

# ANÁLISE DE UMA PROPOSTA DE ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS ENTRE COMPOSTOS INORGÂNICOS REFERENCIADA EM MECANISMOS DE REAÇÃO

## CHEMICAL REACTIONS AMONG INORGANIC COMPOUNDS – ANALYSIS OF A TEACHING APPROACH BASED UPON REACTIONS MECHANISMS

Claudia Schneiders Nardin<sup>1</sup>

Tania Denise Miskinis Salgado<sup>2</sup>, José Cláudio Del Pino<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, claudianardin@hotmail.com

<sup>2</sup> UFRGS/ Instituto de Química, tania.salgado@ufrgs.br

<sup>3</sup> UFRGS/ Instituto de Química, aeq@iq.ufrgs.br

### Resumo

Esta investigação analisa os resultados da aplicação de uma proposta metodológica de ensino sobre reações químicas entre compostos inorgânicos referenciada em mecanismos de reação, numa escola técnica de nível médio de ensino. As atividades foram desenvolvidas em duas turmas do segundo ano do Curso Técnico em Química, e a avaliação de sua execução foi efetivada pela aplicação de questionários, entrevistas e prova escrita. Os resultados mostram que houve diferença de aprendizagem e satisfação com a estratégia de ensino utilizada. A média de acertos obtidos na avaliação escrita na turma A foi de 71,6% e na turma B 54,5%, sendo que as principais dificuldades apresentadas pelos estudantes se relacionam às ligações químicas. A análise das avaliações mostra que a abordagem proposta para reações químicas utilizando mecanismos de reação teve efeitos positivos sobre a maioria dos alunos em termos de mudança de atitudes e de motivação, com maior envolvimento em sua aprendizagem, e de aprendizagem dos conteúdos pela utilização de modelos atômico-moleculares.

**Palavras-chave:** mecanismos de reação; ensino-aprendizagem; aprendizagem significativa; ensino de química; metodologia de ensino.

### Abstract

This research analyses the results obtained in a technical high school on the application of a teaching methodology for chemical reactions among inorganic compounds based on reaction mechanisms. The activities were developed in groups of Technical Chemistry second-year students. The evaluation of the activities was carried out through questionnaires, interviews, and written tests. The results show that the employed teaching strategy demonstrated a difference in the students' learning satisfaction. While Group A obtained an average of 71.6% of right answers, Group B obtained 54.5%. The main difficulty presented by the students was related to chemical bonds. The analysis of the evaluations shows that the proposed approach for chemical reactions based on the reaction mechanism had positive results for most of the students, who presented a change of attitude and motivation towards their learning process. The students also presented more involvement in their learning process through the employment of atomic-molecular models.

**Keywords:** reaction mechanisms; teaching-learning process; significant learning; chemistry teaching; teaching methodology.

## Introdução

Em um contexto que possa contribuir para modificar o ensino de química geral na escola básica, optou-se por trabalhar de forma mais detida os conhecimentos relacionados às reações entre compostos inorgânicos. Escolheu-se este tema por tratar-se de uma base teórica importante dentro dessa ciência e também por ser tal conteúdo desenvolvido por um dos autores em sua prática docente. Uma das justificativas para o desenvolvimento do presente trabalho é a dificuldade que os alunos da segunda série do Curso Técnico em Química da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha vêm apresentando, ao longo dos anos, em equacionar reações entre compostos inorgânicos.

Em qualquer proposta curricular dirigida ao ensino médio ou técnico verifica-se a inclusão de conteúdos obrigatórios, como ligações químicas e reações químicas, entre outros (CNE, 1998; CNE, 1999). Se de um lado o ensino usual desses temas se justifica pela importância dos mesmos para a previsão de ocorrência de substâncias e de suas transformações, por outro lado as abordagens normalmente adotadas têm promovido vários problemas de aprendizagem por não tratarem adequadamente as inúmeras noções abstratas que compõem tais conteúdos. Passou-se então a fazer uma reflexão sobre a forma como esse conhecimento é construído, uma vez que o ensino de reações químicas é normalmente construído de forma a que o aluno adquira uma aprendizagem mecânica, memorística (Justi e Ruas, 1997; Rosa e Schnetzler, 1998).

A literatura tem mostrado que no ensino de química se tem privilegiado o uso de equações para a representação de reações químicas, equações que podem levar à classificação das reações por um sistema já bastante desatualizado. Isso leva o aluno a manter a concepção de reação num nível fenomenológico ou com dificuldade de relacionar o nível fenomenológico com o nível atômico-molecular. Uma das formas de lidar com essas dificuldades é promover uma evolução da compreensão dos alunos ao nível atômico-molecular, que é um dos objetivos desse trabalho (Lopes, 1995; Justi, 1998; Mortimer e Miranda, 1995; Campos e Silva, 1999).

