

GÊMEOS, GENÉRICOS E QUIRAIS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A RELAÇÃO ENTRE ESTEREOQUÍMICA E ATIVIDADE FARMACOLÓGICA

TWINS, GENERIC AND CHIRAL: A CASE STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN STEREOCHEMISTRY AND PHARMACOLOGICAL ACTIVITY

Nilcimar dos Santos Souza^{1,2}, Salete Linhares Queiroz²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro. Campus Macaé. nilcimars@yahoo.com.br

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

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar e analisar uma atividade didática pautada na resolução de problemas sociocientíficos no formato de estudos de caso. Durante seis semanas, no ambiente virtual eduqui.info, nove dos 27 alunos da disciplina Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II, do curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, solucionaram um estudo de caso relacionado à ocorrência de misturas racêmicas em medicamentos com princípio ativo quiral. A argumentação textual final dos alunos foi analisada tendo em vista a identificação da natureza dos argumentos adotados, das fontes de evidências empregadas e das estratégias de aprendizagem seguidas.

Palavras-chave: estudo de casos, química, ensino superior.

ABSTRACT

This paper aims to present and analyze a didactic activity guided by the resolution of socio-scientific issues in case study format. During six weeks in the virtual learning environment named eduqui.info nine of the 27 students who attended the course Communication and Expression in Scientific Language II (Institute of Chemistry of São Carlos, University of São Paulo) solved a case study related to the occurrence of racemic mixtures of active principles in chiral drugs. The final argumentative texts of the students were analyzed in order to identify the nature of the arguments adopted, the sources of evidence used and the learning strategies employed.

Key words: case studies, chemistry, higher education.

INTRODUÇÃO

No contexto nacional, nos anos de 1970, começa a se destacar a educação em ciência e tecnologia, baseada na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Com o propósito de levar um caráter interdisciplinar para o ensino de ciências, a referida abordagem visava à construção de uma alfabetização científica e tecnológica interligada com as relações e implicações dessa ciência e tecnologia na sociedade (Pinheiro *et al.*, 2007).

Desde esse período inicial se passaram quatro décadas, nas quais pesquisas foram conduzidas, disciplinas foram criadas e currículos foram implantados. No entanto, segundo Dagnino *et al.* (2011), a educação científica com abordagem CTS anda

a passos lentos em nosso país e permite a percepção de estar pouco consolidada. Os autores sustentam suas percepções na avaliação dos próprios membros da comunidade de pesquisa, que se dedicam a trabalhar com a questão em foco. Para Dagnino *et al.* (2011), a maioria almeja a inclusão social, uma sociedade mais justa, equitativa e ambientalmente correta, contudo, na prática, se limita a apenas divulgar a ciência, não questiona o ufanismo-triunfalista da ciência, espera por uma revolução na educação etc. Tudo isso contribui para tornar lento o avanço da presença da CTS na educação científica e tecnológica, pois endossa o pensamento majoritário daqueles que rejeitam aspectos ideológicos que envolvam a natureza ética, visões de mundo, interesses políticos e econômicos, entre outros assuntos que possam perturbar o processo de transmissão de um conhecimento supostamente neutro.

As propostas didáticas e curriculares que buscam levar ao contexto escolar reflexões e discussões acerca de problemas que envolvam aspectos ambientais, políticos, sociais, econômicos, culturais e éticos relacionados à ciência e tecnologia costumam se pautar em questões sociocientíficas (Silva *et al.*, 2011), as quais buscam encorajar os alunos a relacionarem suas vivências escolares àquelas do seu cotidiano, o que pode desenvolver a responsabilidade social, despertar o interesse pela ciência, além de desenvolver habilidade e competência, como por exemplo, a expressão oral, escrita, leitura, argumentação científica, mobilização de estratégias cognitivas etc.

Neste trabalho, realizamos junto a alunos de graduação em química um estudo baseado no ambiente virtual de ensino-aprendizagem eduqui.info, no qual foram disponibilizados estudos de caso sociocientíficos (Sá e Queiroz, 2009), sendo aquele denominado *Gêmeos, Genéricos e Quirais: São Mesmo Todos Iguais?* objeto de estudo deste artigo. Nessa perspectiva, ocorreram etapas de resolução do caso, envolvendo argumentação individual e discussão colaborativa por parte dos alunos. Estas precederam a produção argumentativa individual final escrita sobre a resolução do caso. Analisamos tal produção tendo em vista a identificação da natureza dos argumentos adotados, das fontes de evidências empregadas e das estratégias de aprendizagem seguidas. Aspectos estes considerados relevantes no desenvolvimento de uma boa argumentação.

