o processo de aquisição do conhecimento vêm cada vez mais ampliando seu espaço nas pesquisas científicas. Saber como se aprende significa propiciar condições teóricas para desenvolver uma nova ação pedagógica, voltada para garantir aos educandos um aprendizado melhor e a possibilidade de encontrar seus próprios meios de aprender.

Os estudos sobre a aprendizagem humana têm concedido uma infinidade de abordagens que destacam as mais diversas estratégias visando facilitar a assimilação do conhecimento pelo indivíduo. Cada uma dessas abordagens, normalmente representa o retrato de um momento histórico e de suas necessidades específicas, destacando um ou outro aspecto referente a melhor forma de aprender. Dentre as abordagens, podemos citar o Construtivismo, concepção teórica que estabelece que o sujeito cognoscitivo constrói o conhecimento. Isto pressupõe que cada sujeito tem que construir seus próprios conhecimentos e que não os pode receber construídos de outros. No entanto, pode-se afirmar que essa construção não seria possível sem a existência de outros indivíduos. O conhecimento constitui um produto da vida social, portanto, os fatores externos podem facilitar ou dificultar a construção do conhecimento por parte do sujeito cognoscitivo.

Segundo Piaget (1997), a equilibração fornece uma estrutura que nos parece capaz de abarcar os vários aspectos da questão de saber como o estudante melhora suas noções, construindo o conhecimento. A equilibração, de uma maneira geral, trata do ponto de equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, e assim, é considerada como um mecanismo auto-regulador, necessário para assegurar ao indivíduo uma interação eficiente com o meio-ambiente. No entanto, esta equilibração não ocorre simplesmente para recuperar o equilíbrio perdido, mas, sobretudo, numa tendência para recuperar o equilíbrio num nível superior que era permitido pela organização de esquemas que precedeu a perda do equilíbrio.

Pela teoria piagetiniana, o ser humano somente conhece a realidade atuando sobre ela, por isto ele estabelece intercâmbio com o meio mediatizado pelos esquemas de ação e pelos esquemas de representação. É através dos esquemas de ação e representação que os indivíduos entram em contato com o meio, tentando encaixar cada objeto novo em seus esquemas. É graças aos esquemas que podemos interpretar, dar significado ao meio tornando-o possível apreendê-lo. Num ponto de vista da aprendizagem, conclui-se que a capacidade dos seres humanos para aprender com a experiência depende dos esquemas que utilizam para interpretá-la e lhe dar significado. Enquanto, para o processo ensino-aprendizagem a capacidade do aluno aprender depende não somente do ensino, mas também das formas ou estruturas de pensamento que ele predispõe para assimilar o ensino, ou seja, depende do nível de competência cognitiva do aluno.

Segundo a concepção construtivista, o novo conhecimento adquirido pelo indivíduo será afetado pelo seu conhecimento prévio, por suas experiências e pelo contexto social em que aprendizagem acontece. Os conhecimentos prévios podem estar relacionados a conceitos, princípios, fatos, procedimentos, normas, atitudes e valores bem ou mal elaborados, mais ou menos coerentes, adequados ou inadequados em relação ao conteúdo de estudo. Diversas pesquisas apontam que o ensino deve partir dos conhecimentos prévios dos alunos como forma de facilitar a introdução de um novo conhecimento, entre elas podemos citar a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

De acordo com Moreira (2002), para Ausubel “a aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do aluno adquirindo significado a partir da relação com seu conhecimento prévio”. Quando o conteúdo escolar a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chama de aprendizagem mecânica, ou seja, quando as novas informações são aprendidas sem interagir com

conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, a pessoa decora fórmulas, leis, mas esquece após a avaliação.

Por outro lado o conhecimento prévio pode vir a constituir um obstáculo epistemológico no processo de aquisição do conhecimento científico. De acordo com Bachelard (1996), “o termo obstáculo epistemológico se refere a tudo aquilo que impede, impossibilita, enfim, obstrui o progresso da ciência”. Podem ser citados como exemplos: a experiência prévia e os obstáculos verbais.

Muitas idéias manifestadas pelos alunos são lógicas, sensatas, e valiosas de acordo com seu ponto de vista, mas podem ser significativamente diferentes do ponto de vista da ciência, não estando em conformidade com a explicação científica. As concepções alternativas podem surgir em consequência da variedade de contatos que os estudantes fazem com o mundo social físico ou em consequência da experiência pessoal, interação com professores, outras pessoas, ou pelos meios de comunicação. Estas concepções podem estar presentes antes e depois do ensino.

