

MODELO DE ARGUMENTAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ESCRITA CIENTÍFICA DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

ARGUMENTATION MODEL AS A TOOL FOR ANALYZING THE QUALITY OF UNDERGRADUATE CHEMISTRY STUDENTS' SCIENTIFIC WRITING

Jane Raquel Silva de Oliveira¹

Alzir Azevedo Batista¹, Salete Linhares Queiroz²

¹Departamento de Química/ Universidade Federal de São Carlos, janeraquelo@yahoo.com.br

²Instituto de Química de São Carlos/ Universidade de São Paulo, salete@iqsc.usp.br

Resumo

As práticas de argumentação no ensino de ciências e a estrutura dos argumentos científicos produzidos pelos alunos têm sido objetos de estudo de vários pesquisadores nos últimos anos. Enquanto a maioria dos estudos tem focado o discurso oral, poucos têm analisado os argumentos científicos escritos. Este trabalho tem como objetivo analisar os argumentos escritos presentes em relatórios de laboratório elaborados por alunos de graduação matriculados em uma disciplina experimental de Química Inorgânica. A qualidade da escrita científica dos alunos foi analisada segundo o Modelo de Argumentação proposto por Kelly e Takao. Os alunos apresentaram argumentos científicos fundamentados em dados e em afirmações teóricas, indicando que possuem uma relativa compreensão do poder retórico dos dados nas explicações científicas. Os resultados da pesquisa mostram ainda que o referido Modelo é efetivo em outras disciplinas e em outras atividades retóricas distintas daquelas originalmente analisadas pelos autores na área de Oceanografia.

Palavras-chave: escrita científica, argumentação, química, ensino superior.

Abstract

Practices of argumentation have recently come to be seen as relevant to science education, and researchers have begun to examine the structure of student arguments. While most studies of student argumentation have focused on spoken discourse, few studies have focused on discipline-specific scientific written arguments. Therefore, the purpose of this study was to analyze written arguments found within laboratory reports by undergraduate students in a practical inorganic chemistry course. The quality of students' argumentation was analyzed based on the argumentation model developed by Kelly and Takao. Students presented scientific arguments grounded in data and building toward theoretical assertions. This indicates that students have some understanding of the rhetorical power of data in their explanations. The findings of this study also support the idea that Kelly and Takao's model is effective in other disciplines and in other rhetorical tasks distinct from those originally analyzed by them in their domain of oceanography.

Keywords: scientific writing, argumentation, chemistry, higher education.

INTRODUÇÃO

O domínio da linguagem científica, seja na forma oral ou escrita, é uma competência essencial tanto para a prática da ciência quanto para seu aprendizado (VILLANI; NASCIMENTO, 2003). De fato, segundo Lemke (1997), aprender ciência significa se apropriar do discurso da ciência; significa, dentre outras coisas, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, teorizar, concluir, generalizar; significa, portanto, compreender a linguagem empregada pela comunidade científica.

Considerando que a argumentação é uma característica marcante do discurso científico, é desejável que atividades didáticas que fomentem a sua prática em ambientes de ensino sejam colocadas em funcionamento. Nessa perspectiva, as pesquisas sobre argumentação se intensificaram nas últimas décadas e, em geral, têm focado os seguintes aspectos: o espaço ocupado pela argumentação em aulas de ciências; as atividades de ensino que se mostram eficientes no fomento à instauração do discurso argumentativo em aulas de ciências; os mecanismos que possam favorecer o aperfeiçoamento das habilidades argumentativas dos alunos; e a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos em aulas de ciências (VELLOSO et al., 2009).

No que diz respeito à análise da qualidade dos argumentos científicos, vários pesquisadores vêm desenvolvendo modelos que se prestam a esse fim (SANDOVAL; MILLWOOD, 2005; ZOHAR; NEMET, 2002; KELLY; TAKAO, 2002). Esses modelos podem fornecer subsídios para a elaboração de estratégias de ensino e de materiais didáticos que auxiliem os alunos no aprimoramento das suas argumentações (NUSSBAUM, 2002). Cabe destacar que enquanto a maioria dos estudos tem focado o discurso oral, poucos têm analisado os argumentos científicos escritos produzidos por estudantes nas aulas de ciências (SAMPSON; CLARK, 2008).

