

A ARGUMENTAÇÃO EM DIAGRAMAS HEURÍSTICOS ELABORADOS POR GRADUANDOS EM QUÍMICA A PARTIR DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CARÁTER EXPERIMENTAL

Cleane C. Paz^{a,*} e Luciana N. A. Ferreira^a

^aDepartamento de Química, Universidade Federal do Piauí, 64049-550 Teresina – PI, Brasil

Recebido: 28/02/2024; aceito: 07/06/2024; publicado online: 24/07/2024

THE ARGUMENTATION IN HEURISTIC DIAGRAMS DEVELOPED BY CHEMISTRY STUDENTS BASED ON THE RESOLUTION OF EXPERIMENTAL PROBLEMS. The ability to argue is essential for the education of students, as it is fundamental to the presentation of ideas on a given topic. Several methods have been proposed in studies that support the development of argumentation in different teaching contexts, such as the heuristic diagram. It allows the organization and recording of activities that enable critical reflection through the analysis of the language used to express ideas. In this perspective, the diagrams produced for solving problems in an experimental chemistry subject offered in an undergraduate chemistry course were analyzed. Toulmin's argument pattern was used as a basis to identify the structure of the arguments produced, and then, the quality of the arguments was evaluated. The results of the analysis showed a principle of progress in the argumentative capacity of undergraduates with the development of activities, verified by the presence of elements in students' texts that, when present, validate an argument. Thus, the results can contribute to other researches in the field of chemical education by favoring a teaching process that considers the development of initial argumentative ability in the formation of students.

Keywords: argumentation; heuristic diagram; problems; experimental chemistry; Toulmin's argument pattern.

INTRODUÇÃO

A argumentação é uma interação comunicativa em que os docentes e discentes confrontam seus saberes e opiniões sobre um determinado tema, com a coordenação de conhecimentos teóricos.^{1,2} É um discurso em que são apresentadas opiniões, descrição de ideias, hipóteses, evidências, explicações de resultados alcançados e justificativas de ações ou conclusões.³

Assim, ambientes de ensino e aprendizagem que envolvem a construção de argumentos oportunizam o desenvolvimento de habilidades cognitivas e discursivas, primordiais à construção do conhecimento e ao exercício da reflexão.⁴ Diante disso, considerando a sua importância na formação de estudantes, investigações sobre a argumentação vêm sendo realizadas em diferentes níveis de ensino de ciências, pois ela não dá sentido apenas à explicação, mas também ajuda a desenvolver a compreensão de conceitos científicos,⁵ da natureza da ciência, sendo essencial para o exercício da cidadania.⁶

Nessa perspectiva, estudos apontam que a compreensão conceitual influencia na promoção da argumentação,⁷ bem como na melhoria na qualidade dos argumentos.⁸⁻¹⁰ Além disso, ambientes de aprendizagem que favorecem a argumentação colaboram para o desenvolvimento de habilidades científicas.¹¹

Nesse contexto, é crescente o número de investigações que abordam a argumentação, principalmente no Ensino de Química,¹² pois avaliar e construir argumentos de forma eficaz são competências fundamentais para os químicos.¹³ Entretanto, para promover a competência argumentativa em aulas de caráter experimental é necessário que sejam implementadas dentro de uma abordagem construtivista, propiciando o desenvolvimento de habilidades processuais e cognitivas, com a utilização de recursos que as potencializem.

Dessa forma, uma estratégia coerente com a orientação da aprendizagem como construção do conhecimento científico é a que associa a aprendizagem ao tratamento de problemas, processo no qual

os alunos têm maior compreensão sobre sua aprendizagem.^{14,15} De acordo com Çoban² e Katkevich *et al.*,¹⁶ compreender e desenvolver habilidades adequadas para testar hipóteses de natureza científica está intimamente relacionado com capacidades de argumentação.

Nesse sentido, uma abordagem que abrange tais características é o *Problem Based Learning* (PBL), em que o conhecimento é construído a partir da resolução de problemas, favorecendo a compreensão de conceitos relacionados à atividade experimental e o desenvolvimento de habilidades científicas. Isso é fortalecido por Campaner e De Longhi,¹ os quais apontam que aulas de caráter experimental pautadas no PBL favorecem a interação comunicativa e a ocorrência de argumentação.