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida na disciplina de Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II, oferecida aos alunos do segundo semestre da graduação do Instituto de Química da São Carlos, Universidade de São Paulo. A

disciplina não trata de conteúdos específicos da química, visando o desenvolvimento de habilidades de comunicação oral e escrita dos estudantes.

Nesta disciplina, a turma, constituída de 27 alunos, foi dividida em três grupos de nove componentes. Cada grupo foi convidado a solucionar um dos seguintes casos de caráter sociocientífico: *2012: O Fim do Mundo Começa no Acre; Com o Pé no Fosfogesso; Gêmeos, Genéricos e Quirais: São Mesmo Todos Iguais?*.

Para a produção dos estudos de caso os autores se pautaram em reportagens publicadas em textos de divulgação científica e nas recomendações de Herreid (1998). Para o autor, um bom caso narra uma história, inclui diálogos, é curto, é atual, desperta o interesse pela questão, produz empatia com os personagens centrais, é relevante ao leitor, provoca conflito, força uma decisão, tem utilidade pedagógica e possibilita generalizações.

Ao acessar o eduqui.info pela primeira vez, cada aluno recebeu o estudo de caso ao qual foi relacionado. A primeira tarefa foi ler o estudo de caso e propor individualmente, na ferramenta ArgPEC, uma solução textual para o(s) problema(s) contido(s) no caso, argumentando a seu favor.

De posse da produção textual individual dos alunos, o professor dividiu os alunos em duplas ou trios, de maneira que os membros apresentassem visões opostas acerca da melhor solução para o caso. Os alunos trabalharam no fórum do eduqui.info, onde cada um teve de fornecer argumentos favoráveis à sua solução e contra-argumentar à do(s) parceiro(s), até que alcançassem colaborativamente um consenso. Finalizado o fórum, outra vez de forma individual, na ferramenta ArgPEC, cada aluno produziu nova solução textual. As atividades citadas tiveram duração de seis semanas.

Para os momentos de resolução individual do caso foram apresentados aos alunos os componentes do argumento na perspectiva do Modelo de Toulmin (2001), que teve o propósito de auxiliá-los na elaboração de argumentações consistentes na resolução dos casos. Os textos individuais iniciais tinham no mínimo 750 palavras. Já os textos finais, após a discussão colaborativa no fórum, tinham no mínimo 1500 palavras.

No presente trabalho é analisada a natureza dos argumentos utilizados nos textos argumentativos individuais finais produzidos pelos nove alunos que solucionaram o caso *Gêmeos, Genéricos e Quirais: São Mesmo Todos Iguais?* (Quadro 1). A partir da leitura dos referidos textos foram identificados fragmentos de fala indicadores de argumentação, que foram analisados de acordo com os referenciais teóricos descritos na seção seguinte.

Quadro 1. Texto completo do estudo de caso.

Gêmeos, Genéricos, Quirais: São mesmo todos iguais?

A pacata cidade de Polarândia, no interior do estado de MG, nunca esteve tão agitada após a chegada de uma indústria farmacêutica de genéricos de pequeno porte no último ano. A empresa denominada (R)-(S) Medicamentus é de dois irmãos gêmeos muito queridos na cidade: Ronivan e Sullivan - filhos do prefeito da cidade.

Na inauguração, o prefeito “seu Cadinho” tava era feliz demais da conta; afinal, além do sucesso dos meninos, um sonho antigo se realizara: químico de formação, sempre teve o sonho de abrir uma empresa de fármacos. E tamanha alegria não estava apenas nos donos da mesma, a empatia pelos irmãos e pelo prefeito aumentou ainda mais após a contratação de várias famílias da cidade e pela considerável redução de preços na venda de importantes fármacos utilizados na região.

Entretanto, alguns meses após a instalação da empresa, no pequeno hospital da cidade a Dra. Ester tem recebido algumas reclamações de vários pacientes:

Seu Zé: - Oh Doutora, eu tomo os remédio sim, mas “num tem passado as dore”... Além disso, ainda tenho visto “uns trem” estranho na minha janela, no chão da sala e nas paredes! ...