Neste trabalho temos como objetivo investigar a qualidade da escrita científica de alunos de graduação em Química através da análise de relatórios de laboratório por eles produzidos em uma disciplina experimental de Química Inorgânica ministrada em uma universidade pública paulista. Para tanto, tomamos como referencial teórico o Modelo de Argumentação de Kelly e Takao (2002), descrito sucintamente a seguir. Julgamos também importante conhecer o perfil dos alunos, sujeitos da pesquisa, com relação à leitura e produção de textos científicos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Kelly e Takao (2002) partem do princípio que o Modelo de Argumentação de Toulmin (2001), frequentemente usado por pesquisadores da área de educação em ciências (SÁ; QUEIROZ, 2007; SAMPSON; CLARK, 2008), permite a reflexão sobre a estrutura do argumento e ajuda a evidenciar seus componentes, destacando a importância das relações lógicas que devem haver entre eles. No entanto, chamam a atenção para o fato do Modelo não conduzir a julgamentos sobre a verdade ou adequação do argumento e apresentar a argumentação de uma forma descontextualizada, sem levar em consideração o contexto no qual o argumento é produzido. Assim, consideram que os argumentos devem ser analisados não somente do ponto de vista estrutural, mas também do ponto de vista epistêmico, e que em contextos nos quais argumentações escritas longas são produzidas, é necessário considerar os aspectos interacionais dos argumentos nelas apresentados.

Nesta perspectiva, Kelly e Takao (2002) desenvolveram um modelo no qual o analista precisa capturar operações com as quais os participantes trazem para os discursos informações relevantes ao domínio do conhecimento específico (conceitos, definições etc) e implementam procedimentos e modos de raciocínio típicos deste campo de conhecimento, conferindo *status*

epistêmico às conclusões estabelecidas. Uma vez identificadas tais operações, faz-se necessário observar se estas se encontram no contexto de um discurso argumentativo. Em caso afirmativo os argumentos presentes no discurso são classificados em níveis epistêmicos. A qualidade do texto argumentativo será determinada a partir da distribuição das sentenças que formam o argumento nos diversos níveis epistêmicos e também a partir das relações existentes entre os argumentos dispostos nos diversos níveis epistêmicos.

No que diz respeito aos níveis epistêmicos os autores sugeriram, em um trabalho que tratou de conteúdos específicos da área de Oceanografia, o estabelecimento de seis níveis que foram organizados com base, principalmente, em considerações feitas por Bruno Latour (2000) sobre as características da escrita científica.

Segundo Latour (2000), na produção dos seus argumentos, os cientistas realizam movimentos retóricos que se iniciam com a apresentação das contingências atuais dos seus experimentos (proposições muito específicas) até alcançarem o estabelecimento de generalizações. A Tabela 1 indica a definição dada pelos autores para cada um dos níveis no referido trabalho, que é condizente com as considerações de Latour (2000).

Tabela 1: Níveis epistêmicos estabelecidos por Kelly e Takao (2002) para a análise de argumentos produzidos por estudantes de uma disciplina de Oceanografia.

Nível Epistêmico	Definição
VI	Proposições gerais que reportam processos geológicos e fazem referência a definições usualmente presentes em livros-texto. O conhecimento apresentado pode ser mais amplo, não apenas relacionado à área geográfica em estudo.
V	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos específicos para a área geográfica em estudo.
IV	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos que são ilustrados com dados específicos da área geográfica em estudo.
III	Proposições que descrevem relações entre as estruturas geológicas específicas da área geográfica em estudo.
II	Proposições que identificam e descrevem propriedades e características topográficas da estrutura geológica específica da área geográfica em estudo.
I	Proposições que fazem referência explícita à representação de dados (em gráficos, tabelas etc).

Com base nessas definições, para a realização da nossa análise, os níveis foram redefinidos de acordo com os conteúdos curriculares da área de Química Inorgânica (subárea Química de Coordenação) e encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Níveis epistêmicos para a análise de argumentos produzidos por estudantes de uma disciplina de Química Inorgânica (subárea Química de Coordenação), adaptados do Modelo de Kelly e Takao (2002).

Nível Epistêmico	Definição
VI	Proposições gerais que fazem referência a definições e a conceitos usualmente presentes em livros-texto. O conhecimento apresentado pode ser mais amplo, não apenas relacionado à área de Química de Coordenação.
V	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos específicos para área de Química de Coordenação.
IV	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos ilustrados com dados específicos para a área de Química de Coordenação.
III	Proposições que descrevem as relações entre as propriedades e as características de compostos de coordenação baseadas em representações de dados.
II	Proposições que identificam e descrevem propriedades e características de compostos de coordenação baseadas em representações de dados.
I	Proposições que fazem referência explícita à representação de dados (em gráficos, tabelas etc).