Diante disso, considerando a hipótese de que atividades experimentais planejadas em conformidade com o PBL podem promover a argumentação em disciplinas de química de caráter experimental, é necessário utilizar estratégias capazes de auxiliar na compreensão conceitual e metodológica dessas atividades, como também favorecer a construção de argumentos. Assim, um instrumento que pode auxiliar na organização e registro de dados derivados da realização das atividades experimentais, de modo a deixar explícita a interação dos aspectos conceituais e metodológicos necessárias para a resolução dos problemas de caráter experimental, é o diagrama heurístico.¹⁷

O diagrama é considerado como uma das melhores estratégias para responder uma pergunta, ou seja, resolver um problema.¹⁸ Nessa perspectiva, no desenvolvimento da proposta de ensino utilizamos o diagrama heurístico, o qual julgamos adequado para ser utilizado como instrumento em propostas de ensino que envolvem a resolução de problemas por meio de experimentos.

Nesse viés, o presente artigo envolve a utilização do diagrama em aulas de caráter experimental planejadas em conformidade com o PBL, a fim de responder a seguinte questão de pesquisa: o diagrama heurístico pode colaborar para a construção de argumentos a partir da resolução de problemas de natureza experimental?

Face às considerações apresentadas, investigamos a ocorrência da argumentação por meio da análise de diagramas heurísticos construídos por graduandos em química a partir da resolução de problemas

*e-mail: kleanepaz@hotmail.com

Editor Associado responsável pelo artigo: Nyuara A. S. Mesquita

em atividades experimentais. Para isso, o Padrão de Argumento de Toulmin (*Toulmin's Argument Pattern*, TAP), foi utilizado como ferramenta analítica para identificar a estrutura dos argumentos produzidos, propiciando a reflexão sobre a estrutura do argumento e ajudando a evidenciar seus componentes, destacando a importância das relações lógicas entre eles, e a proposta de Osborne *et al.*,¹⁹ para a avaliação da qualidade desses argumentos.

METODOLOGIA

A pesquisa é de natureza qualitativa, do tipo estudo de caso, que consiste na observação minuciosa de um sujeito, um contexto ou um evento, podendo ocorrer em diferentes níveis, por exemplo, uma escola, uma turma, um grupo, uma atividade ou mesmo um aluno do qual o pesquisador se aproxima e observa.²⁰ O estudo foi realizado em uma disciplina de química de caráter experimental, oferecida em uma Instituição de Ensino Superior.

Contexto de aplicação da proposta

A pesquisa foi realizada em uma disciplina de Química Geral Experimental, oferecida ao curso de graduação em Química, a qual contava com 19 alunos matriculados. A disciplina (60 h) dispunha de quatro aulas semanais, cada uma com duração de uma hora, organizadas consecutivamente em apenas um turno.

Na primeira semana, o projeto, cujo delineamento metodológico da pesquisa teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Humana (CAAE: 43303115.9.0000.5214), foi apresentado aos graduandos. Após os discentes assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, um questionário aos voluntários da pesquisa foi aplicado, a fim de caracterizá-los. Além disso, foram fornecidas explicações sobre a proposta de ensino que seria desenvolvida sob os pressupostos do PBL durante o semestre letivo, como também informações referentes à construção do diagrama, especialmente sobre as características de cada categoria que o compõem.

Na semana seguinte, os estudantes foram divididos em grupos para o desenvolvimento das atividades experimentais de caráter investigativo. Cabe destacar que as atividades foram previamente planejadas conforme os preceitos do PBL. Para isso, inicialmente consideramos as orientações de Llorens-Molina,²¹ o qual infere que tais atividades devem ser planejadas de modo que o processo de resolução envolva: a exploração do problema; identificação de conhecimentos necessários para a solução; busca de informações e estudo; análise crítica e discussão de conhecimentos para aplicação na resolução do problema; reflexão do processo.