O ensino-aprendizagem em química ainda é considerado difícil pelos estudantes e professores de química. As razões para isto variam desde a natureza abstrata de muitos conceitos químicos à dificuldade de compreensão da linguagem química. Isso pode ser constatado através da dificuldade dos alunos no entendimento dos níveis de representação mental: microscópico, macroscópico e simbólico presente no conhecimento químico.

O nível macroscópico corresponde às representações mentais adquiridas a partir de experiências sensoriais diretas (baseado nas propriedades organolépticas). O nível submicroscópico refere-se a representações abstratas, modelos que tem em mente uma pessoa experiente em Química, associados a esquemas de partículas. É um modelo mental do que acontece segundo o modelo particulado da matéria. E o nível simbólico: abrange as formas de expressar os conceitos químicos mediante fórmulas, equações químicas, expressões matemáticas, gráficos, definições etc. (Johnstone, 1982, p. 378).

Diante deste contexto é conveniente que o professor ensine aquilo que é mais significativo na Química, ou seja, é preciso escolher as informações que tenham maior relevância dentro dessa ciência. O conteúdo de Química, como o de qualquer outra ciência, é praticamente inesgotável, cabendo ao professor adequar o currículo a realidade vigente.

No entanto, para que esta seleção seja realizada de forma coerente, é necessário que o professor leve em consideração os seguintes aspectos (COLL, 1999):

1. O *nível de desenvolvimento operatório* do indivíduo. A psicologia genética tem estudado este desenvolvimento e ressalta que a ausência de estruturas cognitivas suficientemente maduras pode dificultar o processo de acomodação do conhecimento. O Projeto curricular deve levar em conta essas possibilidades, não só no tocante à seleção dos conteúdos, mas também na maneira de planejar as atividades de aprendizagem a fim de ajustá-las às peculiaridades de funcionamento da organização mental do aluno.
2. A repercussão das experiências educativas formais sobre o crescimento pessoal do aluno também está condicionada pelos seus *conhecimentos prévios*. Não existe nenhuma dúvida de que o aluno que inicia uma nova aprendizagem escolar o faz a partir dos conceitos, concepções, representações e conhecimentos que construiu em sua experiência prévia.
3. Para a aprendizagem ser significativa, duas *condições* devem ser cumpridas. Em primeiro lugar, *o conteúdo deve ser potencialmente significativo*. Em segundo lugar, deve-se ter uma *atitude favorável para aprender* significativamente, ou seja, o aluno deve estar motivado para relacionar o que aprende com o que já sabe. A observação por parte do professor destes

aspectos pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem do conhecimento químico.

As publicações e resultados de pesquisas realizadas na área de formação de professores (CONTRERAS, 2002; PIMENTA & GHEDIN, 2002) apontam para o fato de que na formação inicial os futuros docentes têm a possibilidade de pensar e estruturar parte de sua prática profissional. Assim, as concepções desses futuros docentes sobre o processo de ensino-aprendizagem, bem como a evolução dessas concepções ao longo dos cursos de formação inicial, tem grande importância na formação do fazer profissional. O objetivo deste trabalho é verificar as concepções de um grupo de licenciandos em química da Universidade de São Paulo sobre as condições necessárias para que o indivíduo possa aprender o conhecimento químico.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com 20 indivíduos em formação inicial em química, porém alguns deles já possuem experiência em ensino. A faixa etária desse grupo é consideravelmente larga (19 a 34 anos), com tempo de trabalho em Química bem distinto (*vide gráfico 1*) e com experiências variadas (*vide gráfico 2*), entretanto todos estavam cursando a disciplina Instrumentação para o Ensino I do curso de Licenciatura em Química da Universidade de São Paulo.