Os procedimentos didáticos que adotamos basearam-se em abordagem indutiva seguida de dedutiva, isto é, dados os princípios que regem as reações entre os compostos inorgânicos e usando os mecanismos de reações, foram construídos seus equacionamentos. Os mecanismos de reações entre compostos inorgânicos foram exemplificados através da utilização de modelos de ligações químicas, das fórmulas estruturais planas e de Lewis dos compostos (ácidos, bases, sais e óxidos), dos conhecimentos sobre ruptura das ligações sigma e pi, efeito mesomérico, efeito indutivo, heterólise e adições nucleófila e eletrófila. Este aporte teórico permitiu demonstrar a formação do produto da reação, isto é, a formação de novas ligações entre os átomos, formando os novos compostos, com suas respectivas fórmulas estruturais. O aluno equaciona a reação química sem decorar ou usar jogos de memorização. Por conseguinte, a compreensão de um princípio provirá do procedimento de se extrair regularidades nas reações semelhantes (Nardin, Loguercio, Del Pino, 2004).

Deve-se considerar que a química utiliza uma linguagem própria para as transformações químicas, através de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Assim, é necessário que os alunos desenvolvam competências adequadas para reconhecer e saber utilizar tal linguagem, sendo capazes de entender e empregar, a partir das informações, a representação simbólica das reações químicas. Essa eficácia no uso da linguagem química geralmente é relegada a um plano secundário no ensino tradicional. São utilizados algoritmos e regras de memorização que não desenvolvem essas habilidades (Mortimer, 1996).

A proposta didática em análise neste texto adotou critérios de aprendizagem dos estudantes, cuja fundamentação se baseia em fatores facilitadores para a ocorrência de

aprendizagem significativa em química. Esta ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, ao contrário da aprendizagem mecânica que, de acordo com Ausubel, caracteriza-se por memorização com subsequente esquecimento do conhecimento supostamente aprendido (Moreira e Masini, 1982).

De acordo com a teoria de Ausubel, alguns critérios como a *presença de exemplos e não-exemplos*, as *definições operacionais e formais de conceitos*, os *níveis macroscópicos, representacionais e microscópicos dos conteúdos de química*, a *articulação e a dependência entre fatos e generalizações*, o *domínio dos pré-requisitos* e suas relações com as *concepções prévias dos alunos* são formas de melhorar a aprendizagem significativa dos conceitos pretendidos de reações entre compostos inorgânicos (Schnetzler, 1981, Schnetzler e Santos, 1996).

Assim definiu-se o seguinte problema de pesquisa: *Uma abordagem metodológica do uso de mecanismos de reações de compostos inorgânicos, fundamentada conceitualmente em modelos de ligações químicas e de representações estruturais no equacionamento de reações entre estes compostos, é facilitadora da aprendizagem desses conteúdos, tornando-a significativa para os alunos?*

### **Metodologia**

Esta pesquisa foi desenvolvida considerando as dimensões experimental e analítica. Aplicou-se um fator e verificou-se o efeito causado. Utilizaram-se dados qualitativos pelo fato de ter sido dado um enfoque interpretativo aos dados obtidos, através de opiniões e entrevistas, e um enfoque quantitativo a determinados dados obtidos através de questionários.

A população foi constituída por duas turmas (A e B) de alunos de segunda série diurna do Curso Técnico em Química da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha de Novo Hamburgo/RS. A faixa etária dos alunos de ambas as turmas se situa entre quinze e dezoito anos.

A metodologia adotada para o desenvolvimento dos conceitos em sala de aula encontra-se descrita, com mais detalhes, em publicações anteriores (Nardin, 2002; Nardin, Loguercio, Del Pino, 2004)

Foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta de informação para estudar os efeitos da metodologia adotada:

1 - Aplicação de um questionário de avaliação com trinta questões, abordando diversos itens relacionados ao ensino e à aprendizagem dos conteúdos trabalhados nesta proposta. Os alunos se posicionaram anonimamente frente às afirmações apresentadas, utilizando a seguinte escala de respostas: CF - concordo fortemente; C - concordo; I - indeciso; D - discordo; DF - discordo fortemente.

2 - Avaliações escritas e anônimas, com questões discursivas, realizadas pelos alunos, considerando fatores que pudessem refletir na aprendizagem dos conteúdos sob a estratégia de ensino utilizada. Essa avaliação se baseou em cinco critérios e teve o objetivo de fornecer um conjunto de informações relacionado aos fatores que pudessem vir a interferir positiva ou negativamente na aprendizagem: a - participação dos alunos na sua aprendizagem; b - adaptação dos alunos à nova estratégia; c - motivação dos alunos; d - atuação da professora; e - mudança na estratégia de ensino.

3 - Entrevistas e opiniões gravadas, para que os alunos relatassem seus posicionamentos em relação à metodologia aplicada.

4 - Prova escrita como instrumento de coleta de informações para a avaliação da aprendizagem dos estudantes.

Para a análise selecionaram-se palavras-chave, agrupando-se as trinta questões de acordo com as semelhanças. Também foram agrupadas as escalas das cinco opções em

três categorias: concordo fortemente e concordo para concordo (C), indeciso (I), e discordo fortemente e discordo para discordo (D). Além disso, para a discussão se agregaram a estes os resultados obtidos nos outros instrumentos de coleta de informações.

### Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para duas das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave “*ajuda a entender e equacionar*”.

**Tabela 1: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave ajuda a entender e equacionar.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		Total		C		I		D		Total		C		I		D	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Ajuda	Entender	22	19	86,4	2	9,1	1	4,5	21	14	66,7	3	14,3	4	19		
	Equacionar	22	13	59,1	7	31,8	2	9,1	20	10	50	3	15	8	40		

Os dados da Tabela 1 mostram que as duas turmas entenderam reações químicas pela metodologia de mecanismos, porém existe na turma B um percentual considerável (40%) de não concordância quanto a essa metodologia auxiliar no equacionamento. As causas dessa dificuldade podem estar relacionadas às fórmulas estruturais dos compostos, ao reconhecimento do tipo de ligação química e da função química dos compostos e suas formulações, que são os pré-requisitos para se utilizar esse método de equacionamento, associados àqueles de ordem motivacional.

Por outro lado, também se deve considerar que as concepções prévias sobre o equacionamento de reações pelo método tradicional muitas vezes fazem sentido para os alunos, e por isso são resistentes a mudanças, dificultando a aprendizagem de novos conhecimentos (Mortimer e Miranda, 1995; Barker, 2000).

A Tabela 2 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para cinco das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave “*propicia entendimento quanto aos aspectos macroscópico, equacionamento, uso de simbologia e regras*”.

**Tabela 2: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave propicia entendimento quanto aos aspectos macroscópico, equacionamento, uso de simbologia e regras.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		Total		C		D		Total		C		D					
		N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%				
Entendimento	Aspecto Macroscópico	22	9	40,9	10	45,5	3	13,6	21	10	47,6	2	9,5	9	42,9		
	Equacionamento	22	19	86,4	3	13,6	0	0	21	16	76,2	2	9,5	3	14,3		
Limitação	Uso de regras	22	16	72,7	4	18,2	2	9,1	21	17	80,9	1	4,8	3	14,3		
	Uso de símbolos	22	15	68,2	2	9,1	5	22,7	20	13	65	2	10	5	25		
	Não tem enfoque microscópico	22	19	86,4	3	13,6	0	0	21	19	90,5	1	4,8	1	4,8		

Segundo a Tabela 2, cerca de 41% dos alunos da turma A e 48% da turma B afirmam que já entendiam reações químicas sob o aspecto macroscópico-laboratorial, antes do uso de mecanismos. Porém 45,5% dos alunos da turma A se mostram indecisos em relação a este aspecto, e 42,9% dos alunos da turma B consideram não ter entendimento somente por este aspecto macroscópico. Embora os alunos das duas turmas tenham afirmado que sabem equacionar pelo método tradicional, eles colocam em dúvida o real entendimento do fenômeno ocorrido entre os compostos nas reações químicas. Supõe-se que eles entenderam pelas atividades de laboratório, nas quais o fenômeno é visualizado pelas mudanças perceptíveis entre o início e o fim da reação, naquelas reações onde esta constatação é possível. Também concordam que pelo método tradicional de equacionamento utilizam apenas regras práticas e simbologias, e que esse método não explica como se formam as novas substâncias “passo a passo”, sob o ponto de vista microscópico, e que por isso é um método limitado.

A Tabela 3 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para duas das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave “*é mais rápido e fácil pois não utiliza pré-requisitos*”.

**Tabela 3: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave é mais rápido e fácil pois não utiliza pré-requisitos.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		Total		C		D		Total		C		D					
		N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%	N <sup>o</sup>	%				
Método	Mais rápido	22	12	54,5	2	9,1	8	36,4	21	18	85,7	3	14,3	0	0		
	Não usa pré-requisito	22	7	31,8	6	27,7	9	40,9	21	16	76,2	3	14,3	2	9,5		

Conforme a Tabela 3, as turmas A e B têm preferência por equacionar reações químicas pelo método tradicional porque é mais rápido. A turma B também tem esta preferência por não necessitar da utilização de pré-requisitos conceituais, como ligações químicas. Mesmo que apontem as limitações deste procedimento (Tabela 2), não se motivam para a aprendizagem de um outro método. Nas manifestações dos estudantes se evidenciam seus diferentes níveis de satisfação: “*antes era decoraba; agora é ensino com lógica; agora se entende melhor a matéria; relembrou a matéria passada e interliga os conteúdos de Química; prefiro fazer mecanicamente; não gostei, complicou tudo o que já havia aprendido; difícil, pois engloba mais conhecimentos acumulados*”.