Seu Firmino: - Ah Doutora, tenho notado umas diferença sim. As dores da artrite continuam e comecei a ter “uns enjoó”, perda de apetite e até perda de vontade de “tratá” das galinhas...

Dona Maria: - Pois é Doutora, acho que “as tosse tá piorando” e nem estou enxergando direito mais... O que será isso? ...

Tais fatos estavam deixando Dra. Ester muito preocupada. Era intrigante como vários pacientes que estavam se medicando regularmente começaram a apresentar efeitos colaterais indesejados há poucos meses.

As suspeitas caíram sobre o hospital: alimentação, higienização e, claro, os medicamentos utilizados. Vasculhando um pouco mais, Dra Ester descobriu que os principais fármacos genéricos utilizados no hospital eram provenientes da empresa (R)-(S) Medicamentus: Ketamina, Penicilamina, Etambutol – e que foram adquiridos recentemente pelo hospital a um preço bem abaixo da média. Apesar da suspeita ser grande, Dra. Ester tinha que lidar com grande cautela sobre o assunto, pois a empresa era dos seus sobrinhos (afinal, em cidade pequena todo mundo é parente!) e seu irmão (o “seu Cadinho”) fora o responsável pela venda dos fármacos.

Aflita, Dra Ester ligou para um de seus filhos que era estudante de graduação em Química na USP em São Carlos e, entre outros assuntos, contou-lhe o dilema:

- Pois é meu filho, estou sem saber o que fazer! Tenho grandes suspeitas que a causa disso possa ser dos medicamentos dos seus primos, mas como dizer isso a eles? E se for algo parecido com aquele caso da Talidomida... Será que é possível? O que você acha?

- Mãe, entendo que seja uma situação difícil... Para piorar, nas conversas com os primos, me lembro de uma na qual o Ronivan, que é o responsável na empresa pela compra da matéria prima, dizia que tinha conseguido tal material de maneira muito barata! Isso deixava Sullivan muito apreensivo e irritado, mas ele acreditava no irmão... Tenho uma ideia: como estarei em casa por duas semanas, entrarei em contato com meus primos e falarei com eles sobre a possibilidade de alguns amigos e eu estagiarmos nesse tempo na empresa, como parte do trabalho de conclusão do curso. Dessa forma, tentamos descobrir algo mais a fundo e, caso haja irregularidade envolvendo matéria prima ou algum processo, falarei com eles para que possam resolver o mais rápido possível...

Você faz parte do grupo que, juntamente com o filho da Dra. Ester, vai estagiar na empresa e tentar descobrir qual a causa do problema envolvendo os compostos acima citados. Posteriormente, proponham alternativas para a resolução do mesmo.

O estudo de caso em questão, de autoria de Leonardo Diório Lordello e Rafael Mafra de Paula Dias¹, é um caso sociocientífico não estruturado (Sá, 2010). O que significa que para sua resolução é necessário primeiro definir a causa do problema relatado e, em seguida, apontar as possíveis soluções e argumentar a seu favor.

REFERENCIAIS TEÓRICOS DE ANÁLISE

No estudo de caso foco deste trabalho o personagem central é um químico, que durante seu estágio na empresa de medicamentos genéricos de seus primos, busca descobrir a razão dos pacientes que fazem uso dos medicamentos daquela fábrica sofrerem de vários efeitos colaterais não previstos. O processo de descoberta do problema e formulação de soluções remete os estudantes a uma série de questões sociocientíficas, como a produção de medicamentos, descartes industriais, saúde e segurança dos pacientes, custo dos medicamentos e ética industrial.

Os textos produzidos pelos estudantes foram analisados em três diferentes perspectivas. A primeira, diz respeito à natureza dos argumentos adotados pelos alunos. Assim como realizado por Patronis, Potari e Spiliotopoulou (1999), os argumentos foram classificados de acordo com sua natureza: ambiental, científica, econômica, social, tecnológica, saúde. A segunda perspectiva relaciona-se às fontes de evidências empregadas pelos alunos. Assim como realizado por Kim e Song (2005), foram avaliadas as fontes citadas pelos estudantes que possuíam caráter de evidência pessoal e/ou de evidência de autoridade.

