

ESCRITA CIENTÍFICA DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA: ANÁLISE DE RELATÓRIOS DE LABORATÓRIO

Jane Raquel Silva de Oliveira e Alzir Azevedo Batista

Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luiz, km 235, 13565-905 São Carlos – SP, Brasil

Salete Linhares Queiroz*

Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, CP 780, 13560-970 São Carlos – SP, Brasil

Recebido em 22/9/09; aceito em 17/5/10, publicado na web em 21/9/10

UNDERGRADUATE CHEMISTRY STUDENTS' SCIENTIFIC WRITING: ANALYSIS OF LABORATORY REPORTS. 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: chemistry; laboratory reports; argumentation.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas pesquisadores da área de educação em ciências de vários países têm destacado a apropriação da linguagem científica como elemento essencial, tanto para a prática da ciência, quanto para seu aprendizado.¹ Lemke,² dentre outros pesquisadores,³⁻⁵ entende que 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. Sob esta perspectiva vem ocorrendo em vários países uma crescente conscientização a respeito da necessidade de tal apropriação por parte dos alunos.

As atuais orientações curriculares para o ensino superior de Química no nosso país também colocam em pauta a importância de se contemplar na formação dos graduandos o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas à linguagem científica. Esse aspecto pode ser notado nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química⁶ que apontam para a necessidade dos estudantes aprenderem não somente “os conceitos, leis e princípios da química”, mas também a “ler, compreender e interpretar os textos científico-tecnológicos”, “escrever, apresentar e defender seus achados” “saber comunicar corretamente os projetos e resultados de pesquisa na linguagem científica”, dentre outras.

Apesar dessas recomendações o que se observa, no entanto, são as frequentes menções na literatura sobre a flagrante dificuldade encontrada pelos estudantes na comunicação de seus conhecimentos, assim como na leitura e interpretação de textos científicos.^{7,8} De fato, em estudo anterior,⁹ no qual buscamos conhecer as concepções de graduandos, pós-graduandos e de um professor do ensino superior de Química em relação à comunicação científica, percebemos um consenso sobre a importância da apropriação da linguagem científica para a formação do químico. Em contraponto foram também destacadas as dificuldades que os alunos enfrentam quando necessitam se expressar em linguagem científica.

Verificamos, por exemplo, que os graduandos desejam o oferecimento de mais oportunidades ao longo do curso nas quais possam

desenvolver suas habilidades relacionadas à comunicação científica, o que de certa forma evidencia suas dificuldades neste campo. Além disso, pós-graduandos revelaram que, em geral, os relatórios de pesquisa elaborados no grupo em que atuam são semelhantes, pois os novatos, devido às dificuldades que têm na produção de textos científicos, simplesmente “olham” como os outros membros do grupo elaboram os trabalhos e procuram imitá-los. Por fim, ainda no contexto de discussão sobre os relatórios de laboratórios, o professor destacou que, na maioria das vezes, nem os próprios docentes recebem durante sua formação orientações precisas a respeito da elaboração de textos científicos, que aprendem “aos trancos e barrancos” e, assim, vão repassando aos seus alunos a maneira como eles consideram mais correta.⁹

Os relatos mencionados ratificam a necessidade do desenvolvimento de trabalhos que forneçam subsídios tanto aos alunos quanto aos professores no que tange, respectivamente, à elaboração e análise da qualidade dos textos científicos produzidos nos ambientes de ensino, como, por exemplo, os relatórios de laboratório.¹⁰ Embora na literatura internacional existam diversos trabalhos produzidos no sentido de aprimorar a escrita científica de estudantes do ensino superior e habilitá-los na elaboração de textos científicos,¹¹ o mesmo não ocorre no âmbito nacional. Assim, localizamos um único trabalho na seção Educação desta revista, no intervalo de 1998 a 2009, que relata estratégias aplicadas em uma disciplina experimental do ensino superior – Química Geral Experimental, oferecida pela Universidade Federal do Piauí – com o objetivo de orientar os alunos na elaboração de relatórios de laboratório.¹²