Verifica-se que alguns alunos foram resistentes à mudança na estratégia de ensino, por não se sentirem insatisfeitos com o método anterior de equacionar reações químicas, ou por não ser inteligível ou plausível para eles a nova proposta. De qualquer forma, não se conseguiu desestabilizar suas concepções sobre a área conceitual que se abordou em sala de aula. Esta adaptação à estratégia de ensino atingiu um percentual de 83,3% na

turma A e 81,8% na turma B. Além disso, os alunos da turma A (90%) e os da turma B (76%) consideraram importante a contribuição da metodologia utilizada para entender a transformação química além do nível representacional, explicando o fenômeno em nível microscópico. A seguir duas manifestações dos estudantes: “*eu acho que esse método de utilizar os mecanismos pra fazer as reações químicas foi muito válido por que retomou um conteúdo visto no primeiro ano, das ligações químicas, porque nós estudamos isso, sem saber na realidade qual era o fundamento e onde nós iríamos aplicar aquele conteúdo. E com as reações químicas, usando os mecanismos, ficou bem mais fácil de entender até as ligações. Foi uma retomada desse conteúdo e nós conseguimos entender como que ocorrem as reações, não só aquela expressão gráfica das reações, mas sim entender as ligações entre os átomos, como se forma a estrutura molecular de certas substâncias*”; e “*eu acho que esse método de mecanismos ajuda um pouco a entender as reações. Eu sou aluna repente e o ano passado a gente não conseguiu entender muito bem, a gente só fazia as reações por fazer, a gente não entendia por que elas aconteciam e por que usava todas as moléculas de uma vez só. Eu acho que esse método melhora muito, dá as etapas e ajuda a entender*”.

A Tabela 4 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para cinco das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave “*é mais significativa, interessante, difícil mas explica as reações químicas, difícil pois exige ligação química, abstrato*”.

**Tabela 4: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave é mais significativa, interessante, difícil mas explica as reações químicas, difícil pois exige ligação química, abstrato.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		Total		C			D			Total		C			D		
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
E mais	Significativo	22	13	59,1	5	22,7	4	18,2	21	6	28,6	4	19	11	52,4		
	Interessante	22	15	68,2	6	27,3	1	4,5	20	11	55	3	15	6	30		
	Difícil mas explica R.Q.	22	13	59,1	1	4,5	8	36,4	21	17	85	2	10	1	5		
	Difícil, pois exige L.Q.	22	14	63,6	4	18,2	4	18,2	21	19	90,5	1	4,8	1	4,8		
	Abstrato	22	6	27,3	4	18,2	13	59,1	20	9	45	4	20	7	35		

De acordo com a Tabela 4, a turma A considera a metodologia de mecanismos significativa e interessante para propiciar sua aprendizagem. A turma B não considera significativa, apesar de interessante. As duas turmas consideram que equacionar reações por mecanismo é difícil porque exige pré-requisitos como ligações químicas, mas que explica o fenômeno químico, conforme expressa um estudante: “*eu acho que eu aprendi muito, porém não aprendi ligações no primeiro ano, daí foi mais difícil pra mim montar todas as ligações, enquanto que pelo método anterior de montar as reações era bem mais prático. Esse método tem que analisar, ver qual o tipo de ligação, o que vai quebrar a ligação, onde vai entrar o elemento, então se torna mais difícil, pra mim, fazer assim...*”.

É de se supor que esse procedimento organiza os conceitos de tal forma que pode conduzir o aluno a desenvolver o raciocínio que lhe permita o entendimento de reações químicas, por isso se tornou interessante e significativo para a maioria deles:

“essa forma agora de ministrar mecanismos de reações, eu estou achando muito boa, eu acho até louvável que seja desenvolvido esse tipo de trabalho, é um trabalho mais sistêmico na disciplina de química, sobretudo nessa parte, agora de reações. Aquelas regras mecânicas de operar as reações, aquilo até pode ter um efeito prático, agora, acerca da real compreensão dos fenômenos, da real natureza das coisas, aquelas regras mecânicas não transmitem...”.

Principalmente os alunos da turma B (45%) consideram os conteúdos abstratos, contrapondo com 27,3% da turma A. A construção de conceitos explicativos dos fenômenos trabalhados anteriormente, em nível macroscópico-laboratorial, é uma atividade complexa. A partir das observações realizadas, como por exemplo, a ocorrência de reações químicas entre compostos ácidos e básicos, onde os alunos visualizam os efeitos concretos produzidos na transformação química, como mudança de coloração e formação de precipitado, propõe-se que os alunos utilizem mecanismos de reações como uma estratégia de construir as noções abstratas necessárias para a compreensão do fenômeno em estudo, pois através de modelos de ligações químicas os alunos interpretam o fenômeno em nível microscópico, atômico-molecular, fazendo imagens de algo invisível. Os modelos são importantes ferramentas de que dispomos para tentar compreender um mundo cujo acesso real é impossível neste nível de escolaridade (Chassot, 1993).

Deve-se considerar, segundo a Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de Piaget, que os conceitos abordados nessa área de conhecimento da química requerem dos alunos pensamento lógico-formal, raciocínio em nível elevado de abstração, e muitos alunos do nível médio ainda não atingiram esse estágio de desenvolvimento, o que dificulta a compreensão de conceitos fundamentais para o entendimento de reações químicas, como aqueles relacionados a ligações químicas (Piaget, 1990; Herron, 1975).