A terceira perspectiva de análise concerne em investigar as estratégias de aprendizagem empregadas pelos estudantes. Pesquisadores de diferentes áreas apresentam distintas classificações para essas estratégias, dentre as quais se destacam as estratégias cognitivas e metacognitivas. De acordo com Dembo (1994), as estratégias cognitivas operam diretamente sobre o material a ser aprendido, auxiliando o estudante a melhor processar a informação, enquanto que as estratégias metacognitivas são procedimentos que o indivíduo emprega para planejar, monitorar e regular o seu próprio pensamento e ação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de caso em foco proporcionou ampla discussão de questões pertinentes à abordagem CTS de ensino. Os estudantes identificaram como causa do problema relatado no estudo de caso a contaminação por uma mistura racêmica dos

¹ Informações complementares sobre o estudo de caso podem ser encontradas no endereço eletrônico <http://gpeqsc.com.br/casos/casos.php>

pares de enantiômeros dos princípios ativos quirais dos fármacos. Entretanto, no que se refere à proposta de solução ao problema identificado, houve divergência entre quatro diferentes possibilidades: síntese estereosseletiva (um aluno), fermentação microbiana (um aluno), cromatografia (quatro alunos) e substituição dos princípios ativos quirais por não-quirais (um aluno). Dois alunos ainda relacionaram duas ou três dessas possibilidades, mas não optaram por uma em específico.

Análise da Natureza dos Argumentos

O Quadro 2 ilustra, por meio de trechos, a natureza dos argumentos empregados pelos alunos nos textos.

Quadro 2. Análise da natureza dos argumentos considerados pelos alunos nos textos de resolução do caso.

Aluno	Recortes de enunciados	Natureza do argumento
Aluna A	Em se tratando de uma indústria de medicamentos genéricos, devem-se reduzir ao máximo possível os custos, e para que este requisito seja atendido, o preço de produção deve ser inferior ao dos medicamentos originais, a fim de se obter competitividade no mercado farmacêutico. É comum que compostos orgânicos sintetizados em laboratório sejam misturas racêmicas, possuindo quantidades equimolares de seus enantiômeros. Dessa forma, faz-se necessária uma seleção das moléculas, a fim de se obter um melhor efeito farmacológico no paciente.	Econômica Científica
Aluno C	Foram apresentados alguns métodos de separação dos compostos quirais, sendo o cromatográfico o economicamente mais viável, pois separa qualquer um dos isômeros...	Econômica e Científica
Aluna B	Atualmente, há um enorme progresso na síntese industrial de substâncias enantiomericamente puras, pois o profissional especialista em química orgânica sintética dispõe de um arsenal considerável de metodologias em sínteses mais seletivas. Portanto, o argumento de que não existe tecnologia disponível para preparação de drogas oticamente puras, já não justifica que remédios sejam comercializados sob as formas de racematos... A fábrica não deveria fechar as portas, pois muitos trabalhadores da cidade ficariam desempregados e também tal indústria é uma chance da pequena cidade de Polarândia se destacar. Porém, uma multa deveria ser aplicada sobre a (R)-(S) Medicamentus, para que seus donos nunca mais pratiquem atos que possam colocar a saúde dos consumidores de seus remédios em risco, além de órgãos como a Anvisa fazer uma vistoria na fábrica.	Tecnológica Social, Saúde e Política
Aluna D	O padrão analítico etambutol é usado em pacientes que apresentam tuberculose pulmonar, o isômero que é responsável por ligar com as enzimas certas é o S-etambutol, e o isômero que causa seus efeitos colaterais...	Científico

Nos trechos de mensagens ilustrados no Quadro 2 vemos que a aluna A abordou argumentos de natureza econômica (também observado para o Aluno C) e científica (também observado para a Aluna D). Houve ainda argumentos de natureza tecnológica, social, de saúde e política, conforme observado no texto da Aluna B.

Em virtude das características do estudo de caso, grande quantidade de argumentos de natureza científica e econômica foi desencadeada. Os relacionados a fatores econômicos dizem respeito fundamentalmente aos custos de produção dos medicamentos genéricos e, conseqüentemente, a seus preços para os consumidores finais, que devem preservar sua essência, serem mais baratos que os de marca registrada. Já os argumentos de natureza científica trataram principalmente das características dos compostos quirais e das diversas possibilidades de separação dos pares de enantiômeros utilizados nos medicamentos citados no estudo de caso.

Quando os textos trataram de aspectos de natureza tecnológica, os argumentos que se sobressaíram abordavam a viabilidade técnica de se produzir apenas um dos isômeros ou realizar a separação das misturas racêmicas, ou ainda de como monitorar os processos de produção e separação de compostos quirais. Em contraponto, argumentos relacionados à saúde tiveram recorrência inferior somente aos de natureza científica e econômica, pois a preocupação com a saúde e segurança dos pacientes consumidores dos medicamentos citados no caso era condição fundamental a ser considerada na escolha da sua melhor solução.