Desse modo, as atividades foram elaboradas e realizadas de forma a contemplar as etapas que caracterizam o PBL. Para tanto, tomamos como referência o trabalho de Laredo¹⁵ para a organização das atividades em três etapas: (i) pré-laboratório; (ii) laboratório; (iii) pós-laboratório. Assim, cada atividade experimental proposta na disciplina foi conduzida segundo essas três etapas, sendo a primeira e a terceira realizadas em horário extraclasse.

O pré-laboratório consistiu na apresentação da situação-problema relacionada ao tema da atividade experimental aos grupos. Na ocasião os grupos foram orientados sobre as fontes fidedignas para pesquisa. Cada grupo recebeu uma lista de materiais disponíveis para a realização do experimento e orientações para a elaboração do plano de ação para a solução do problema.

Na etapa de laboratório, cada grupo executou o seu plano de ação elaborado anteriormente para a solução da situação-problema de natureza experimental. Posteriormente, eles discutiram sobre os dados obtidos e possíveis interpretações que levariam à resolução do problema. A gerência do tempo ficou a critério dos grupos, todavia,

foram informados previamente que teriam quatro horas para o cumprimento dessa etapa.

No pós-laboratório os grupos discutiram seus resultados e construíram diagramas heurísticos com as informações teóricas e metodológicas referentes ao problema e sua solução. Cabe destacar que os temas das atividades experimentais foram selecionados levando em consideração os conteúdos programáticos da disciplina em pauta. Durante o semestre foram realizadas seis atividades experimentais, porém foram tomados como objeto de investigação os diagramas produzidos em duas delas: a primeira, intitulada "Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl", e a quarta, denominada "Acidez do vinagre". Na primeira os discentes se depararam com uma situação fictícia, na qual o responsável técnico de uma salina observou uma contaminação em um de seus tanques de evaporação com pedaços de vidro e ferro, além de traços de enxofre, cujas causas estavam relacionadas a um desmanche e abandono de carros no fundo de um lago marinho. Os alunos, assumindo o papel de analistas do Laboratório de Controle de Qualidade, deveriam propor um método de separação da mistura, com o menor custo operacional possível, a fim de obter apenas cloreto de sódio (NaCl).

Na segunda atividade, os graduandos, também exercendo o papel de analistas de um Laboratório de Controle de Qualidade, agora de uma indústria de vinagre, teriam que analisar amostras desse produto com o propósito de determinar se atendiam às especificações de qualidade, solicitadas previamente pelo Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC), após reclamação de uma consumidora que percebeu diferenças em relação ao odor e sabor comumente observados. Em todas as atividades foram fornecidas informações sobre os métodos relacionados, assim como os materiais disponíveis para a realização dos experimentos. A razão da escolha de tais atividades reside no momento em que foram realizadas, de modo a avaliar o progresso dos estudantes ao longo do processo.

Instrumento de coleta de dados

Conforme mencionado anteriormente, na etapa de pós-laboratório, os grupos construíram diagramas heurísticos para comunicar seus resultados e solução dos problemas. Desse modo, o diagrama foi utilizado na pesquisa como instrumento de coleta de dados.

O diagrama heurístico é oriundo de modificações do V de Gowin ou diagrama V, um instrumento proposto por Gowin para ajudar os estudantes a compreenderem melhor as investigações científicas.²² A adaptação do diagrama V foi realizada inicialmente por Chamizo e Izquierdo,^{23,24} os quais fizeram alterações no lado esquerdo (domínio teórico conceitual) do diagrama, de acordo com a abordagem filosófica de Toulmin a fim de avaliar as competências de pensamento científico de graduandos em química. Mais tarde, Chamizo,¹⁷ a fim de utilizá-lo como ferramenta para o ensino de história da ciência, fez alterações em seu formato e implementou a categoria "referências" no diagrama, como apresentado no Quadro 1.

