

# O monitoramento de processos de ensino e aprendizagem no tema propriedades dos materiais

Nilma Soares da Silva<sup>(1)</sup> (PQ) \*(nilmasoraes@yahoo.com.br), Maria Emilia Caixeta de Castro Lima<sup>(2)</sup> (PQ)

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, MG.

(2) Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, MG.

*Palavras-Chave:* Proficiência, ensino orientado.

Resumo: Neste trabalho discutimos parte dos resultados de uma pesquisa de cinco anos, realizada com estudantes de ensino médio de um sistema privado de ensino, no que se refere ao monitoramento de processos de ensino e aprendizagem em Química. A construção de uma escala de proficiência baseada na Teoria de Resposta ao Item (TRI) possibilitou a discussão dos dados referentes à proficiência dos estudantes do ensino médio em alguns tópicos de propriedades específicas dos materiais. O objetivo foi fornecer elementos para um ensino mais orientado pelas singularidades e demandas de cada estudante. Teoricamente, as disciplinas curriculares deveriam estar organizadas em um continuum de dificuldade crescente em termos de habilidades cognitivas requeridas. Contudo, uma crença recorrente entre docentes é a de que tal complexidade deve-se somente aos tópicos de conteúdos. Nossa hipótese inicial foi a de que tal crença não se sustenta e compromete pensar outros modos de organização curricular.

## Introdução

No presente trabalho discutimos parte dos resultados de uma pesquisa longitudinal, de cinco anos, com estudantes de ensino médio de uma rede privada de ensino brasileira, no que se refere ao monitoramento de processos de ensino e aprendizagem em Química. A pesquisa como um todo conjuga avaliação discente, intervenções curriculares e formação docente. Por limitação de espaço discutiremos aqui apenas os dados referentes à proficiência em Química dos estudantes do último segmento de escolarização da educação básica em tópicos relativos às propriedades específicas dos materiais. Essa pesquisa teve como objetivo auxiliar a escola na organização do seu trabalho de modo a fornecer um ensino mais orientado para as singularidades e demandas de aprendizagem de cada estudante. Considerando-se sistemas de ensino que possuem muitos estudantes e grande heterogeneidade nas habilidades mentais destes o desafio que enfrentamos reside em conhecer os estudantes individualmente e saber atender a cada um, conforme suas necessidades cognitivas.

Uma crença bastante difundida entre docentes é que a complexidade em termos de aprendizagem está relacionada exclusivamente aos conteúdos químicos. Acredita-se, por exemplo, que propriedades dos materiais é algo simples e que, portanto, é aprendido nos primeiros ensinamentos de química. Assim, os currículos brasileiros são organizados do seguinte modo: materiais e sua constituição no primeiro ano; reações químicas (cinética, estequiometria, termoquímica) no segundo ano e, no terceiro ano, com algumas variações conteúdos de química orgânica e outros tidos como mais difíceis: eletroquímica e equilíbrio químico. Uma das perguntas que nos fizemos é a de que se essa crença tem sustentação empírica e como é que a avaliação pode contribuir no monitoramento de aprendizagem e de reforço escolar em termos de habilidades de pensamento. Em outras palavras: como analisar o desempenho de estudantes em itens relativos às propriedades dos materiais? As propriedades dos

materiais é um tópico de conteúdo que estudantes tanto de baixo quanto de alto desempenho cognitivo dominam?

Algumas questões nos intrigaram ao participar da equipe de consultores que, durante cinco anos, acompanhou e monitorou os professores dessa Rede de Ensino em atividades de organização curricular e avaliação sistêmica. Tais questões permearam os trabalhos desenvolvidos por professores de Química e consultores e podem ser assim descritas: Como desenvolver uma educação em química que leve em conta a sofisticação crescente nos modos de compreender e explicar, sem desconsiderar o desempenho cognitivo de cada estudante? Que habilidades cognitivas em química os estudantes das escolas da rede atendida apresentam individualmente? Como auxiliar os docentes na promoção de uma atenção escolar diferenciada em termos de habilidades de pensamento químico?

Para o desenvolvimento do trabalho nas escolas utilizamos conceitos importantes como Escala de Proficiência e Teoria de Resposta ao Ítem (TRI) que nos guiaram na elaboração e análise dos dados presentes neste trabalho.

### **O que é uma escala de proficiência?**

Uma escala de proficiência é um modo de definir níveis de complexidade cognitivas. São representações matemáticas utilizadas por sistemas de ensino onde são apresentados os resultados obtidos por alunos em testes por disciplina. Por meio de uma escala de proficiência procura-se captar um sentido para um *continuum* de dificuldades e de capacidades dos estudantes ao responderem itens ou questões de múltipla escolha particulares.