Alguns poucos autores,¹³ visando auxiliar os alunos no aprimoramento da linguagem científica e fornecer subsídios aos professores para a avaliação da qualidade dos textos por eles produzidos, propõem modelos para avaliação da escrita científica, que consideram tanto aspectos estruturais quanto a maneira como dados e teoria são apresentados e correlacionados. Um desses modelos, proposto por Kelly e Takao¹⁴ e denominado Modelo de Argumentação, procura relacionar a quantidade e a natureza das informações presentes nos textos produzidos pelos alunos no cumprimento de determinadas tarefas de uma disciplina de Oceanografia com a maneira como tais informações são articuladas de forma a construir argumentos fortes.

*e-mail: salete@iqsc.usp.br

O modelo fornece, portanto, critérios e elementos que permitem avaliar os textos dos estudantes, levando em consideração a maneira como apresentam e articulam as informações teóricas, específicas ou não da área em questão, e os dados obtidos experimentalmente.

Neste trabalho tivemos como objetivo investigar a qualidade da escrita científica de estudantes de graduação em Química, tomando como objeto de estudo relatórios de laboratório produzidos no contexto de uma disciplina experimental da área de Química Inorgânica. Para tanto, adaptamos o Modelo de Argumentação de Kelly e Takao¹⁴ e o utilizamos na análise de tais textos.

CONTEXTO DA PESQUISA

Este estudo foi realizado em uma disciplina experimental da área de Química Inorgânica oferecida no 7º semestre de um curso de Bacharelado em Química de uma universidade pública paulista. No primeiro semestre de 2008, essa contava com 18 alunos matriculados, sendo 11 do sexo feminino e 7 do sexo masculino. Nas aulas, realizadas uma vez por semana durante 4 h, os alunos trabalharam em grupos, sendo 6 grupos formados por 2 alunos, e 2 grupos por 3 alunos.

As atividades da disciplina envolveram: introdução de técnicas de síntese e caracterização de compostos de coordenação, em particular de compostos de cobalto; produção de relatórios; apresentação de seminários.

Para a realização das atividades de síntese e caracterização dos compostos de coordenação não foram fornecidos roteiros de aula prática, como tradicionalmente ocorre nas disciplinas experimentais. No primeiro dia de aula os alunos receberam uma lista com as referências bibliográficas dos livros nos quais estavam descritos os experimentos que seriam executados. Esse material bibliográfico foi localizado pelos alunos e os procedimentos para os experimentos foram estudados pelos mesmos antes do dia da aula. Dessa forma, os próprios alunos elaboravam um esboço ou resumo das etapas a serem realizadas no dia da aula. Esse procedimento foi adotado com o intuito de estimular os alunos a realizar pesquisas bibliográficas e estudar previamente as atividades experimentais. O Quadro 1 lista os experimentos realizados durante o semestre letivo e as respectivas referências bibliográficas.

Os alunos realizaram três conjuntos de experimentos: o primeiro foi relacionado à síntese e caracterização do composto cloreto de tris(etilenodiamina)cobalto(III), $[\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_3]\text{Cl}_3$; o segundo envolveu a síntese e caracterização do composto cloreto de penta-aminoclorocobalto(III), $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, o qual serviu de precursor para a síntese e caracterização dos isômeros cloreto de penta-aminonitrocobalto(III), $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$, e cloreto de penta-aminonitrocobalto(III), $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$; o terceiro conjunto de experimentos envolveu a síntese e caracterização do oxalato de hexamincobalto(III), $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$. Em geral, cada um desses compostos foi sintetizado em uma aula e caracterizado na aula seguinte. As técnicas empregadas para a caracterização de

todos os compostos foram: espectroscopia vibracional na região do IV, espectroscopia eletrônica na região do UV-Visível, medida de condutividade eletrolítica, susceptibilidade magnética e medida do ponto de fusão.