O diagrama heurístico (Quadro 1) proposto por Chamizo¹⁷ (formato adotado nesta pesquisa) tem sido utilizado como ferramenta de ensino e aprendizagem em ambientes de ensino de química. Por exemplo, foi usado como ferramenta para facilitar a aquisição da competência argumentativa por estudantes de química,⁵ como mecanismo para uma avaliação formativa,²⁵ como instrumento metodológico e avaliativo em atividades experimentais pautadas no PBL,²⁶ além de ter sido reportado em trabalho direcionado à formação de professores.²⁷

Referencial de análise de dados

A fim de investigar o desenvolvimento da argumentação pelos estudantes a partir da realização das atividades experimentais,

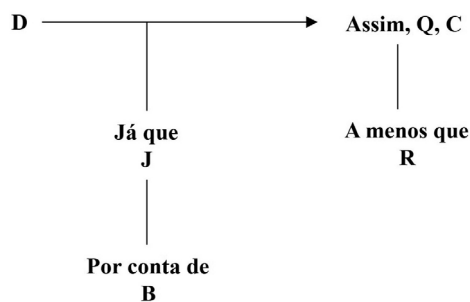
Quadro 1. Modelo do diagrama heurístico proposto por Chamizo¹⁷

TÍTULO: tema da pesquisa		PONTOS
FATOS: Informações obtidas e / ou observações sobre algum acontecimento no mundo que nos leva a fazer uma pergunta e que tem relação com o tema investigado		
QUESTÃO: Pergunta central da investigação, ou seja, declaração de uma investigação incidindo sobre os fatos		
CONCEITOS	METODOLOGIA	-
Aplicações Aplicações relacionadas à questão de investigação	Coleta de dados Procedimentos utilizados para obter informações relevantes à resolução da questão	
Linguagem Termos necessários para responder a questão	Processamento dos dados Organização dos dados e resultados em tabelas, gráficos, diagramas, de forma a resumir os dados obtidos	
Modelos Modelos Científicos	Resultados/análises dos dados O que foi obtido a partir do processamento dos dados	
CONCLUSÃO (RESPOSTA): Explicação de que atende a pergunta ao reunir os conceitos e a conclusão de metodologia		
REFERÊNCIAS: Livros, artigos de revistas, sites, consultados e utilizados em todas as etapas da investigação		
Avaliação		

analisamos a categoria “conclusão” dos diagramas heurísticos. A análise foi realizada de acordo com o modelo de Toulmin,²⁸ o qual estabelece critérios para analisar a estrutura dos argumentos elaborados sobre um determinado tema.

O Padrão de Argumento de Toulmin (*Toulmin's Argument Pattern*, TAP) é frequentemente utilizado como uma ferramenta analítica para avaliar a estrutura de argumentos produzidos em aulas de ciências, pois permite a reflexão sobre a estrutura do argumento e ajuda a evidenciar seus componentes, destacando a importância das relações lógicas entre eles.^{29,30}

O modelo apresenta vantagens consideráveis, uma vez que permite ao pesquisador reconstruir, estruturar e organizar o argumento confuso produzido pelos alunos a fim de obter uma visão geral do seu ponto de vista relacionada à situação discutida.³¹ Assim, o TAP é constituído pelo estabelecimento de seis elementos presentes no esquema da estrutura do argumento de Toulmin (Figura 1).

**Figura 1.** Esquema da estrutura do argumento de Toulmin²⁸

De acordo com Toulmin,²⁸ a estrutura elementar de um argumento apresenta três elementos fundamentais para ser válido: conclusão (C), dado (D) e justificativa (J). Contudo, um argumento mais

complexo deve apresentar qualificadores modais (Q), refutação (R) e *backing* (B). Assim, conforme indica a Figura 1, a estrutura do argumento de Toulmin pode ser interpretada como um dado (D) sustentado por uma justificativa (J) que, por sua vez, é apoiada por um *backing* (B) – fundamento científico que respalda a justificativa – permitindo a elaboração de uma conclusão (C). Essa conclusão pode ser fortalecida por um qualificador (Q) – que indica as circunstâncias para que a conclusão seja válida – e/ou contestada pela refutação (R) – condição para invalidar a conclusão garantida.

Cabe complementar que, na análise dos dados (D), também houve o uso da classificação proposta por Aleixandre.³² Segundo a autora, é possível distingui-los como dados fornecidos (DF), aqueles provenientes das informações do professor ou do material de apoio, e dados empíricos (DE), obtidos por meio de coletas, como a experimentação.