Assim constituída, a escala de proficiência permite avaliar o desempenho dos alunos por níveis de aprendizagem. Os níveis da escala são estabelecidos a partir de uma análise feita para o tipo de habilidade cognitiva requerida item a item. Teoricamente, as disciplinas curriculares são organizadas em um *continuum* de dificuldade e de complexidade crescentes, do ponto de vista conceitual e de habilidade cognitiva requeridos para a aprendizagem. Contudo, dentro de mesmo nível ou etapa do ensino podemos encontrar conteúdos disciplinares que demandam do estudante habilidades com exigência cognitiva variada. Esse contexto nos permite inferir sobre o valor da ferramenta que estamos utilizando para dar suporte ao ensino diferenciado para um grande número de estudantes, com todas as singularidades que os sujeitos comportam.

A teoria que sustenta esse tipo de análise é chamada de TRI ou Teoria de Resposta ao Item. O objetivo dessa teoria é investigar a probabilidade de um aluno responder corretamente a qualquer item em função da sua habilidade (Flores-Mendonza e col, 2005). É uma reunião de modelos estatísticos por meio dos quais é possível fazer predições sobre habilidades dos estudantes medidas em testes. Os dados obtidos nos testes são tratados estatisticamente para compor uma escala de níveis de proficiência.

Os níveis da escala são estabelecidos a partir de uma análise feita para o tipo de habilidade requerida item a item. Como a TRI associa a proficiência dos alunos à dificuldade/facilidade frente aos itens respondidos, a análise feita vale-se, das peculiaridades de cada item ou daquilo que os torna mais ou menos complexos.

Quanto menos estudantes acertam um determinado item, mais difícil ou de maior nível de proficiência o item é caracterizado. Logo, esse item é alocado em um nível mais alto da escala. De modo semelhante, quanto mais alunos acertam um determinado item, mais fácil é ele e, portanto, toma um lugar mais baixo na escala. Em síntese, a escala representa níveis de êxito dos estudantes em cada item testado.

Construída a escala os estudantes são comparados frente à escala. Daí por diante, quanto menos estudantes acertam um determinado item, mais altos em termos de desempenho cognitivo vão estar os estudantes que tiveram êxito na resolução do mesmo (Andrade, 2001).

Por conseguinte, esse modelo permite relacionar a resposta correta de um determinado item à habilidade de um estudante em função do lugar que o item ocupa numa escala contínua de dificuldade. Isso nos fornece a proficiência do aluno em face de um determinado assunto na medida em que relacionamos o desempenho dos alunos no teste a dados que não podem ser observáveis, como é o caso da habilidade cognitiva.

### **Categorias utilizadas na análise dos dados**

A escala de proficiência construída nesse estudo apresenta valores que variam de 0 a 500, de modo bem distribuído em termos de resultados do desempenho dos estudantes nos níveis fundamental e médio. Neste trabalho expressamos e analisamos a escala de proficiência como referencial teórico-metodológico restrito ao ensino médio. A matriz de referência e os eixos de ensino são apenas organizadores da análise. Os mesmos descritores e eixos se repetem em todos os segmentos ou níveis da escala. O que muda é o grau de dificuldade que o aluno encontra no item, em alguns casos como decorrência do modo como está enunciado, mas em grande parte deve-se a sofisticação dos distratores apresentados nas alternativas. Em resumo, não se trata de conteúdos mais ou menos difíceis, mas de enunciações mais ou menos complexas.

Foram estabelecidos dois pontos de referência, também, chamados pontos de corte. Esses pontos dividem a escala em três regiões, correspondentes às situações caracterizadas como baixo desempenho, desempenho intermediário e desempenho recomendável.

Valemos-nos do referencial teórico apresentado por Zoller (2002) para nos auxiliar na categorização dos níveis e nas análises e proposições de ensino a serem observadas em sala de aula. Segundo o autor as habilidades cognitivas podem ser definidas em duas categorias: as de Baixa Ordem (LOCS) e as de Alta Ordem (HOCS)<sup>1</sup>.

Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem são caracterizadas por Zoller (2002) como correspondentes a exigências de se conhecer, lembrar ou simplesmente aplicar algoritmos memorizados e já vivenciados em explicações em classe ou em exercícios já propostos, em outras palavras por situações familiares. É preciso lembrar que habilidade para resolver exercícios não implica, necessariamente, habilidade para resolver problemas. Portanto, itens que envolvem situações problemas para além da de uma simples solicitação de aplicação de situações já conhecidas vão ser localizados em posições mais altas da escala, no segundo ou no terceiro nível.

---

<sup>1</sup> LOCS : Lower Order Cognitive Skills e HOCS : Higher Order Cognitive Skills

Não nos é estranha a idéia de que muitas vezes os alunos resolvem exercícios de Química apenas baseando-se em esquemas de memorização e em situações similares àquelas utilizadas em sala de aula. A lei de Hess, por exemplo, pode ser aplicada com relativo sucesso utilizando-se estratégias algorítmicas sem que, necessariamente, o estudante compreenda o sentido da mesma ou como os resultados obtidos podem nos auxiliar na compreensão de processos termoquímicos globais.

As Habilidades de Alta Ordem são caracterizadas por exigências de se pensar situações de investigação, de resolução de problemas, de tomada de decisões e de desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo. Essas questões envolvem problemas que não são familiares aos estudantes. Eles precisam para ter sucesso na solução delas mobilizar conhecimentos adicionais, saber aplicar idéias e conceitos, saber analisar e sintetizar, estabelecer relações entre conceitos e utilizar de pensamentos avaliativos.

Contudo, de todo não se pôde utilizar o referencial teórico tal como apresentado por Zoller (2002), considerando-se que nossos dados indicam que a variação contínua na escala deve-se tanto ao tipo de exigência cognitiva do item (identificação, associação simples, aplicação de uma determinada fórmula, etc), quanto à capacidade de selecionar os conceitos ou ferramentas adequadas para se enfrentar um problema apresentado em um contexto que não é familiar ao estudante e, em grande parte, pela complexidade e sofisticação das alternativas e distratores apresentados no item.

## Metodologia

A escala que apresentaremos foi construída para os alunos do Ensino Médio, no período 2005/2010, a partir dos resultados de estudantes de uma grande escola do sistema privado de ensino em Belo Horizonte, formado por três escolas. Durante seis anos foram testados, aproximadamente 3.600 alunos de ensino médio, concluintes da educação básica. Os testes foram elaborados a partir de itens retirados de um banco de questões de múltipla escolha.

Desde 2005 os estudantes vêm sendo testados por meio de itens retirados de um banco construído a partir da matriz de referência. A matriz de referência para a disciplina Química utilizada pela rede de escolas está organizada por descritores que indicam conteúdos e competências que se deseja alcançar como metas de aprendizagem. Ela foi construída junto com os professores desse Sistema de Ensino e representa um esforço de explicitar as grandes idéias que estruturam o pensamento químico (Lima e Barboza, 2005) e que, portanto, deveriam auxiliar na organização do currículo, na qualificação para a docência e, por fim, na concepção de diferentes instrumentos de avaliação, guardadas as especificidades de cada um: diagnóstico, avaliações parciais de aquisição de conteúdos conceituais, de habilidades mais gerais, etc. A matriz foi revisada todos os anos a partir dos resultados parciais fornecidos pela pesquisa. Em 2006 ela foi apresentada em termos de descritores relativos a três eixos, a saber: 1) Propriedades dos Materiais; 2) Constituição dos Materiais, e; 3) Transformações dos materiais.

Concomitantemente à elaboração da matriz de referência, foram realizadas oficinas para elaboração de itens visando à construção de um banco de itens. Um terço dos itens do banco é de autoria dos docentes da escola e o restante foi elaborado por terceiros. São, aproximadamente, três mil itens ou questões de múltipla escolha, com quatro alternativas, todos eles pré-testados e não públicos.

Aproximadamente 600 estudantes realizam esse teste anualmente desde 2005. A cada edição da avaliação, os itens que compõem o teste são selecionados aleatoriamente no banco e compõem três cadernos de provas com, aproximadamente, 35 itens cada. O tratamento estatístico dos resultados é feito por um especialista e, posteriormente, os dados são analisados por consultores especializados no conteúdo químico.

A escala de proficiência construída contém valores de 0 a 500. Na ordenação dos itens, adotamos três níveis de proficiência, a saber:

**Tabela 1: Níveis de proficiência**

	<b>Nível 1</b>	<b>Nível 2</b>	<b>Nível 3</b>
Proficiência	Entre 170 a 250	Entre 251 a 299	Entre 300 a 337
Exigência cognitiva	De baixa ordem	De ordem intermediária	De alta ordem

De posse do resultado individual do aluno no teste, cada aluno é nominalmente inserido nessa escala. Assim, pode-se inferir sobre o desenvolvimento e aprendizagem do estudante, em conformidade com sua localização na escala de proficiência que muitas vezes é denominada também de escala de desempenho.