Com relação à produção de relatórios de laboratório, estes deveriam apresentar as seguintes seções: Introdução, Materiais e Métodos (Parte Experimental), Resultados e Discussão, Conclusões e Referências Bibliográficas. Para auxiliar os alunos na elaboração dos relatórios, produzimos o material didático “Estrutura de Relatórios de Laboratório” (disponível como Material Suplementar), baseado no livro “Comunicação e linguagem científica: guia para estudantes de Química”,¹⁵ contendo informações básicas sobre aspectos estruturais dos mesmos. O material foi dividido da seguinte forma: Parte 1: As principais seções do relatório de laboratório; Parte 2: Citações e referências bibliográficas; Parte 3: Características da seção “Introdução”; Parte 4: “Materiais e Métodos” – importância e características; Parte 5: Gráficos, tabelas e figuras – cuidados importantes; Parte 6: Discussão dos “Resultados e Conclusões”. Assim, geralmente 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.

O material didático foi produzido com o intuito de apresentar e discutir questões relevantes que devem ser consideradas na produção de relatórios de laboratório e que favorecem a produção de uma escrita científica de qualidade. Nos anos anteriores, instruções dessa natureza já eram oferecidas de maneira pulverizada ao longo da disciplina pelo professor responsável. Assim, o material não foi idealizado tendo em vista a aplicação de estratégias ou ações direcionadas especificamente ao auxílio dos alunos no processo de argumentação, não sendo, portanto, viável levantar hipóteses sobre a influência do seu uso na argumentação por eles apresentada nos relatórios. Nesse mesmo sentido, esclarecemos que o Modelo de Argumentação de Kelly e Takao¹⁴ também não foi apresentado aos alunos, tendo sido utilizado apenas para subsidiar a análise da qualidade da escrita científica. Em outras palavras, a disciplina foi conduzida de forma semelhante a muitas outras de caráter experimental existentes nas universidades brasileiras.

Durante o semestre, cada grupo produziu quatro relatórios: o primeiro, sobre a atividade de síntese e caracterização do composto $[\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_3]\text{Cl}_3$; o segundo, relacionado ao composto $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$; o terceiro abordando comparativamente a síntese e caracterização dos isômeros $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$ e $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$; e um relatório final que, além de apresentar a análise da síntese do composto $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$, deveria também comparar e discutir a síntese e caracterização de todos os demais.

Por fim, com o intuito de criar um espaço para discussão e comparação dos resultados obtidos por cada um dos grupos nos experimentos propostos, bem como esclarecer dúvidas sobre os compostos sintetizados, o professor solicitou que os alunos apresentassem dois seminários sobre os experimentos realizados no semestre. No primeiro seminário os grupos apresentaram os resultados obtidos nos experimentos de síntese e caracterização dos compostos $[\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_3]$

Quadro 1. Experimentos realizados durante o semestre na disciplina experimental da área de Química Inorgânica

	Referência do experimento	Composto sintetizado e caracterizado
1º conjunto de experimentos	BOOTH, H. S. <i>Inorganic Syntheses</i> . vol II. New York: McGraw-Hill Book Company, 1939. p. 221-222.	Cloreto de tris(etilenodiamina)cobalto(III) – $[\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_3]\text{Cl}_3$
2º conjunto de experimentos	WOOLLINS, J. D. (Ed). <i>Inorganic Experiments</i> . 1ª ed New York: VCH, 1994. p.26.	Cloreto de penta-aminoclorocobalto(III) – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ Cloreto de penta-aminonitrocobalto(III) – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$ (isômero I) Cloreto de penta-aminonitrocobalto(III) – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$ (isômero II)
3º conjunto de experimentos	BOOTH, H. S (Ed.). <i>Inorganic Syntheses</i> . vol II. New York: McGraw-Hill, 1939. p. 220.	Oxalato de hexamincobalto (III) – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$

Cl_3 e $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$, enquanto no segundo, relataram, comparativamente, a síntese e caracterização dos isômeros $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$ e $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{ONO})]\text{Cl}_2$, bem como a síntese e caracterização do composto $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$.

PERCURSO METODOLÓGICO

Modelo de argumentação de Kelly e Takao

Para a análise da qualidade da escrita científica dos relatórios de laboratórios, adotamos o modelo proposto por Kelly e Takao,¹⁴ descrito sucintamente a seguir.