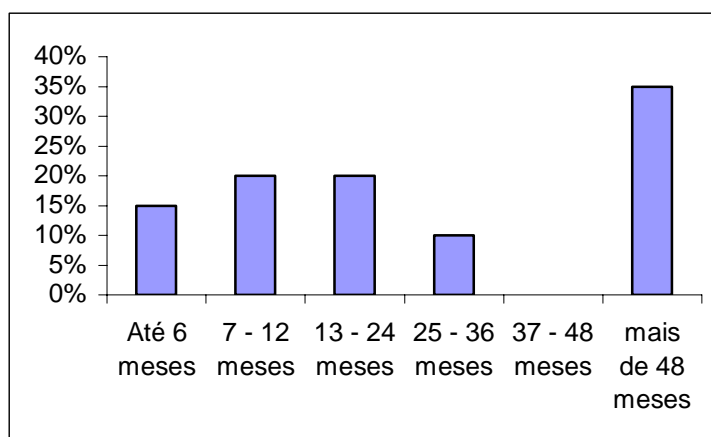


Gráfico 1: Tempo de trabalho na área de Química

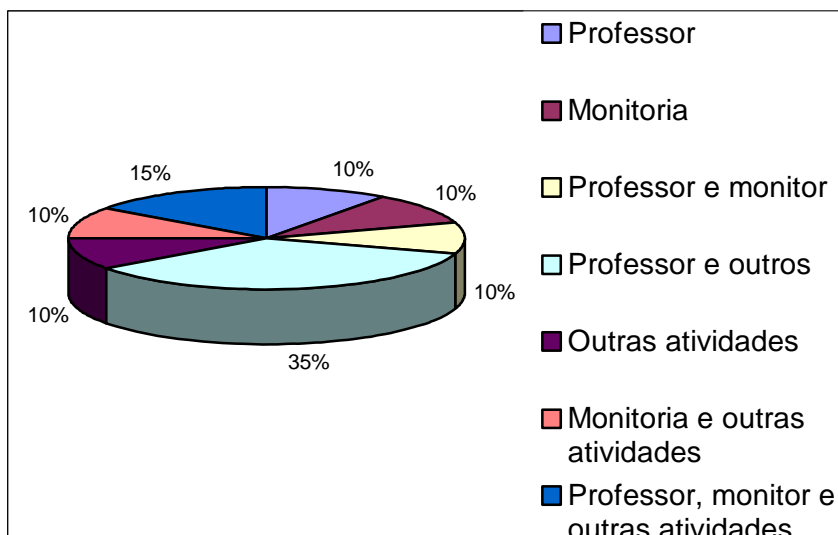


Gráfico 2: Diversidade de experiências

Os dados analisados foram recolhidos através de três questionários. Após algumas leituras as respostas dos professores (*1a, 2c e 3c*) foram segmentadas em elementos que foram agrupados em conjuntos distintos através de um processo de diferenciação e reagrupamento, sendo posteriormente categorizados segundo um critério semântico. Como não havia nenhum sistema de categorias pré-estabelecido a nossa categorização é o resultado da classificação analógica e progressiva dos elementos constituintes das respostas, seguindo os critérios de exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade/fidelidade e produtividade. Esse procedimento, conhecido por “*milha*” (BARDIN, 2000), possibilitou a construção das categorias.

Tabela 1: Perguntas utilizadas para o cruzamento dos dados

| | |
|----------------|---|
| Questionário 1 | <p>a. Qual o conhecimento que um estudante deve ter para aprender Química?</p> <p>b. Você acha que é possível ensinar Química a estudantes do Ensino Fundamental (1^a à 4^a série)? O que você ensinaria?</p> |
| Questionário 2 | <p>b. Você acha possível trabalhar o tema átomo com alunos de 1^o a 4^o série? Justifique sua resposta.</p> <p>c. Na sua opinião, existe um pré-requisito para aprender? Justifique sua resposta.</p> <p>d. E para aprender Química, existe pré-requisito? Justifique sua resposta.</p> |
| Questionário 3 | <p>c. Qual o conhecimento necessário para aprender Química na 8^a série?</p> <p>d. Você acha possível trabalhar estrutura da matéria com alunos de 1^a à 4^a série? Justifique sua resposta.</p> |

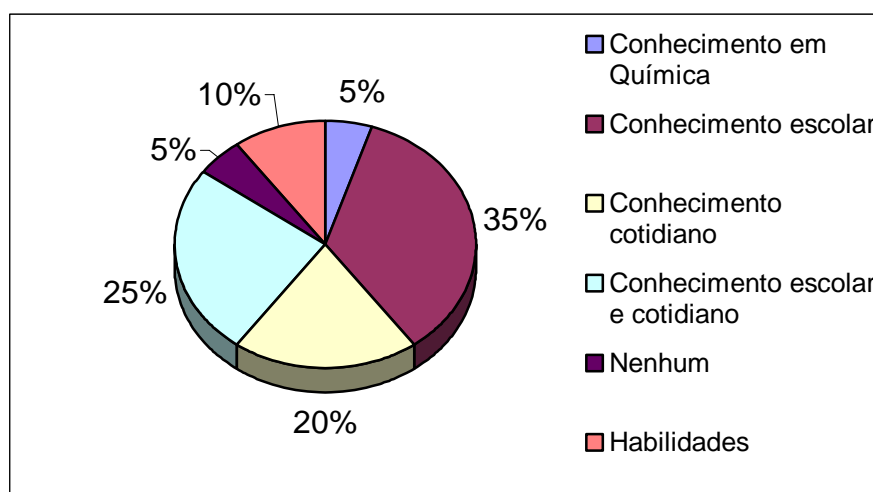
RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o processo de categorização descrito, obteve-se as seguintes categorias:

Tabela 2: Descrição das categorias

| Categorias | Algumas respostas |
|----------------------------------|---|
| Conhecimento em Química | Conhecer conceitos básicos de Química. |
| Conhecimento escolar | Ter conhecimento de ciências, matemática, português. Saber ler e escrever. |
| Conhecimento cotidiano | Conhecimento baseado na vida e no cotidiano. Experiências de seu cotidiano. |
| Conhecimento escolar e cotidiano | Experiência do cotidiano e domínio da leitura. Noções de matemática e bagagem geral do cotidiano. |
| Nenhum | Ter disposição. Estar vivo! |
| Habilidades | Conhecimento de saber observar. Curiosidade, capacidade de observação e de relacionar fatos do cotidiano com o científico. |

Cada resposta foi enquadrada na categoria que melhor lhe representava possibilitando a formação do gráfico abaixo.

**Gráfico 1: Evocação das categorias pelos professores**

Esse gráfico demonstra que enquanto boa parte dos professores em formação acredita que para aprender Química basta possuir conhecimento escolar básico, outra parcela crê que basta ter conhecimento escolar e cotidiano e outra, ainda, que basta apenas o conhecimento cotidiano. Esse resultado condiz com as discussões atuais sobre conhecimento escolar, conhecimento cotidiano e aprendizagem na escola. Segundo Lopes (1999) a educação escolar é um processo no qual o conhecimento formal é construído contra e sobre o conhecimento cotidiano. O conhecimento construído por cada aluno a partir de sua vivência cotidiana pode ser utilizado como meio para construção do conhecimento escolar que, ao final da aprendizagem, tende a suplantar o conhecimento cotidiano. Esse processo indicaria que mais do que educar para a cidadania, a escola pode educar cultural e politicamente seus alunos de acordo com os interesses da facção dominante. Uma pequena parte dos professores em formação acredita que basta ter conhecimento químico básico ou nenhum.

Um outro resultado importante foi a crença de que para aprender Química é necessário possuir algumas habilidades. Essa concepção encontra respaldo em pesquisas sobre a evolução da ciência e do próprio conhecimento científico, dentre elas podemos citar Farias (2001) que considera a determinação o fator que levou Marie Curie, Irène Joliot-Curie e Dorothy Mary a ganharem o Prêmio Nobel de Química em 1911, 1935 e 1964, respectivamente, e que a personalidade de Werner, pesquisador irrequieto, intuitivo e impetuoso, foi uma grande contribuinte para o descobrimento – antes de Sophus Mads Jørgensen, pesquisador conservador, metódico e cauteloso – da solução de um intrincado problema da química de compostos inorgânicos e criasse a Teoria de Coordenação de Werner; e os vários episódios históricos relatados por Strathern (2002) onde descobertas foram atribuídas a alguns cientistas que souberam olhar de forma diferenciada para temas e problemas que enfadonhamente eram estudados por outros cientistas.

Algumas pesquisas realizadas sobre aprendizagem em Química e Física utilizando resolução de problemas (ÖNORBE e SÀNCHEZ, 1996a, 1996b) também destacam a importância do desenvolvimento de habilidades para o processo ensino-aprendizagem em Química. Segundo essas pesquisas, quando questionados sobre o que é mais difícil na aprendizagem em Química e Física, se a teoria ou a resolução de problemas, a maioria dos alunos atribui um maior grau de dificuldade à resolução de problemas. Esse resultado sugere que é necessário desenvolver nos alunos habilidades que lhes auxiliem a trabalhar com o conhecimento químico (ou físico) de maneira que possam resolver problemas e construir novos conhecimentos.