A Tabela 5 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para duas das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave “*exige pré-requisito de ligação química, que é conhecido*”.

**Tabela 5: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave exige pré-requisito de ligação química, que é conhecido.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		Total		C			D			Total		C			D		
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
Pré-requisito: Ligação Química	Sei	22	12	54,5	7	31,8	3	13,6	21	13	61,9	5	23,8	3	14,3		
	Falta-me, por isso não sei mecanismo	22	5	22,7	5	22,7	12	54,5	21	10	47,6	2	9,5	9	42,9		

Verifica-se, pelos dados da Tabela 5, que nas duas turmas a maioria dos alunos afirma que sabe escrever as equações químicas, mas que lhes faltam pré-requisitos de ligação química para entender os mecanismos de reação química. Mesmo que os alunos tenham afirmado que sabem escrever equações químicas, há um contingente razoável de alunos (40%) que não dominam pré-requisitos, tais como as fórmulas estruturais dos compostos.

A Tabela 6 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para três das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave “*propicia retomada e integração conceitual*”.

**Tabela 6: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave propicia retomada e integração conceitual.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		C			D			C			D						
		Nº	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
Houve Integração dos conteúdos	Metodologia de mecanismo	22	21	95,5	1	4,5	0	0	21	17	85	2	10	1	5		
	Mapa conceitual	22	15	68,2	6	27,3	1	4,5	21	15	75	2	10	3	15		
	Não importante	22	0	0	3	13,6	19	86,4	21	2	10	2	10	16	80		

A partir das informações contidas na Tabela 6, verifica-se que a maioria dos alunos das duas turmas considera:

- que essa abordagem serviu para unir os conteúdos estudados na primeira série com os conteúdos estudados na segunda série, tornando a química mais integrada.
- que a construção de mapas conceituais proporcionou uma visão mais integrada dos conteúdos de reações químicas, como estes se relacionam e quanto são importantes os pré-requisitos.
- que é importante a integração dos conteúdos na química para entendê-la.

Um aluno manifesta que *“isso pra mim foi muito enriquecedor por que eu não tinha idéia como surgiam certos compostos. Sabia que eles apareciam de algum jeito, eu não entendia como eles apareciam, como se dava a atração dos íons, por que eles se formam e como se formam intimamente, os compostos. Foi uma experiência muito, muito valorosa e eu acho que, pra mim, ganhei bem mais com isso do que simplesmente por decoreba”*.

Assim, conforme Schnetzler (1992), a construção de uma idéia em uma determinada situação exige a participação ativa do aluno. Foi através da construção de mapas conceituais como estratégia de ensino que se buscou a participação dos estudantes na construção desses conhecimentos, porque os alunos, a partir de suas concepções prévias, construíram o mapa conceitual e se conscientizaram da importância dos conhecimentos necessários como pré-requisitos.

A Tabela 7 mostra o resultado da tabulação das respostas de ambas as turmas para duas das perguntas do questionário, agrupadas de acordo com o critério de palavras-chave *“aumentou o estímulo a aprender”*.

**Tabela 7: Avaliação da metodologia de acordo com as palavras-chave aumentou o estímulo a aprender.**

Palavras-chave		Turma A								Turma B							
		C			D			C			D						
		Nº	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	Nº	%	Nº	%	Nº	%		
Aumentou	Bem estar	22	11	50	7	31,8	4	18,2	20	13	65	2	10	5	25		
	Estímulo a aprender	22	11	50	8	36,4	3	13,6	20	10	50	2	10	8	40		

Constata-se, a partir dos dados da Tabela 7, que a metodologia de mecanismos aplicada aumentou o bem estar nas aulas de química e estimulou mais os alunos a aprender. Nas avaliações escritas e nas entrevistas dos alunos, verifica-se que, na turma A, 50% dos alunos consideram ter se motivado pois compreenderam a matéria por *“poder raciocinar melhor com a nova estratégia”* e *“entendi R.Q”*; 29% por ter *“interesse pelo assunto”*. Na turma B, 36,4% consideram ter se motivado pouco pois *“gostava da estratégia anterior de usar regras de memorização”* e 27,3% por ter *“interesse em passar de ano”*. Além disso, 83,3% dos alunos da turma A e 63,6% da turma B consideram ter boa participação na sua aprendizagem, com interesse em eliminar dúvidas, fazendo os exercícios de aula e em casa e prestando atenção nas atividades propostas pela professora.

O ensino deve ser dirigido para as potencialidades e dificuldades dos alunos em suas interações com o conteúdo e essas precisam ser evidenciadas para serem trabalhadas. O conhecimento, por outro lado, é produzido na interação dos alunos com o conteúdo, o que exige curiosidade, motivação, vontade e interesse. Mas essas disposições necessitam ser construídas. O aluno é sujeito de sua própria aprendizagem e deve colocar a ação e a atividade como um elemento essencial de seu trabalho. Isso veio a se confirmar principalmente na turma A, que estava mais envolvida nesse processo.