PERCURSO METODOLÓGICO

Os dados para esta pesquisa foram coletados junto a uma disciplina experimental de Química de Coordenação que é oferecida a alunos do sétimo semestre de um Curso de Bacharelado em Química de uma universidade pública paulista e que tem por objetivo a introdução de técnicas de síntese e caracterização de compostos de coordenação, em particular de compostos de cobalto. Participaram da pesquisa dezoito alunos, sendo onze do sexo feminino e sete do sexo masculino. As aulas da disciplina foram realizadas uma vez por semana durante quatro horas e as atividades experimentais foram realizadas em grupos de dois ou três alunos, bem como a produção dos relatórios de laboratório solicitados pelo professor, os quais deveriam conter as seguintes seções: Introdução, Materiais e Métodos (Parte Experimental), Resultados e Discussão, Conclusões e Referências Bibliográficas.

No primeiro dia de aula, os alunos foram informados sobre as atividades que seriam realizadas no semestre, tanto em relação às práticas experimentais quanto em relação às discussões sobre a estrutura de relatórios de laboratório. Nesta ocasião, aplicamos também um questionário (Anexo A) com objetivo de conhecer as experiências dos alunos com relação à leitura e/ou produção de textos científicos e didáticos.

Para a atividade realizada nesta disciplina, produzimos um material didático, baseado no livro “Comunicação e linguagem científica: guia para estudantes de Química” (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2007), contendo instruções gerais sobre a estrutura dos relatórios de laboratório. Esse material foi dividido nos seguintes tópicos: 1) *As principais seções do relatório de laboratório*; 2) *Citações e referências bibliográficas*; 3) *Características da seção “Introdução”*; 4) *“Materiais e Métodos” – importância e características*; 5) *Gráficos, tabelas e figuras – cuidados importantes*; 6) *Discussão dos “Resultados e Conclusões”*. No decorrer do semestre, no início de cada aula, o material didático referente a cada um dos tópicos foi entregue aos alunos e seu conteúdo discutido com a turma.

Para a análise apresentada neste trabalho selecionamos os relatórios finais elaborados pelos alunos, uma vez que nesses textos eles deveriam apresentar e discutir comparativamente os

resultados obtidos em todas as atividades de síntese e caracterização dos compostos, o que exigiria uma maior capacidade de articulação entre os dados experimentais e os fundamentos teóricos para a elaboração de argumentos científicos. Cabe destacar que apenas cinco grupos cumpriram tal exigência, os outros três apresentaram no relatório final apenas discussões referentes ao último composto sintetizado. Assim, analisamos neste trabalho os cinco relatórios finais que apresentaram os dados obtidos em todos os experimentos

Em cada relatório analisamos as proposições presentes na seção Resultados e Discussão, uma vez que a maior parte das sentenças argumentativas foi apresentada nessa seção. Cada uma das proposições nos textos dos alunos (tomadas como unidades de análise) recebeu um número, foi digitada em uma tabela e então classificada em níveis epistêmicos de acordo com as definições descritas na Tabela 2. Essa classificação foi realizada primeiramente pelo Analista 1 (terceiro autor) e depois conferida pelo Analista 2 (segundo autor). Todos os casos nos quais existiram discordâncias quanto à classificação das proposições foram colaborativamente revistos até o alcance de um consenso entre os analistas. Cabe ainda destacar que, dependendo da natureza dos argumentos presentes nos relatórios, uma mesma proposição podia ser classificada em mais de um nível epistêmico e que afirmações que não se encaixavam em nenhum dos níveis epistêmicos, que usualmente forneciam apenas informações sobre condições nas quais os experimentos haviam sido realizados, foram classificadas como N.A. (não se aplica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil dos alunos quanto à leitura e produção de textos científicos

A fim de conhecermos o perfil dos sujeitos da pesquisa em relação à escrita científica, identificamos, através de um questionário aplicado no primeiro dia de aula, suas práticas de leitura dos tipos de textos mencionados anteriormente. Na Questão 1 tentamos identificar a frequência de leitura dos textos por parte dos alunos. As respostas a essa questão, apresentadas na Figura 1, revelaram que os livros didáticos são os textos mais lidos: 66,7% dos alunos os lêem com alta frequência e os demais 33,3% com frequência média. Quanto aos artigos científicos, apenas um aluno relatou nunca ter lido este tipo de documento. Esse resultado é semelhante ao observado no estudo realizado por Santos, Sá e Queiroz (2006) junto a uma turma de quinto semestre de um curso de Bacharelado em Química, no qual os autores verificaram que, dos trinta e sete alunos matriculados em uma disciplina de Físico-Química, apenas dois nunca haviam trabalhado com artigos científicos em alguma disciplina do curso.