Kelly e Takao¹⁴ partem do princípio que o Modelo de Argumentação de Toulmin,¹⁶ frequentemente usado por pesquisadores da área de educação em ciências,^{13,17,18} 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 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, os autores 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 científico será, dessa forma, 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 Kelly e Takao¹⁴ sugeriram o estabelecimento de seis níveis que foram organizados com base, principalmente, em considerações feitas por Bruno Latour¹⁹ sobre as características da escrita científica. Segundo esse autor, 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 em um trabalho que tratou de conteúdos específicos da área de Oceanografia.¹⁴ Com base nessas definições, para a realização da nossa análise, os níveis foram redefinidos de acordo com os conteúdos específicos da área de Química Inorgânica (subárea Química de Coordenação) e encontram-se descritos na Tabela 2.

Coleta e análise dos dados

Para a análise realizada nesta pesquisa, selecionamos os relatórios finais produzidos pelos estudantes, 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 5 grupos

Tabela 1. Níveis epistêmicos estabelecidos por Kelly e Takao¹⁴ 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).

Tabela 2. Níveis epistêmicos para a análise de argumentos produzidos por estudantes de uma disciplina de Química Inorgânica (sub-área Química de Coordenação), adaptados do modelo de Kelly e Takao¹⁴

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 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).

cumpriram tal exigência, os outros 3 apresentaram no relatório final apenas discussões referentes ao último composto sintetizado. Assim, analisamos neste trabalho os 5 relatórios finais que apresentaram os dados obtidos em todos os experimentos.

Em cada relatório selecionado analisamos as proposições presentes na seção Resultados e Discussão, uma vez que a maior parte das sentenças argumentativas foi apresentada nessa seção. Tomamos como unidade de análise cada período presente nos textos dos alunos, ou seja, proposição contendo uma ou mais orações e encerrada por ponto final. Cada uma das 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

Analisamos neste trabalho a escrita científica de estudantes de graduação em Química a partir do Modelo de Kelly e Takao.¹⁴ 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. Tais proposições foram transcritas neste trabalho respeitando-se totalmente suas características originais. Os demais relatórios foram analisados similarmente.

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,^{13,20} especialmente quando adotam o Modelo de Toulmin.¹⁶ Por esse motivo, Kelly e Takao¹⁴ destacaram esse aspecto como uma das vantagens do Modelo que desenvolveram.

A Figura 1 apresenta a distribuição das proposições presentes nos cinco relatórios analisados de acordo com os níveis epistêmicos identificados nos textos. Cabe destacar que foram classificadas tanto no nível epistêmico I quanto no nível II as proposições dos alunos que fazem referência explícita à inserção de tabelas, nas quais dados relacionados aos compostos em estudo, interligando algumas de suas características, foram organizados. Os 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 usado 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, operações que não são feitas com frequência na seção Resultados e Discussão. 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.

Kelly e Takao¹⁴ estabeleceram dois critérios para avaliar a qualidade dos argumentos 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 fortes. 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 textos produzidos pelos alunos. Em relação ao segundo critério, os resultados demonstraram que os alunos apresentaram quantidade semelhante de dados – para o nível I, n = 5 nos relatórios 1, 4 e 5, e n = 6 nos 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 1 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 relativamente sistemática, apresentando dados, fazendo comparações entre os compostos de cobalto e usando evidências para apoiar suas afirmações teóricas.

A distribuição das proposições apresentadas na Figura 1 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 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 os dados são extensivamente usados e correlacionados com a base teórica da área para justificar conclusões. O Modelo em questão permitiu, portanto, que essa distinção fosse observada.