Argumentos de natureza social foram referentes à preocupação com os funcionários da indústria de medicamento, que poderiam ficar desempregados no caso da indústria ser fechada como punição em razão do risco a que submeteu os cidadãos. Os argumentos de natureza política trataram dos órgãos de fiscalização e da legislação a que está submetida a empresa.

Análise das Fontes de Evidências

O Quadro 3 exemplifica as fontes de evidência utilizadas por quatro dos nove alunos como forma de garantir confiabilidade às informações por eles fornecidas nos textos argumentativos. Embora menos da metade dos estudantes tenha utilizado argumentos de autoridade para fundamentar seus textos, é possível observar certa diversidade de fontes de evidência.

Quadro 3. Análise das fontes de evidências explicitadas pelos alunos nos textos de resolução do caso

Aluno	Recortes de enunciados	Fonte de evidência
Aluna A	<p>Para a penicilamina, há duas alternativas de menor custo, de acordo com entrevista realizada com o professor Roberto. Pode-se aplicar uma desracemização, em que um agente quirial provoca a cristalização dos enantiômeros, em tempos diferentes, e então se realiza uma separação mecânica, como já mencionado.</p> <p>De acordo com Braz e Castiglia², o isômero R-cetamina causa efeitos alucinógenos ao paciente, possuindo a S-cetamina o efeito anestésico.</p> <p>²BRAZ, J. R. C.; CASTIGLIA, Y. M. M. <i>Temas de Anestesiologia: Para o Curso de Graduação em Medicina</i>. 2ª edição. São Paulo: Editora UNESP, 2000, 319p.</p> <p>Reis³, em seu trabalho, cita que a R-penicilamina é tóxica, e a S-penicilamina possui a propriedade de combater a artrite.</p> <p>³REIS, J. S. <i>Resolução Cinética Enzimática de Hidroxiésteres Propargílicos: uma via de obtenção de moléculas bioativas</i>. 2009. 139p. Tese (Mestrado em Química Orgânica) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.</p> <p>No trabalho de Souza e Vasconcelos⁴, observa-se que o R-etambutol causa cegueira, enquanto que o isômero S-etambutol é utilizado no tratamento da tuberculose.</p> <p>⁴SOUZA, M. V. N.; VASCONCELOS, T. R. A. Fármacos no combate à tuberculose: passado, presente e futuro. <i>Química Nova</i>, São Paulo, vol. 28, nº 4, julho/agosto, 2005.</p>	<p>Especialista (Professor universitário)</p> <p>Livro</p> <p>Tese</p> <p>Artigo</p>
Aluna B	<p>Não é necessário que o enantiômero benéfico esteja puro no fármaco, precisa-se de uma mistura saudável ao corpo humano, portanto, o resíduo da cromatografia, composto pelos isômeros maléficis à saúde, podem ser em parte aproveitados nos fármacos, porém em uma taxa permitida pela legislação.</p>	<p>Legislação</p>

A Aluna A, ao pontuar as propriedades das substâncias quirais constituintes dos medicamentos presentes no estudo de caso, se utiliza de várias fontes de evidência para obter tais informações: utiliza artigo, tese, livro e entrevista um professor universitário. Já a Aluna B faz uso de legislação específica para alertar sobre as leis que restringem os limites de impureza nos medicamentos colocados no comércio.

Importante destacar que menos da metade dos estudantes utilizou alguma fonte de evidência e todas as utilizadas são fontes de autoridade. Nenhum aluno fez uso de fontes de evidência pessoal. Dessa forma, se entende a necessidade desse aspecto ser mais bem explorado em novas turmas, pois não basta a rica organização de argumentos utilizada por todos os alunos, é necessário relacioná-la às suas fontes de evidência.

Análise das Estratégias de Aprendizagem

No que tange às estratégias de aprendizagem, foram definidas para este trabalho as de categoria cognitiva e as de categoria metacognitiva (Dembo, 1994; Paiva, Edição Especial com os melhores trabalhos apresentados no IV ENECiências: UFF – 13 a 16 de maio de 2014.