Por outro lado, encontramos um percentual significativo de alunos que nunca haviam lido textos como artigos de divulgação científica (33,3%), resumos de congresso (72,2%) ou relatórios de pesquisa (27,8%).

Também solicitamos aos alunos informações sobre a sua participação em disciplinas relacionadas à redação e/ou apresentação de trabalhos científicos (Questão 2). De acordo com as repostas, 61,1% deles nunca haviam participado de uma disciplina de comunicação científica (aqui entendida como disciplina que trata de questões relacionadas à produção e divulgação da ciência). Os demais alunos citaram a participação em uma disciplina de leitura e produção de textos. De fato, embora experiências sobre a inserção de estratégias didáticas relacionadas à compreensão e produção de documentos científicos em disciplinas do ensino superior de Química sejam reportadas com constância na literatura internacional, no Brasil, estratégias dessa natureza são escassas (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2008).

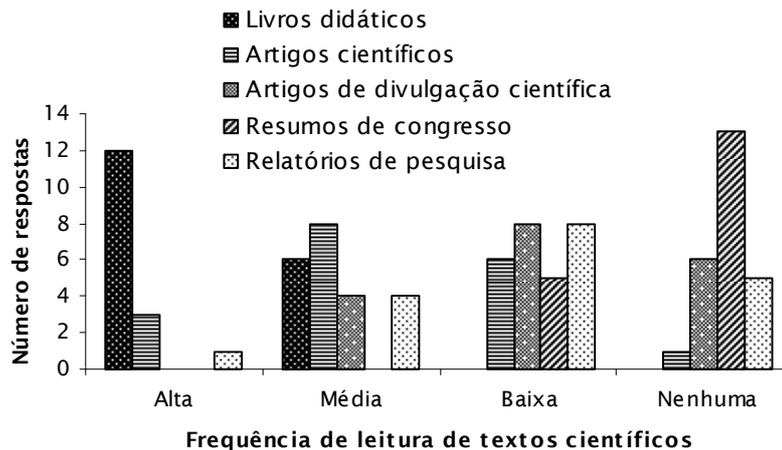


Figura 1 - Frequência de leitura de alguns textos científicos por parte dos alunos de graduação.

Na Questão 3 investigamos a participação dos alunos em atividade de iniciação científica. As respostas mostraram que apenas 11,1% deles nunca haviam participado de tal atividade. Na iniciação científica os alunos costumam entrar em contato com diversas formas de veiculação do conhecimento científico, o que “pode vir a favorecer a apropriação da linguagem científica por parte dos estudantes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das suas habilidades de comunicação oral e escrita no campo” (MASSI; ABREU; QUEIROZ, 2008, p.705). No entanto, embora 88,9% dos alunos realizem ou tenham realizado iniciação científica, um percentual bem menor afirma ler, com frequência média ou alta, textos científicos que não sejam os livros didáticos.

Por fim, questionamos os alunos sobre os tipos de textos científicos que já haviam tido oportunidade de elaborar. Suas repostas indicaram que: *relatórios de laboratório de ensino* foram elaborados por 100,0% dos alunos; *trabalhos acadêmicos na forma de monografia* foram elaborados por 27,8%; *relatórios de pesquisa*, por 27,8%; *resumos de congresso*, por 44,4%; *painéis de congresso*, por 38,9%; *projeto de pesquisa*, por 16,7%; e *artigos científicos*, por 11,1% dos alunos. Mais uma vez verificamos que a muitos dos alunos não é oferecida a oportunidade de produzir alguns tipos de textos que fazem parte da cultura científica.

Os resultados demonstram que os alunos, embora não desconheçam totalmente os textos de natureza científica citados, carecem de instruções formais e de atividades didáticas que lhes propiciem mais oportunidades de conhecer e elaborar textos científicos para que, dessa forma, possam compreender melhor a linguagem científica, sua estrutura característica e as articulações das informações empregadas pelos cientistas na construção de argumentos fortes (FINEGOLD, 2002).

Análise da escrita científica através do Modelo de Kelly e Takao

Uma vez identificados alguns aspectos sobre a leitura e escrita científica dos alunos concentramos nosso estudo sobre a qualidade da escrita científica dos mesmos. Como descrito anteriormente, as proposições presentes na seção Resultados e Discussão dos relatórios foram classificadas de acordo com níveis epistêmicos definidos na Tabela 2.