Apesar de se ter tentado favorecer o necessário desequilíbrio cognitivo entre a informação nova e a que o aluno já possuía, mostrando, para tanto, a insuficiência da primeira, não se teve a motivação esperada na turma B, ao contrário do que se constatou na turma A.

Também é importante assinalar que isso aconteceu porque as idéias prévias dos alunos não se modificam facilmente. O aluno deve para isso percorrer muitas vezes um longo caminho antes de abandonar sua representação e adquirir outra mais complexa. Esse longo caminho, sem dúvida, estará cheio de provas, repetições, contradições, reformulações, para se chegar à mudança conceitual, e muitas vezes não é alcançada imediatamente, mas após algum tempo, quando se depararem com uma situação em que se faça necessário. Outros sequer perceberam a contradição e continuaram mantendo as mesmas idéias que tinham antes da experiência, e alguns poucos melhoraram sua representação, mas depois de ter passado por alguns retrocessos.

Nas tabelas analisadas pode-se destacar dois aspectos: facilidade/dificuldade como justificativa para gostar ou não de um conteúdo, de uma disciplina, e a motivação como um fator relevante na aprendizagem. Facilidade ou dificuldade representam a maior ou menor capacidade de operar mentalmente o conjunto de conhecimentos de determinada área. A capacidade de realizar essas operações mentais é determinada, segundo Piaget, pelo estágio de desenvolvimento cognitivo do indivíduo, dependendo de sua estrutura mental (Piaget, 1990).

Os alunos da turma A, em sua maioria, mais que na turma B, não apresentaram falta de condições de entender os conteúdos abordados, pois provavelmente já possuíam o tipo de pensamento requerido – lógico formal – nessa abordagem.

Por outro lado, os dados levam a supor que a motivação, geradora do interesse, necessita estar presente para a ocorrência de aprendizagem significativa. Observou-se, em sala de aula, que foi necessária a revisão detalhada de tópicos anteriores, pré-requisitos para a compreensão do novo conteúdo, pois constituem uma real construção do conhecimento abordado.

Vê-se a importância da motivação como desencadeadora de um processo de aprendizagem significativa, o que pode também ser constatado pelos dados fornecidos pelos alunos: os alunos da turma A optaram majoritariamente por justificar sua preferência por essa metodologia baseada em aspectos motivacionais, como interesse pelo assunto, matéria interessante, necessária para entender reações químicas, diferente.

A teoria piagetiana, conferindo papel de destaque ao desenvolvimento das estruturas cognitivas na aprendizagem, estabelecendo estágios de desenvolvimento e capacidades operacionais mentais próprias de cada um, menciona também a motivação como o motor de desenvolvimento, como impulso inicial que permite a satisfação da curiosidade e a exploração das necessidades do indivíduo (Piaget, 1990).

É interessante também observar as diferenças entre as justificativas apresentadas. Fica claro que as dificuldades apresentadas por alguns alunos residem no assunto ligações químicas, que é um conteúdo eminentemente abstrato e é exigido para a aprendizagem do assunto em questão. É um conteúdo de difícil compreensão pelo fato de não possuir um ponto de referência concreto como possui reações químicas, nível fenomenológico vivenciado pelos alunos em laboratório, pois suas bases teóricas derivam da compreensão das idéias relacionadas aos modelos atômicos.

É necessário também mencionar que a ênfase na montagem de fórmulas das substâncias a partir de leis gerais (hidrogênio como cátion e mais um ânion qualquer, por exemplo) e a derivação de propriedades características a partir dessas estruturas abstratas (dissociação e ionização, por exemplo) são de difícil compreensão para indivíduos ainda não plenamente no estágio formal.

Entretanto Piaget destaca que o professor pode facilitar o desenvolvimento do aluno para estágios superiores do pensamento, através de proposição adequada de atividades que partam do estágio em que o aluno se encontra, para gradativamente usar operações mentais mais complexas, favorecendo seu crescimento (Piaget, 1990). Este papel do professor foi analisado, e em torno de 80% dos alunos de cada turma considerou boa a atuação da professora. Um dos fatores que pode ter influenciado no sucesso da aprendizagem foi a metodologia utilizada, que se baseou em vários critérios para que a aprendizagem se tornasse significativa, entre os quais citam-se: a presença de exemplos e não exemplos; definições operacionais e formais de conceitos; os níveis macroscópicos, representacionais e microscópicos das reações; a articulação e a dependência entre fatos e generalizações; as concepções prévias dos alunos; e o domínio dos pré-requisitos. Conforme Schnetzler (1992), a construção de uma idéia exige a participação ativa dos alunos, relacionando aspectos do conhecimento que já possuíam com o conhecimento a ser adquirido. Supõe-se que o método de envolver os alunos na construção de suas aprendizagens vem a contribuir positivamente para despertar o interesse pelo conteúdo abordado, seja pela detecção dos tópicos pré-requisitos não apreendidos anteriormente, seja pela construção participativa, pelos alunos, de mapas conceituais que mostram a necessidade e a importância dos conhecimentos pré-requisitos, seja pela própria avaliação feita por eles quanto às suas aprendizagens.