Após a análise da escala, os professores definem intervenções específicas para cada grupo de acordo com a posição nos níveis identificados de modo a auxiliá-los no desenvolvimento das habilidades requeridas e indicadas na pesquisa.

A intenção é que os estudantes identificados no nível 1 alcancem os níveis 2 e 3. Para isso os professores organizam atividades de intervenção orientadas para as dificuldades detectadas na análise da escala de proficiência. Muitas vezes, na mesma turma, é necessário que o professor prepare atividades com níveis de complexidade variados de modo a atingir dificuldades cognitivas também variadas dos estudantes. Os estudantes são organizados em grupos de trabalho de modo que possam ir avançando na solução de exercícios, atividades experimentais, atividades investigativas, atividades de leitura e interpretação, etc.

## **Resultados**

Nesta seção descrevemos cada nível de proficiência constituindo pelas habilidades cognitivas correspondentes.

O nível 1 de proficiência corresponde aos itens de exigência cognitiva mais simples, tais como: identificação de processos de separação de misturas; análise de comportamento de substâncias nas mudanças de fase e dos efeitos da pressão atmosférica na variação da temperatura de ebulição; associação da pureza de uma substância com a constância da temperatura durante a mudança de fase. Nesses itens os estudantes precisam saber analisar e comparar qualitativamente a solubilidade de substâncias por meio de curvas de solubilidade; identificar materiais condutores e isolantes e fazer associações corretas entre propriedades e usos de materiais na confecção de panelas, blusas de lã, entre outros. Por último, nesse nível da escala se encontram os itens que demandam a posse de um modelo teórico capaz de explicar o

comportamento elétrico dos metais. Somente itens mais simples relativos à densidade aparecem no nível 1, como são, por exemplo, os casos de se diferenciar e relacionar massa, peso, volume e densidade.

No nível 2 de proficiência indica os estudantes com desempenho cognitivo intermediário. Os mesmos conteúdos relativos ao eixo de materiais e propriedades apresentados no nível 1 comparecem no nível 2: densidade, flutuação, mudanças de fase, temperaturas de fusão e ebulição, curvas de solubilidade, etc. Os itens referentes ao nível 2, apresentam situações em que, para resolvê-las, os estudantes precisam extrair dados de massa e volume de um gráfico para, em seguida, operar com eles; comparar volumes de blocos genéricos ou volumes de líquidos representados em provetas. É exigida a habilidade de leitura de instrumentos de medida, como proveta, além de analisar interações entre líquidos como, benzeno e água; tetracloreto, benzeno e água. São itens que exigem disciplina intelectual e organização lógico-matemática na resolução. Os estudantes operam com um maior número de conceitos e relações, para se fazer previsões acerca da posição numa proveta de líquidos miscíveis e imiscíveis de densidades diferentes. A identificação de propriedades de materiais metálicos e de materiais isolantes exige habilidades mais complexas: associar propriedades dos materiais às estruturas cristalinas formadas e as estrutura ao tipo e intensidade das interações intermoleculares. A novidade no nível 2 de proficiência não reside em domínios conceituais novos, mas na sofisticação das formas de pensar e usar tais conceitos.

No nível 3 estão os itens que exigem dos estudantes habilidades mais complexas em química. Observa-se que nele reaparecem os mesmos conteúdos conceituais relativos às propriedades dos materiais, mas os estudantes aqui inseridos sabem fazer inferências a partir de esquemas, fluxogramas; ilustrações e descrições de situações experimentais, como, p.ex., analisar esquema de estação de tratamento de água para avaliar processos físicos de separação de componentes de misturas; de adição de agentes floculantes, de cloro e fluor, etc e, relacionar as substâncias utilizadas no tratamento com os processos físicos envolvidos e com as propriedades de densidade, solubilidade e flutuação. Um dos itens de maior exigência em termos de operações mentais mostrou ser aquele que relaciona densidade com as interações estabelecidas em diferentes fases. A análise de curvas de solubilidade fica mais difícil quando cada alternativa exige uma nova análise do conjunto dos dados. Apenas os estudantes que se enquadram no nível 3 de proficiência compreendem, de fato, que um átomo de ferro não pesa 56 g, que átomo de ouro não é amarelo e que um elemento químico não pode apresentar as propriedades de uma substância ou que a densidade de um material é uma propriedade de conjunto. O domínio de um modelo explicativo para transmissão elétrica em fios metálicos é uma das mais altas e sofisticadas exigências do nível 3. Ultrapassa a mera identificação de condutores e isolantes e a nomenclatura do tipo de ligação. A dificuldade parece residir na compreensão mais global do que são elétrons livres e como esses se movimentam em um fio ligado a uma fonte. Enfim, no nível três estão os estudantes capazes de triangular conhecimentos sobre propriedades específicas, constituição e transformação dos materiais.