Na Tabela 3 apresentamos os argumentos elaborados pelos alunos em um dos relatórios e a maneira como as proposições foram analisadas de acordo com os níveis epistêmicos. Os demais relatórios foram analisados de maneira semelhante a essa.

Tabela 3: Distribuição dos níveis epistêmicos nas proposições apresentadas no Relatório 3, indicado na Figura 2.

Número	Proposição	Justificativa para classificação da proposição no nível epistêmico	Nível Epistêmico
RESULTADOS E DISCUSSÃO			
Espectrometria de Infravermelho			
1	Para a caracterização do nitro e nitritopentaamino Co(III) utilizou-se inicialmente a técnica de Espectrometria de InfraVermelho, a partir das pastilhas feitas com amostra de KBr.		N.A.
2	Os espectros obtidos são apresentados nas figuras 1,2,3,4 e 5.	Sentença fazendo referência explícita à inserção de figuras (representações de dados).	I
3	Foram feitas as atribuições das bandas de infravermelho de acordo com a literatura, como é mostrado nas tabelas seguintes: <i>4 tabelas</i> .	Sentença fazendo referência explícita à inserção de tabelas nas quais estão contidos dados.	I II
4	Quando comparados os espectros de nitro e nitrito Co(III), observa-se que a maioria das bandas obtidas é semelhante, porém no espectro obtido para o nitritopentaamino Co(III) observa-se uma banda de média intensidade de 446, 710 cm^{-1} correspondente à deformação axial da ligação Co-ONO, ou seja, o ligante coordenado pelo átomo de O.	Comparação entre características dos compostos apresentados na tabela.	III
5	É possível observar também a presença de duas bandas distintas de N-O, mostrando que nesse complexo o ligante O-N-O está presente.	Afirmação teórica com base nos dados.	IV
6	Já no espectro do nitropentaamino Co(III) essas bandas não estão presentes, podendo ser observado apenas bandas que evidenciam a presença apenas do ligante nitro, coordenado pelo N.	Comparação entre características dos complexos e afirmação teórica com base nos dados.	III IV
Condutividade Eletrolítica			
7	Realizou-se o teste de condutividade para cada composto e os dados foram adicionados na Tabela 6: <i>tabela</i> .	Sentença fazendo referência explícita à inserção de tabelas nas quais estão contidos dados.	I II
8	No teste para o trioxalato, verificou-se a solubilidade do composto sintetizado em éter, metanol, nitrobenzeno, álcool, acetona e acetonitrila, obtendo-se pouca solubilidade em nitrobenzeno.		N.A.
9	No teste de condutividade, usou-se nitrobenzeno, que não forneceu um valor apreciável, porque apesar deste solvente solubilizar um pouco o composto, ele não é capaz de dissociar, logo não se tem a proporção de íons suficientes, ou íons em solução.	Afirmação teórica com base nos dados.	IV
Ponto de Fusão			
10	Os resultados no ponto de fusão estão apresentados na Tabela 7.	Sentença fazendo referência explícita à inserção de tabelas nas quais estão contidos dados.	I II