Quanto às avaliações da aprendizagem dos estudantes, os resultados são também positivos, contrastando com parte das avaliações realizadas pelos alunos sobre a proposta de ensino. A prova escrita foi formulada com quatro questões, para serem avaliados os seguintes objetivos:

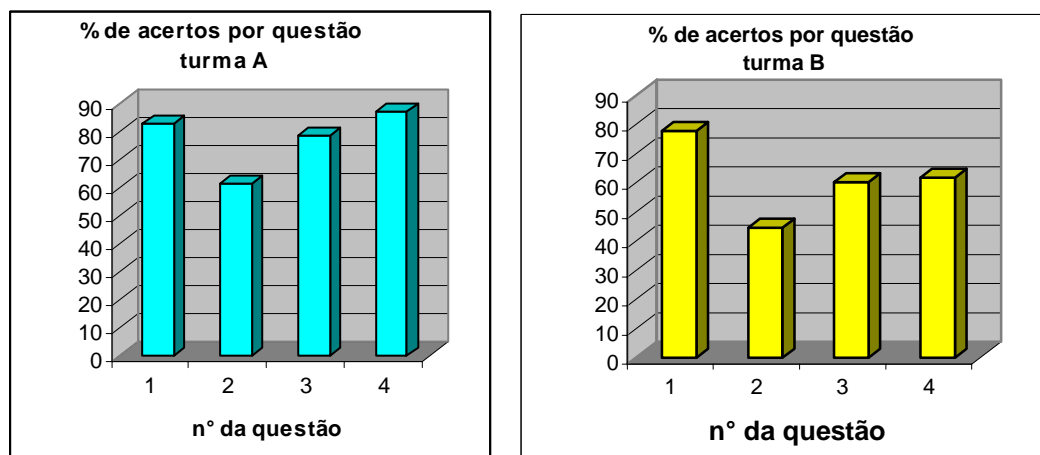
1ª questão: reconhecimento de tipos de ligações entre os átomos nos compostos e desenho de suas fórmulas estruturais.

2ª questão: equacionamento das etapas das reações entre compostos inorgânicos por mecanismo de reação, através das fórmulas estruturais.

3ª questão: equacionamento das reações entre compostos inorgânicos pelo método tradicional.

4ª questão: equacionamento da dissociação iônica de compostos inorgânicos.

Tabularam-se os pontos (de 1 a 10) obtidos em cada questão, para cada aluno e sua nota final. Calculou-se a percentagem de acertos de cada questão e a média percentual final de cada turma. Os resultados são apresentados nos gráficos da Figura 1.



### Figura 1: percentagem de acertos nas questões

Pela análise dos resultados obtidos na avaliação escrita, vê-se que as duas turmas obtiveram um percentual de acertos satisfatório quanto aos conhecimentos dos pré-requisitos – e ligações químicas – referentes à 1ª questão, porém na 4ª questão, que também avaliava pré-requisitos – dissociação iônica, a turma A obteve melhores resultados, com 87,2% de acertos, enquanto que a turma B obteve 61,8% de acertos.

A 2ª questão abordava o equacionamento, por mecanismo, das reações entre compostos inorgânicos, representando-os com as fórmulas estruturais. Verificou-se que a turma A obteve uma média de acertos mais elevada (61,4%) que a turma B (44,6%).

A 3ª questão, equacionar pelo método tradicional, foi elaborada com o objetivo de comparar quantitativamente o número de acertos em relação à 2ª questão e se constatou que os alunos da turma A obtiveram melhores resultados (78,3% de acertos) que os da turma B (60,1% de acertos).

Mesmo que a turma B tenha preferência em equacionar pelo método tradicional, por ser mais rápido e mais fácil, não conseguiram melhores resultados que a turma A, possivelmente por suas deficiências quanto ao conhecimento dos pré-requisitos, evidenciada na 1ª e 4ª questões.

A média de acertos obtidos pela turma A (71,6%) foi significativamente superior à da turma B (54,5%), resultado que confirma as dificuldades dos estudantes da turma B, indicadas por eles em suas colocações no decorrer dessa pesquisa.

### Considerações finais

A estratégia de ensino adotada se fundamentou em uma abordagem construtivista principalmente apoiada nas proposições de Piaget e Ausubel, contrapondo-se ao ensino tradicional. Tal procedimento se baseou na argumentação, tentando-se superar as deficiências do ensino tradicional, centrado no professor, sem levar em conta as idéias prévias dos alunos, com transmissão de conteúdos, e que conduz o aluno à aprendizagem mecânica com ênfase na memorização. Não nos satisfazia, de modo algum, que o aluno representasse reações químicas usando apenas fórmulas vazias de significação e simbolizadas por equações construídas memoristicamente.