## Conclusões

A análise pormenorizada da escala de proficiência consistiu em poderoso referencial teórico-metodológico para o ensino. Depreende-se da investigação que ensinar é uma tarefa altamente qualificada se for orientada pela pesquisa em

educação. A matriz de referência e os eixos de ensino se mostraram como organizadores importantes do trabalho pedagógico, mas são apenas uma parte do processo. Como já sinalado os mesmos descritores e eixos se repetem em todos os segmentos ou níveis da escala de proficiência. O que muda de um nível para outro é o grau de dificuldade que o aluno encontra no item, em alguns casos como decorrência do modo como está enunciado, mas em grande parte deve-se a sofisticação dos distratores apresentados nas alternativas.

A escala de proficiência definiu pontos de referência ou modos de olhar os estudantes nas suas singularidades e pôde auxiliar nas análises e proposições de ensino. Infelizmente, não temos conhecimentos de outros estudos semelhantes a este para compararmos os resultados.

Em termos de organização de currículo, recomendamos aos professores a retomada do eixo de propriedades dos materiais ao longo de todo o processo de escolarização de modo recursivo e em termos de situações-problema cada vez mais desafiadoras e não familiares.

O resultado dessa pesquisa que se mostrou mais significativo para os docentes consiste no poder de convencimento de que o ensino de Química é uma tarefa altamente qualificada que exige estudo, planejamento, avaliação sistemática e intenção deliberada para se atingir fins previamente estabelecidos e perseguidos. Um dos maiores desafios no processo de formação desses docentes tem sido o desenvolvimento de estratégias para o trabalho considerando habilidades cognitivas diferenciadas, o que passou a exigir um grande esforço em pensar atividades e atitudes diferenciadas para alunos em uma mesma turma.

Outras investigações estão em curso, onde se analisa o perfil de estudantes em relação a itens relativos a constituição dos materiais e suas transformações. Já pudemos observar mais uma vez que habilidade para resolver exercícios não implica, necessariamente, habilidade para resolver problemas. Isso difere, essencialmente, estudantes que se encontram no nível mais baixo da escala de proficiência dos que estão no segundo ou terceiro nível.

Concluindo, os níveis cognitivos das respostas elaboradas pelos estudantes são relacionados com os níveis cognitivos dos itens propostos no banco e a capacidade de avanço nessa escala está, também, relacionada com as exigências feitas pelos professores no decorrer de suas aulas. Exigências aqui entendidas como manutenção de um diálogo problematizador e instigador para se enfrentar situações cada vez mais desafiadoras.

## Referências

ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. **Teoria da Resposta ao Item: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 2000.

ANDRADE, D. F. Comparando desempenhos de grupos de alunos por intermédio da Teoria da Resposta ao Item. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, n. 23, p. 31-69, 2001

FLORES-MENDOZA, C. ABAD, J. F e LELÉ, A. J. **Análise de itens do desenho da figura humana: aplicação de TRI**.

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-37722005000200015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-37722005000200015).

FLETCHER, P. R. A Teoria da Resposta ao Item: medidas invariantes do desempenho escolar. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**: Revista da Fundação Cesgranrio, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 21 – 28, jan./mar. 1994.

LIMA, M. E. C. C, BARBOZA, L.C. Idéias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*, n. 21, 2005: 39-43.

SANTOS, D. F. Ribeiro, G. L.; GUEDES, G. L. R. e MARTINS, W. **Ferramenta avaliativa dinâmica a partir da teoria de resposta ao item**.  
[http://wsmartins.net/ermacs/trabalho\\_22.pdf](http://wsmartins.net/ermacs/trabalho_22.pdf).

ZOLLER, U., Dori, Y. and Lubezky, A. "Algorithmic and LOCS and HOCS (Chemistry) Exam Questions: *Performance and Attitudes of College Students*". *International Journal of Science Education*. 24 (2), 2002, p.185-203.