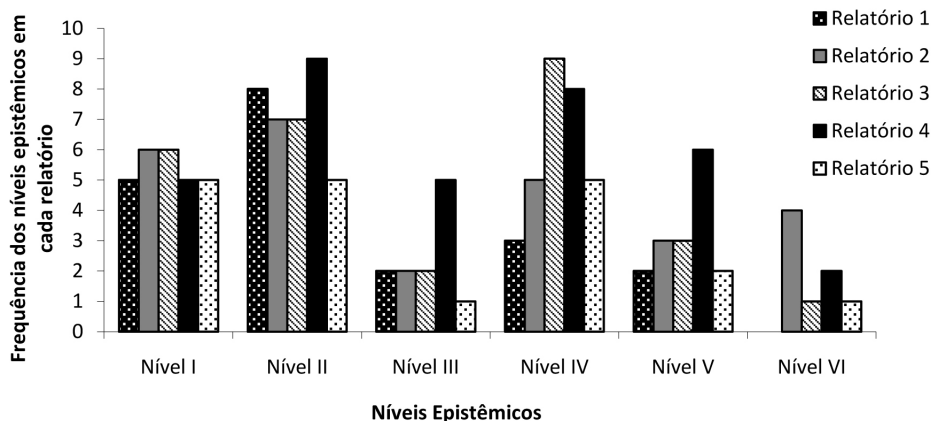


Figura 1. Distribuição, nos níveis epistêmicos, das proposições presentes nos relatórios dos alunos matriculados na disciplina experimental da área de Química Inorgânica

Tabela 3. Distribuição dos níveis epistêmicos nas proposições apresentadas no Relatório 3, indicado na Figura 1

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 nitropenta-amino Co(III) utilizou-se inicialmente a técnica de Espectrometria de Infravermelho, a partir das pastilhas feitas com amostra de KBr.	Referência às condições nas quais o composto foi caracterizado.	N.A.
2	Os espectros obtidos são apresentados nas figuras 1,2,3,4 e 5.	Referência explícita à inserção de figuras.	I
3	Foram feitas as atribuições das bandas de infravermelho de acordo com a literatura, como é mostrado nas tabelas seguintes: 4 tabelas.	Referência explícita à inserção de tabelas nas quais dados relacionados aos compostos em estudo, indicando algumas de suas características, foram organizados.	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 nitropenta-amino 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 em uma das tabelas.	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 apresentados pelos alunos.	IV
6	Já no espectro do nitropenta-amino Co(III) essas bandas não estão presentes, podendo ser observadas 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 apresentados pelos alunos.	III IV
Condutividade Eletrolítica			
7	Realizou-se o teste de condutividade para cada composto e os dados foram adicionados na Tabela 6.	Referência explícita à inserção de tabela, na qual dados relacionados aos compostos em estudo, indicando algumas das suas características, foram organizados.	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.	Referência às condições nas quais a solubilidade dos compostos foi testada.	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 apresentados pelos alunos.	IV
Ponto de Fusão			
10	Os resultados no ponto de fusão estão apresentados na Tabela 7.	Referência explícita à inserção de tabela, na qual dados relacionados aos compostos em estudo, indicando algumas de suas características, foram organizados.	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: 4 tabelas.	Referência explícita à inserção de tabelas, nas quais dados relacionados aos compostos em estudo, indicando algumas de suas características, foram organizados.	I II
13	Trioxalato de Hexa-amino Co(III): no teste de U.V. obtiveram-se valores abaixo do branco, indicando que o padrão influenciava na medida dos valores de absorvância, pelo fato de o branco ter uma coloração semelhante à do solvente, nitrobenzeno, utilizado.	Referência a uma característica do complexo e afirmação teórica com base nos dados apresentados pelos alunos.	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)). Tabela com valores de Dq dos complexos	Afirmação teórica específica para compostos de coordenação, seguida de tabela, na qual dados relacionados aos compostos em estudo, indicando algumas de suas características, foram organizados.	V I II
15	Pela série espectroquímica apresentada acima os complexos Nitropenta-amino Co(III) e Nitritopenta-amino 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 apresentados pelos alunos.	IV