Espectrometria de Ultravioleta Visível			
11	Na análise do espectro dos compostos na região do ultravioleta visível verificou-se a presença de duas bandas d-d para cada um, as quais são permitidas pela regra de seleção de Laporte e que ocorrem entre o estado fundamental e os estados excitados que apresentam mesma multiplicidade, de acordo com o diagrama de Tanabe-Sugano.	Afirmação teórica com base nos dados apresentados pelos alunos, seguida de outra afirmação teórica específica para a área de Química de Coordenação, mas não fundamentada diretamente em dados apresentados pelos alunos.	IV V
12	Os comprimentos de onda são mostrados nas tabelas abaixo, assim como as atribuições das transições feitas pelo diagrama: <i>4 tabelas</i> .	Sentença fazendo referência explícita à inserção de tabelas nas quais estão contidos dados.	I II
13	Trioxalato de Hexaamino Co(III): no teste de U.V. obtiveram-se valores abaixo do branco, indicando que o padrão influenciava na medida dos valores de absorbância, pelo fato de o branco ter uma coloração semelhante à do solvente, nitrobenzeno, utilizado.	Sentença fazendo referência à característica do complexo e afirmação teórica com base nos dados.	II IV
14	Valores de Dq: estes valores indicam o desdobramento dos orbitais do íon metálico devido ao efeito do ligante sobre ele (série espectroquímica (Dq crescente)). <i>Tabela com valores de Dq dos complexos</i>	Afirmação específica para compostos de coordenação, seguida de tabela na qual estão contidos dados.	V I II
15	Pela série espectroquímica apresentada acima os complexos Nitropentaamino Co(III) e Nitritopentaamino Co(III) deveriam apresentar o Dq superior ao do Trisetildiamino Co(III), no entanto, o que se observa é o contrário.	Afirmação teórica com base nos dados.	IV
16	O Pentaaminocloro Co(III) deveria possuir Dq maior do que o Dq do complexo cujo ligante é o carboxilato, provavelmente o íon Cl ⁻ seja o responsável pela sua diminuição.	Afirmação teórica com base nos dados.	IV
17	O Nitropentaamino Co(III) deve possuir Dq superior ao do Nitropentaamino Co(III) porque é um ambidentado, ora liga-se com um O, ora liga-se com outro.	Afirmação teórica com base nos dados.	IV
Susceptibilidade Magnética			
18	Esta análise foi realizada apenas para o isômero II, pois não houve quantidade suficiente do isômero I para a realização da mesma.		N.A
19	Porém, como são isômeros, ambos têm a mesma susceptibilidade magnética.	Afirmação específica para compostos de coordenação.	V
20	O valor obtido no aparelho foi $0,008 \cdot 10^{-5}$ a 25°C, com esse dado calculou-se o número de elétrons desemparelhados, através das seguintes fórmulas.	Sentença fazendo referência à característica do complexo e afirmação geral, não específica para compostos de Co (Uso de fórmulas, contidas em livros didáticos).	II VI
21	O número de elétrons obtidos foi igual a zero e, portanto, os complexos não possuem elétrons desemparelhados, sendo diamagnéticos.	Afirmação teórica com base nos dados.	IV

Em algumas proposições foi possível identificar mais de um nível epistêmico, revelando a presença de argumentos nos quais os alunos foram capazes, por exemplo, de apresentar dados,

estabelecer comparações entre eles e fazer afirmações teóricas. Esses casos demonstram que através do Modelo em questão é possível realizar a análise de argumentações longas, considerando os aspectos interacionais que existem entre os argumentos. Alguns relatos na literatura apontam para as dificuldades dos pesquisadores em realizar análises de argumentos longos (SANDOVAL; MILLWOOD, 2005; SAMPSON; CLARK, 2008), especialmente quando adotam o Modelo de Toulmin (2001). Por esse motivo, Kelly e Takao (2002) destacaram esse aspecto como uma das vantagens da ferramenta analítica que desenvolveram.

A Figura 2 apresenta a distribuição das proposições presentes nos cinco relatórios analisados nesta pesquisa de acordo com os níveis epistêmicos identificados nos textos. Esses dados revelam que, em geral, as proposições se concentraram nos cinco primeiros níveis epistêmicos [n=27 (nível I), n=36 (nível II), n=12 (nível III), n=30 (nível IV), n=16 (nível V)]. O nível VI foi observado com menos frequência na escrita dos alunos (n = 8), provavelmente pelo fato de que proposições desse tipo não estejam ligadas diretamente à área de Química de Coordenação e, no contexto dos relatórios analisados, tenham servido principalmente para definir conceitos ou apresentar fórmulas. Portanto, as proposições de níveis I, II e III (apresentação, descrição e comparação dos dados) e de níveis IV e V (afirmações teóricas específicas da área, podendo ser originárias dos dados apresentados pelos alunos (IV) ou não (V)) foram as mais constantes nos relatórios dos alunos.