1998). Inicialmente, o Quadro 4 apresenta exemplos de recortes de enunciados dos textos dos estudantes que se relacionam às ações de elaboração, analogia, formulação de hipótese, comparação e apresentação de prós e contras.

Quadro 4. Análise das estratégias de aprendizagem cognitivas elaboradas pelos alunos nos textos de resolução do caso

Aluno	Recortes de enunciados	Estratégia cognitiva de aprendizagem
Aluno E	Antes de falar do caso específico de Polarândia, é importante citar um problema semelhante ocorrido no final da década de 50 e início da de 60, com o medicamento chamado Talidomida.	Analogia
Aluno C	Pelo fato dos pacientes estarem constantemente relatando os efeitos colaterais dos medicamentos, ou seja, os efeitos que um dos isômeros causa (denominemos “isômero ruim”) entende-se que os medicamentos apresentam uma alta concentração destes isômeros ruins. Acredita-se então que não esteja sendo realizada a separação dos isômeros após a síntese, pois, indiferentemente do grau de pureza da matéria prima, sempre haverá a formação de ambos os isômeros no processo de síntese do composto.	Elaboração
Aluno F	É uma técnica ainda considerada promissora devido ao custo ser alto. Em contrapartida, ela forma pequena quantidade de resíduos. Para uma empresa de genéricos, que busca diminuir o máximo o custo de produção, essa técnica ainda é descartada, porém é considerada a melhor maneira de produzir medicamentos de qualidade. Seguindo essa linha de raciocínio, a primeira proposta trata de investigar se a matéria-prima adquirida é realmente de qualidade e se a empresa que distribui a matéria-prima é reconhecida. Se for o caso, a melhor opção é trocar de fornecedor...	Apresentação de prós e contras Hipótese
Aluno G	Como os isômeros possuem os mesmos constituintes atômicos, suas características físicas são idênticas (pontos de fusão, ebulição), exceto que quando os isômeros são submetidos a uma luz polarizada, os isômeros desviam a luz de maneira diferente.	Comparação

A elaboração, que é definida como a estratégia cognitiva na qual se observa que o sujeito estabelece conexões entre o material novo a ser aprendido e o material antigo familiar (Dembo, 1994; Paiva, 1998), foi observada nos textos de diversos estudantes quando estabelecem pontes entre o conhecimento familiar da química com aqueles trazidos e exigidos pelo caso. Isto está ilustrado no texto do Aluno C quando explica o processo de produção dos compostos quirais, os denominando de “isômero bom” e “isômero ruim”.

Esta estratégia cognitiva, assim como as demais, é, segundo Paiva (1998), utilizada para a compreensão de novos significados. Assim, surgem estratégias como a comparação, utilizada pelo Aluno G para explicar as diferenças entre os dois isômeros em um par de enantiômeros. Também surge a estratégia do tipo apresentação de prós e contras, como fez uso o Aluno F para apontar as vantagens e as limitações de uma técnica para purificação de matéria-prima para a indústria de medicamentos.

Outra estratégia de aprendizagem empregada pelo Aluno F foi a geração de hipótese, evidenciada quando pontua as possíveis origens dos problemas. No recorte de enunciado surge a hipótese da matéria-prima fornecida à empresa ser de baixa qualidade, o que deveria ser averiguado e, caso confirmado, resultar na aplicação das medidas sugeridas. O Aluno E ainda utilizou a analogia como uma estratégia de aprendizagem para traçar um paralelo entre o problema abordado pelo estudo de caso e a experiência obtida com o caso da Talidomida.

No Quadro 5 os exemplos de recortes de enunciados dos textos dos estudantes que se relacionam às estratégias metacognitivas, identificando-se o emprego de monitoramento, planejamento e avaliação.

Quadro 5. Análise das estratégias de aprendizagem metacognitivas elaboradas pelos alunos nos textos de resolução do caso

Aluno	Recortes de enunciados	Estratégia metacognitiva de aprendizagem
Aluno E	Além destas três possibilidades de separação dos enantiômeros acima citadas, é possível solucionar o caso de uma forma bem mais simples. Como visto ao acompanhar o caso, as complicações de se usar fármacos quirais são bem grandes, sendo necessário ter muito cuidado com o manuseio dos mesmos para que cheguem em estado adequado aos pacientes, tendo em vista isso, a substituição dos fármacos quirais por outros fármacos que não apresentam quiralidade seria uma ótima alternativa, podendo assim economizar dinheiro em não ter que separar os enantiômero e resguardar a saúde dos pacientes.	Avaliação
Aluno F	Como estudante de química, trato a suspeita com certo medo, pois já houve casos semelhantes que resultaram em tragédias, como o caso da Talidomida. Considero, portanto, a situação como grave, pois os medicamentos continuam com a venda normal nas farmácias e no hospital. Os pacientes que tomaram os medicamentos e apresentaram efeitos indesejados devem ser tratados pelo hospital.	Monitoramento
Aluno C	Os três compostos que serão analisados apresentam quiralidade.	Planejamento