A preocupação com o desenvolvimento de habilidades também está presente em documentos sobre o ensino de química como, por exemplo, o PCN+:

[...] a Química deve ser apresentada estruturada sobre o tripé: **transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos**. Um ensino baseado harmonicamente nesses três pilares poderá dar uma estrutura de sustentação ao conhecimento de química do estudante especialmente se, ao tripé de conhecimentos químicos, se agregar uma trilogia de adequação pedagógica fundada em:

- contextualização, que dê significado aos conteúdos e que facilite o estabelecimento de ligações com outros campos de conhecimento;
- respeito ao desenvolvimento cognitivo e afetivo, que garanta ao estudante tratamento atento a sua formação e seus interesses;
- desenvolvimento de competências e habilidades em consonância com os temas e conteúdos do ensino.

A aprendizagem de química, nessa perspectiva, facilita o desenvolvimento de competências e habilidades e enfatiza situações problemáticas reais de forma crítica, permitindo ao aluno desenvolver capacidades como interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões (BRASIL, 1999, p.88).

Entendemos que a preocupação com o estímulo e desenvolvimento de habilidades está associada ao fato de que cada aluno possui seu projeto de vida (MACHADO, 2000), um projeto pessoal e intransferível. Por isso é importante ensinar nossos alunos aprender a aprender. Somente assim, aprendendo como se aprende, nossos alunos poderão superar uma visão superficial do conhecimento formal e articulá-lo de forma que este possa contribuir para a realização de seu projeto de vida.

Na tentativa de caracterizar um pouco mais as concepções dos professores em formação sobre a aprendizagem em Química utilizamos questões (1b, 2b e 3d) referindo-se à possibilidade de ensinar Química no Ensino Fundamental I (1^a à 4^a séries). Nas respostas percebemos uma preocupação com os temas a serem abordados, principalmente no que se refere ao grau de abstração exigido pela informação apresentada:

Tabela 3: Sugestões dos professores em formação sobre o que poderia ser ensinado de Química no Ensino Fundamental I

| Professores | Respostas |
|--------------------|---|
| <i>P1</i> | <i>- Conceitos básicos!</i> |
| <i>P2</i> | <i>- Nada que exija muita abstração!</i> |
| <i>P3</i> | <i>- Transformação da matéria, poluição da água, conceitos relacionados ao cotidiano e à formação do cidadão.</i> |
| <i>P4</i> | <i>- Como é construído o conhecimento científico.</i> |

As respostas apresentaram uma preocupação com a sintonia entre estrutura cognitiva dos alunos e grau de abstração do conteúdo apresentado. Considerando que Johnstone (1991) sugere que a Química trabalha com conceitos que não são percebidos diretamente pelos sentidos (átomos, moléculas, substâncias etc.), que estes são descritos nos níveis macroscópico, sub-microscópico e simbólico e que Piaget (1997), através de seus estudos sobre desenvolvimento, aponta para a existência de estruturas cognitivas em constantes estágios de maturação através processos de assimilação e acomodação, podemos inferir que o pensamento dos professores encontra fundamentos em estudos encontrados na bibliografia. A preocupação em abordar conceitos Químicos sob aspectos macroscópicos pode ser o reflexo de uma conscientização quanto ao prejuízo que uma sobre-carga da memória de trabalho (JOHNSTONE, 1997) dos alunos pode acarretar à aprendizagem de novos conceitos.

Na aprendizagem em Química (2c e 2d), e em qualquer outro campo de ensino, os professores defendem que:

P1 – Basta que o aluno seja iniciado pelo professor, ou seja, o professor ofereça os instrumentos e problematize os temas de forma com que os alunos consigam ver a sua importância. (...) se aluno não vê significado para sua vida nos conceitos trabalhados,

desenvolverá obstáculo psicológico que o impedirá de desenvolver um bom trabalho e conseqüentemente aprender os conceitos que o poderia ajudar em sua vida.

P2 – (...) acho que o aprendizado é algo inerente, que requer somente os mecanismos naturais que possuímos.

P3 – (...) o pré-requisito é a curiosidade, interesse e a vontade de aprender.

Nesses trechos o professor é caracterizado como a figura que não só fornece material e explicação sobre conteúdos, mas também como aquela pessoa que auxilia os alunos na descoberta de onde e como os conceitos aprendidos se encaixam em seus projetos de vida, ou seja, ajudam a dar significado ao aprendizado. Apesar de nenhum dos professores exemplificar como realizar esse trabalho de significação a idéia do professor como um “agente significante” está presente em algumas respostas e em diversos discursos sobre Ensino de Química e Ensino de Ciências Naturais.

CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos depoimentos dos professores em formação e das concepções que daí emergiram, podemos concluir que, para estes, de maneira geral, a aprendizagem em Química é dependente de fatores como:

- a. Conhecimento escolar: Para a construção dos conceitos estudados em Química são necessários conhecimentos básicos de ciências, português (ou língua materna), leitura e domínio das principais operações matemáticas (adição, subtração, trabalho com funções etc.).
- b. Conhecimento cotidiano: O professor pode e deve auxiliar seus alunos a construir seu conhecimento a partir de vivências cotidianas. Isso pode auxiliar os aprendizes a interessarem-se mais pelos estudos e talvez auxiliar em uma possível significação dos conceitos estudados.
- c. Habilidades: Estratégias e atitudes que estimulem os alunos a observar, descrever, interpretar, estabelecer relações entre fatos e fenômenos naturais ou decorrentes da intervenção do homem e a conscientização de todo esse processo devem ser privilegiadas tanto no ensino que precede a aprendizagem em Química quanto nela própria. Isso capacitará os alunos a aprender não só conceitos das ciências naturais, mas também aprender como se aprende.
- d. Significância: Uma maneira de estimular os alunos na aprendizagem em Química é auxiliá-los na atribuição de significados aos conceitos estudados em Química. Também é do professor a responsabilidade de identificação entre aluno e objeto de estudo.

Ainda que o universo analisado não seja constituído por um número estatisticamente grande conseguimos perceber que o subgrupo que expressou a categoria *conhecimento escolar e cotidiano* é constituído por professores e profissionais advindos da indústria com tempo de atuação $x = 40$ meses ($\sigma_n = 20,39$) e que o subgrupo que expressou a categoria *habilidades* é constituído por professores, profissionais advindos da indústria e, em maior quantidade, monitores, todos com tempo de atuação $x = 13,5$ meses ($\sigma_n = 6,53$). Essa divergência pode ser advinda da formação de profissionais em períodos diferentes, sendo assim ela pode ser resultante da mudança do paradigma de ensino com o qual cada geração teve contato. Acreditamos que somente com o diálogo entre estas gerações de profissionais, o auxílio do conhecimento formal

produzido por pesquisas nessa área e o apoio de recursos poderemos descobrir os caminhos pelos quais nossos alunos realmente possam aprender e se desenvolver, como pessoa e cidadão, através do conhecimento químico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico. Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995.
- BRASIL. Ministério de Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Semtec. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC/Semtec, 1999a.
- CONTRERAS, J. **A autonomia de professores**. São Paulo: Cortez, 2002.
- COLL, César. **Psicologia e currículo : uma aproximação psicopedagógica a elaboração do currículo escolar**. 4. ed. São Paulo : Ática, 1999
- FARIAS, R. F. de. As mulheres e o Prêmio Nobel de química. **Química Nova na Escola**, 14, novembro, p. 28-30, 2001.
- _____. Werner, Jorgensen e o papel da intuição na evolução do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, 13, maio, p. 29-33, 2001.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and micro chemistry. **School Science Review**, 64 (227), pp. 377-379, 1982.
- JOHNSTONE, A. H. Chemistry teaching. Science or alchemy? **Journal of Chemical Education**. 74 (3), pp.262-268, 1997.
- JOHNSTONE, A. H. The nature of chemistry. **Education in chemistry**, pp. 45-47, 1999.
- FURIÓ, C. et al., Difficulties in teaching the concepts of ‘amount of substance’ and ‘mole’. **International Journal of Science Education**, 22 (12), p. 1285-1304, 2000.
- LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Conhecimento escolar: Ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.
- MACHADO, Nilson José. **Educação: projetos e valores**. São Paulo: Escritura Ed., 2000.
- MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa; a teoria de David Ausubel**. Ed. Centauro: São Paulo, 2002.
- OÑORBE DE TORRE, A. & SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J. M. Dificultades en la Enseñanza-aprendizaje de los problemas de Física y Química. I. Opiniones del alumno. **Enseñanza de las Ciencias**, 14 (2), 165-170, 1996.
- PIAGET, Jean. **O diálogo com a criança e o desenvolvimento do raciocínio**. São Paulo: Scipione, 1997.
- PIMENTA, S.G; GHEDIN, E. **O professor reflexivo no Brasil: Gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez, 2002.
- ROBERTS, Royston M. **Descobertas acidentais em ciências**. Campinas, SP: Papyrus, 1993.
- STRATHERN, Paul. **O Sonho de Mendeleiev – A verdadeira história da Química**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2002.