Tabela 3. Continuação

Número	Proposição	Justificativa para classificação da proposição no nível epistêmico	Nível epistêmico
RESULTADOS E DISCUSSÃO			
Espectrometria de Ultravioleta Visível			
16	O Penta-aminocloro 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 apresentados pelos alunos.	IV
17	O Nitropenta-amino Co(III) deve possuir Dq superior ao do Nitropenta-amino Co(III) porque é um ambidentado, ora liga-se com um O, ora liga-se com outro.	Afirmação teórica com base nos dados apresentados pelos alunos.	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.	Referência a não realização de uma determinada análise.	N.A
19	Porém, como são isômeros, ambos têm a mesma suscetibilidade magnética.	Afirmação específica para compostos de coordenação.	V
20	O valor obtido no aparelho foi 0,008. 10-5 a 25°C, com esse dado calculou-se o número de elétrons desemparelhados, através das seguintes fórmulas.	Referência a uma determinada característica do complexo, seguida de afirmação geral, não específica para compostos de cobalto (<i>uso de fórmulas contidas em livros didáticos</i>).	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 apresentados pelos alunos.	IV

As discussões tecidas até então indicam que o Modelo de Kelly e Takao¹⁴ é útil para analisar a qualidade da escrita científica 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 outros modelos de análise de argumentos,^{16,21} esse 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 dos alunos a respeito do 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.¹⁴ Esse Modelo foi empregado 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 sua 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, em maior ou menor extensão, dados e informações teóricas para construir o texto científico.
- 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 Takao¹⁴ 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 Takao¹⁴ 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 científicos. Nesse sentido, estão em andamento em nosso grupo de pesquisa trabalhos que visam a produção e o aprimoramento de modelos que abarquem as questões conceituais, estruturais e os movimentos retóricos dos textos científicos.

MATERIAL SUPLEMENTAR

O material didático contendo instruções sobre a estrutura de relatórios de laboratório encontra-se disponível gratuitamente em <http://quimicanova.sbjq.org.br>, na forma de arquivo PDF.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

1. Huang, H.; *Int. J. Sci. Math. Educ.* **2006**, *4*, 391; Jorge, A. S.; Puig, N. S.; *Enseñanza de las Ciencias* **2000**, *18*, 405; Villani, C. E. P.; Nascimento, S. S.; *Investigações em Ensino de Ciências* **2003**, *8*, 187.
2. Lemke, J. L.; *Aprender a Hablar Ciencia*, Paidós: Buenos Aires, 1997.
3. Florence, M. K.; Yore, L. D.; *J. Res. Sci. Teach.* **2004**, *41*, 637.
4. Gunel, M.; Hand, B.; Prain, V.; *Int. J. Sci. Math. Educ.* **2007**, *5*, 615.
5. Massi, L.; Abreu, L. N.; Queiroz, S. L.; *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2008**, *7*, 704.
6. Zucco, C.; Pessine, F. B. P.; de Andrade, J. B.; *Quim. Nova* **1999**, *22*, 454.
7. Santos, G. R.; Sá, L. P.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2006**, *29*, 1121.
8. Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2001**, *24*, 143.
9. Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2008**, *31*, 1263.

10. Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L.; *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2007**, *6*, 673.
11. Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L.; *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, Brasil, 2005.
12. Luz Júnior, G. E.; Sousa, S. A.; Moita, G. C.; Moita Neto, J. M.; *Quim. Nova* **2004**, *27*, 164.
13. Sampson, V.; Clark, D. B.; *Sci. Educ.* **2008**, *92*, 447.
14. Kelly, G. J.; Takao, A.; *Sci. Educ.* **2002**, *86*, 314.
15. Oliveira, J. R. S.; Queiroz, S. L.; *Comunicação e Linguagem Científica: guia para estudantes de química*, Editora Átomo: Campinas, 2007.
16. Toulmin, S. E.; *Os Usos do Argumento*, Martins Fontes: São Paulo, 2001.
17. Sá, L. P.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 2035.
18. Simon, S.; *Int. J. Res. Math. Educ.* **2008**, *31*, 277; von Aufschnaiter, C.; Erduran, S.; Osborne, J.; Simon, S.; *J. Res. Sci. Teach.* **2008**, *45*, 101.
19. Latour, B.; *Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*, Editora UNESP: São Paulo, 2000.
20. Sandoval, W.; Millwood, K.; *Cognition and Instruction* **2005**, *23*, 23.
21. Lawson, A.; *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 1387.