O Aluno F ao relacionar as possibilidades de resolução do caso realiza sua avaliação quanto às melhores soluções, que não passa por aquelas ligadas à separação enantiomérica, mas pela considerada simples substituição do princípio ativo quiral por um não quiral.

O Aluno F, por sua vez, emprega uma narrativa cautelosa, antes de reunir evidências que o auxiliem para apontar a melhor solução para o caso. Já o Aluno C inicia o processo de resolução do caso pelo planejamento da sequência de etapas, iniciada pela análise da quiralidade das moléculas utilizadas como princípios ativos dos medicamentos. Essas duas estratégias metacognitivas de aprendizagem foram recorrentes nos textos, o que revela a forma como grande parte deles inicia a escrita de solução textual do estudo de caso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na pesquisa reportada neste trabalho os alunos realizaram, ao longo de seis semanas, uma série de atividades deflagradas por uma questão sociocientífica no formato de estudo de caso. O foco de interesse para análise foi o momento final da pesquisa, quando os alunos produziram individualmente um texto argumentativo com suas soluções para o estudo de caso.

É possível identificar que a etapa argumentativa de produção da resposta textual favoreceu a tomada de decisões dos alunos a partir, por exemplo, do levantamento de hipóteses, justificativas de pontos de vista, apresentação de prós e contras sobre determinadas situações e comparações. Ações consideradas fundamentais para o exercício da cidadania e que costumam estar pouco presentes nos ambientes de ensino de Química mais tradicionais, mas que contemplam os objetivos de um ensino com abordagem CTS. Para isso, argumentos de diferentes naturezas foram utilizados pelos alunos, respaldados por fontes de evidência de autoridade.

Do ponto de vista da aprendizagem de conceitos científicos e sociocientíficos, é preciso considerar as ideias de Simonneaux (2008), quando estabelece que o conhecimento pode ser desenvolvido pela ocorrência de trocas verbais em situações de debates, e, portanto, se os alunos estão envolvidos em atividade desse tipo, este envolvimento pode conduzir à construção individual do conhecimento por parte de cada um deles. A etapa de discussão colaborativa, que precedeu a produção individual do texto argumentativo final, certamente contribuiu positivamente para a construção de conhecimento acerca das questões sociocientíficas discutidas ao longo do processo e apresentadas no texto individual final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAGNINO, L.; SILVA, R. B.; PADOVANNI, N. Por que a educação em ciência, tecnologia e sociedade vem andando devagar?. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (org): **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora UnB, 2011.
- DEMBO, M. H. **Applying educational psychology**. New York: Longman, 1994.
- HERREID, C. F. What makes a good case?. **Journal of College Science Teaching**, v. 27, n. 3, p. 163 165, 1998.
- KIM, H., SONG, J. The features of peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. **Research in Science Education**, v. 36, n. 3, p. 211 233, 2005.
- PAIVA, V. L. M. O. Estratégias individuais de aprendizagem de língua inglesa. **Letras e Letras**, v. 14, n. 1, p. 73 88, 1998.
- PATRONIS, T.; POTARI, D.; SPILIOTOPOULOU, V. Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 7, p. 745 754, 1999.
- PINHEIRO, N.; SILVEIRA, R.; BAZZO, W. Ciência, Tecnologia e Sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência e Educação**, v. 13, n. 1, p. 71 84, 2007.
- SÁ, L. P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química**. 278f. Tese (Doutorado em Química). Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 2010.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. Campinas: Átomo, 2009.
- SILVA, O. B.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. Abordagem CTS no ensino médio: estudo de caso com enfoque sociocientífico. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (org): **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora UnB, 2011.
- SIMONNEAUX, L. Argumentation in socio-scientific contexts. In: ERDURAN, S.; Jiménez-Aleixandre, M. P. (org): **Argumentation in science education: Perspectives from class-room-based research**. Holanda: Springer, 2008.
- TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.