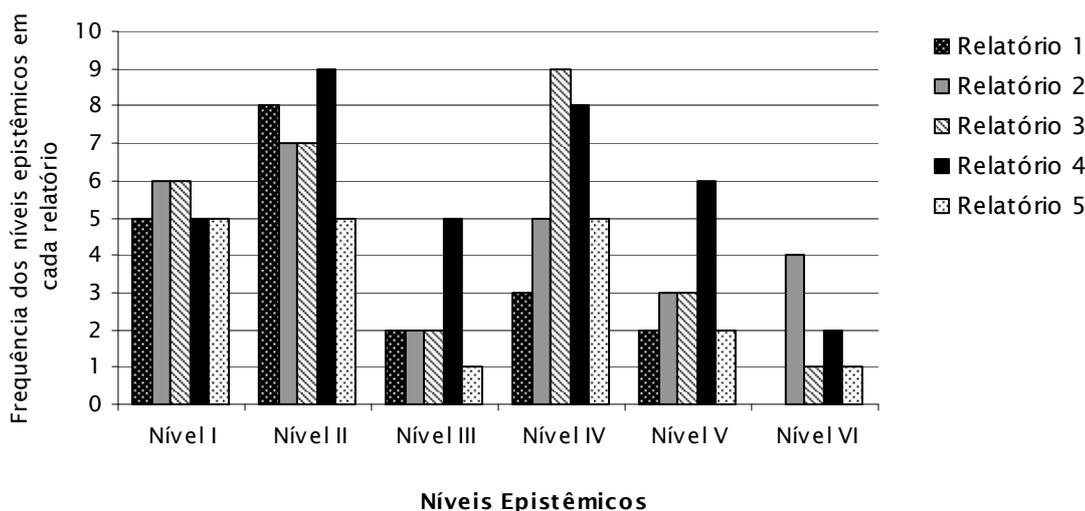


Figura 2 - Distribuição das proposições presentes nos relatórios dos alunos nos níveis epistêmicos.

Kelly e Takao (2002) estabeleceram dois critérios para avaliar a qualidade dos argumentos escritos dos alunos. O primeiro critério diz respeito à distribuição das proposições através dos seis níveis epistêmicos. De acordo com esses autores, argumentos que distribuem as proposições entre os níveis epistêmicos de maneira balanceada seriam considerados como relativamente forte. Em outras palavras: um bom argumento nem enfocará apenas a descrição de dados sem informações teóricas para interpretá-los, nem fará afirmações teóricas sem dados suficientes para sustentá-las. O segundo critério diz respeito à relação entre proposições que se referem à apresentação de dados (nível I) e as que fazem afirmações teóricas específicas da área em estudo (níveis IV e V). Foram considerados mais fortes os argumentos que apresentam muitas fontes de dados (nível I) em relação às afirmações teóricas (níveis IV e V) do que aqueles que fizeram muitas afirmações teóricas com pequena referência de dados.

Ambos os critérios foram utilizados para avaliar a qualidade dos argumentos escritos elaborados pelos alunos. Em relação ao segundo critério, os resultados demonstraram que os alunos apresentaram quantidade semelhante de dados – para o nível I tem-se $n = 5$ nos relatórios 1, 4 e 5, e $n = 6$ em relatórios 2 e 3 –, porém apresentaram números diferentes de afirmações teóricas. Dessa forma, consideramos mais fortes os argumentos que apresentaram um número maior de afirmações teóricas. Nos casos em que os alunos fizeram poucas afirmações teóricas, observamos a não correlação de dados coletados nos experimentos com a base teórica da área na elaboração de suas conclusões.

Como mostra a Figura 2, as proposições são distribuídas de maneira relativamente balanceada nos relatórios 2, 3, 4 e 5. Além disso, são apresentadas 8, 12, 14 e 7 afirmações teóricas (níveis IV e V) em cada relatório respectivamente. Isto indica que os estudantes elaboraram seus argumentos escritos de forma mais ou menos sistemática, apresentando dados, fazendo comparações entre os complexos de cobalto e usando evidências para apoiar suas afirmações teóricas.

A distribuição das proposições apresentadas na Figura 2 também revela que nenhuma afirmação relacionada ao nível epistêmico VI foi identificada no relatório 1 e que existem apenas cinco afirmações teóricas nesse relatório. Isto indica que os alunos que elaboraram o relatório 1 apresentaram justificativas para as conclusões sobre os dados que obtiveram no laboratório de forma menos extensa que os demais alunos. Em outras palavras, eles não criaram um argumento forte no qual dados são extensivamente usados e correlacionados com a base teórica da área para justificar conclusões. O Modelo em questão permitiu, portanto, que essa distinção pudesse ser observada.

As discussões tecidas até então indicam que o Modelo de Kelly e Takao (2002) é uma ferramenta bastante útil para analisar a qualidade dos argumentos escritos dos alunos, evidenciando, dentre outros aspectos, a quantidade e a natureza das informações que os alunos apresentam em seus textos (dados e teorias) e a maneira como articulam essas informações de forma a construir argumentos fortes.