Pela abordagem de mecanismos de reações, com método e lógica, e posterior avaliação, constatou-se que se contribuiu para que a maioria dos alunos tivesse uma aprendizagem significativa. Essa aprendizagem ocorreu, pois a estratégia adotada os ajudou na compreensão em nível microscópico das reações entre compostos inorgânicos e possibilitou aos alunos relacionarem os conteúdos pré-requisitos com os novos conteúdos abordados. Essa estratégia veio a contribuir para que os alunos compreendessem a existência de interligação entre os conteúdos e não ficassem com a nociva impressão de que a química é um amontoado de noções desarticuladas. Também se buscou superar as dificuldades de aprendizagem existentes, provenientes do ensino tradicional, propondo um ensino conceitual de reações entre compostos inorgânicos, com enfoque em nível microscópico e conteúdos articulados.

As ações desenvolvidas para a aprendizagem, por parte dos alunos, tiveram condições de desencadear um processo crescente de motivação e desenvolvimento das suas potencialidades.

Os resultados obtidos pela análise dos instrumentos de avaliação utilizados, tanto qualitativos como quantitativos, sugerem que a estratégia de ensino teve efeitos positivos sobre a maioria dos alunos em termos de mudança de atitudes e de aprendizagem dos conteúdos.

Pretende-se com esta proposta estimular professores de química a utilizarem essa estratégia para o ensino de reações entre compostos inorgânicos, tendo como alicerce a

fundamentação teórica das reações químicas, centradas nos conhecimentos de ligação química e estruturação de compostos químicos.

As considerações feitas durante esse trabalho podem constituir uma proposta metodológica para o ensino de reações entre compostos inorgânicos ou mesmo ser aplicadas para outros conteúdos de química. É de se esperar que a utilização das idéias orientadoras apresentadas, com a modificação da metodologia tradicional no ensino de reações entre compostos inorgânicos, possa ser de utilidade na prática dos professores, de forma a ajudar na reversão da problemática existente quanto à aprendizagem desse conteúdo, buscando assim melhorar a qualidade da formação de recursos humanos, técnicos químicos de nível médio.

### Referências bibliográficas

- Barker, V. Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. [A report prepared for the Royal Society of Chemistry, <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm>], 2000.
- Campos, R. C.; Silva, R. C. *Funções da Química Inorgânica ... funcionam?* Química Nova na Escola, n. 9, p.18-22, 1999.
- Chassot, A. I. Catalisando transformações na educação. Ijuí: Unijuí, 1993.
- Conselho Nacional de Educação. Referências Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Resolução CBE nº 03/98. Parecer nº 15/98 da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação. Brasília: MEC, 1998.
- Conselho Nacional de Educação. Referências Curriculares Nacionais da Educação profissional de nível técnico. Resolução CBE nº 04/99. Parecer nº 16/99 da Câmara de Educação Básica do Conselho nacional de Educação. Brasília: MEC, 1999.
- Herron, J.D. *Piaget for chemists: explaining what "good" students cannot understand.* Journal of Chemical Education n. 52, p. 146-150, 1975.
- Justi, R. S. *Afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas?* Química Nova na Escola, n. 7, p. 26-29, 1998.
- Justi, R. S.; Ruas, R. M. *Aprendizagem de Química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento?* Química Nova na Escola, n. 5, p. 24-27, 1997.
- Lopes, A. R. C. *Reações Químicas: fenômeno, transformação e representação.* Química Nova na Escola, n. 2, p. 7-9, 1995.
- Moreira, M. A.; Masini, E. F. S. *A aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel.* São Paulo: Moraes, 1982.
- Mortimer, E. F. *O Significado das fórmulas químicas.* Química Nova na Escola, n. 3, p. 19-21, 1996.
- Mortimer, E. F., Miranda, L. C. *Transformações: Concepções de estudantes sobre Reações Químicas.* Química Nova na Escola, n. 2, p. 23-26, 1995.
- Nardin, C. S. Uma abordagem metodológica de base científica num contexto tecnológico: um estudo de caso no ensino de reações entre compostos da química inorgânica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2002.
- Nardin, C. S.; Loguercio, R. Q.; Del Pino, J. C. *Uma abordagem de ensino de reações químicas entre compostos inorgânicos referenciada em mecanismo de reação.* Tecnológica, v. 8. n.1, p. 9-24, 2004.
- Piaget, J. Epistemologia genética. São Paulo: Martins Fontes, 1990.
- Rosa, M. I. F. P. S.; Schnetzler, R. P. *Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico.* Química Nova na Escola, n. 8, p.31-37, 1998.

Schnetzler, R. P. *Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978*. Química Nova, n. 1, p.6-15, 1981.

Schnetzler, R. P. *Construção do Conhecimento e ensino em ciências*. Em Aberto, n. 55, p. 18-21, 1992.

Schnetzler, R. P.; Santos, W. L. P. dos. *Ensino de química e cidadania*. Química Nova na Escola, n. 4, p. 28-34, 1996.