Cabe destacar, no entanto, que, assim como em outros modelos de análise de argumentos (TOULMIN, 2001; LAWSON, 2003), o Modelo de Kelly e Takao (2002) não permitiu avaliar a coerência, ou a verdade, nas proposições apresentadas pelos alunos. Assim, é impossível fazer afirmações, apenas através do seu uso, sobre o domínio que os alunos possuíam sobre o conteúdo científico necessário para a construção dos relatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivamos nesta pesquisa avaliar a qualidade da escrita científica de alunos de graduação em Química através do Modelo de Kelly e Takao (2002). Essa ferramenta analítica foi empregada para analisar, de acordo com os níveis epistêmicos, os argumentos construídos pelos alunos na elaboração de relatórios de laboratório de atividades experimentais da área de Química Inorgânica. Os resultados da análise permitiram a elaboração das seguintes considerações e implicações para o ensino de ciências:

- Os alunos apresentaram argumentos científicos fundamentados em dados e afirmações teóricas. Isto indica que eles têm uma relativa compreensão do poder retórico da utilização de dados e evidências para dar sustentação às explicações científicas. Assim, foi possível analisar através do Modelo como os alunos correlacionaram, ou não, dados e informações teóricas para construir argumentos científicos.
- Os resultados também demonstraram que o Modelo é efetivo para a avaliação de argumentos escritos produzidos em outras disciplinas e em outras atividades retóricas

distintas daquelas originalmente analisadas por Kelly e Takao (2002) na área de Oceanografia. Cabe destacar que este é o primeiro trabalho, fora desta área, que se pauta no referido Modelo para avaliar argumentos escritos por alunos de graduação.

- A análise revelou a capacidade dos alunos em elaborar argumentos científicos, especialmente em relação à maneira como eles empregaram os dados experimentais como evidências para sustentar suas explicações sobre a natureza e estrutura dos compostos de cobalto. No entanto, apenas através dessa análise não é possível dizer se tais argumentações estão corretas ou não. Esta é uma das principais limitações do Modelo de Kelly e Takao (2002) e representa um espaço aberto para futuras pesquisas que se proponham a aprimorar ou elaborar modelos analíticos capazes de contemplar a pertinência dos conteúdos científicos apresentados nos argumentos.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e à FAPESP (Processo 07/06657-0) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FINEGOLD, L. Writing for Science as Scholarly Communication. **Journal of Science Education and Technology**, v.11, n.3, p.255-260, 2002.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, v.86, n.3, p.314-342, 2002.

LATOURETTE, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LAWSON, A. The nature e development oh hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. **International Journal of Science Education**, v.25, n.11, p.1387-1408, 2003.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia**. Buenos Aires: Paidós, 1997.

MASSI, L.; ABREU, L. N.; QUEIROZ, S. L. Apropriação da linguagem científica por alunos de iniciação científica em Química: considerações a partir da produção de enunciados científicos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n.3, p. 704-721, 2008.

NUSSBAUM, E. M. Scaffolding argumentation in the social studies classroom. **The Social Studies**, v.93, n.2, p.79-83, 2002.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. **Comunicação e linguagem científica: guia para estudantes de química**. Campinas: Editora Átomo, 2007.

_____. Considerações sobre o papel da comunicação científica na educação em Química. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1263-1270, 2008.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the ways students generate arguments in science education: current perspectives and recommendations for future directions. **Science Education**, v.92, p.447-472, 2008.

SANDOVAL, W.; MILLWOOD, K. The Quality of students' use of evidence in written scientific explanations. **Cognition and Instruction**, v.23, n.1, p.23-55, 2005.

SANTOS, G. R.; SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Uso de artigos científicos em uma disciplina de Físico-Química. **Química Nova**, v.29, n.5, p. 1121-1128, 2006.

TOULMIN, S. E. **Os Usos do Argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VELLOSO, A. M. S.; SÁ, L. P.; MOTHEO, A. J.; QUEIROZ, S. L. Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 2009. No prelo.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students’ knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

ANEXO A

Questionário aplicado junto aos alunos com a finalidade de conhecer suas experiências em relação à leitura e produção de alguns tipos de textos científicos.

1. Com que frequência você lê os seguintes textos científicos (especifique se alta, média, baixa ou nenhuma):
 - () Livros didáticos _____
 - () Artigos científicos _____
 - () Artigos de divulgação científica _____
 - () Resumos de congresso _____
 - () Relatórios de pesquisa _____
2. Você já participou de cursos relacionados à redação e/ou apresentação de trabalhos científicos?
 - () Não
 - () Sim. Especifique: _____
3. Com relação às atividades de iniciação científica, você:
 - () Nunca fez
 - () Não está fazendo no momento, mas já fez durante _____ semestres
 - () Está fazendo há _____ semestres
4. Quais dos tipos de textos científicos listados a seguir você já teve oportunidade de elaborar?
 - () Trabalho acadêmico na forma de monografia
 - () Relatório de laboratório de ensino
 - () Relatório de pesquisa
 - () Projeto de pesquisa
 - () Artigo científico
 - () Resumo de congresso
 - () Paineis