Para analisar a qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes foi empregada a estrutura analítica proposta por Osborne *et al.*,¹⁹ os quais utilizaram o TAP como indicador quantitativo e qualitativo para investigar a argumentação em discussões entre professores e alunos em ambientes de sala de aula. Na análise dos argumentos, os autores concluíram que o TAP era insuficiente para qualificar um argumento. Assim, propuseram 5 níveis de argumentação elaborados em observância aos elementos presentes na estrutura dos argumentos identificados previamente por meio do TAP, com o intuito de qualificá-los (Tabela 1).

Tabela 1. Níveis para qualificar um argumento segundo Osborne *et al.*¹⁹

Nível	Tipo de argumento
1	argumentos são uma simples conclusão <i>versus</i> a outra contra-conclusão, ou conclusão
2	argumentos consistem em uma conclusão <i>versus</i> a dados, justificativas ou <i>backings</i> , mas não apresenta nenhuma refutação
3	argumentos com uma série de conclusões ou contra-conclusões com dados, justificativas ou <i>backings</i> , com fracas refutações
4	argumentos com conclusões e uma clara refutação identificável. Tal argumento pode ter várias reivindicações e contra-reivindicações
5	argumentos completos que apresentam mais de uma refutação

Dessa forma, os níveis propostos por Osborne *et al.*¹⁹ expressos na Tabela 1 permitem classificar os argumentos de acordo com a frequência dos elementos do TAP e a qualidade deles. Na classificação da argumentação, os autores consideram que um argumento de maior qualidade é aquele que apresenta refutação, pois como observado, o nível da argumentação será acima de 2 se apresentar refutações ainda que fracas. Sobre isso, Sá *et al.*³³ afirmam que, de acordo com essa estrutura analítica, “um argumento que apresenta conclusão-dado-justificativa é menos sofisticado do que outro que tem conclusão-dado-justificativa-refutação”.

Portanto, para analisar a qualidade dos argumentos e, consequentemente, os níveis de argumentação dos estudantes, é necessário observar a frequência de conclusão, dados, justificativas, *backing* e refutação presentes na estrutura do argumento identificado previamente. Desse modo, os argumentos que apresentam maior frequência de combinação entre os elementos do TAP ou presença de refutações são considerados de maior qualidade e, consequentemente, mais complexos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para apresentação e discussão dos resultados, a categoria “conclusão” dos diagramas produzidos por três grupos de alunos (grupos A, B e C) foi analisada a partir das duas atividades experimentais

realizadas, inicialmente, por meio da identificação da estrutura dos argumentos com base no modelo de argumento proposto por Toulmin.²⁸ Cabe ressaltar que os alunos foram orientados a apresentar todos os aspectos pertinentes ao processo de resolução do problema, apresentando suas possíveis soluções, bem como suas considerações a respeito das mesmas.

Desse modo, na ocasião, os grupos receberam orientação de que a “conclusão” dos diagramas deveria reunir elementos presentes nas categorias “fatos”, “conceitos” e “metodologia” para responder à “questão” relacionada ao problema. Assim, teriam a oportunidade de elaborar argumentos com o intuito de defender a melhor solução para o problema, com base em fatos, conceitos e respaldo metodológico. Isso possibilitou a identificação dos componentes presentes no TAP e a construção das estruturas argumentativas, pois os elementos que constituem as categorias do diagrama estão relacionadas aos componentes do TAP. Por exemplo, os dados podem ser identificados nas categorias “fatos” e “metodologia (coleta e processamento de dados)”, enquanto os outros componentes nas categorias “conceitos” e “metodologia (análise dos resultados)”.

Na Figura 2 observa-se a estrutura do argumento produzido pelo grupo A na “conclusão” do diagrama referente à atividade experimental 1 (Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl).

De acordo com a Figura 2, o argumento do grupo A apresenta dados sobre misturas e seus processos de separação, como também sobre o procedimento experimental e os resultados obtidos, os quais podem ser classificados como dados fornecidos (D1 e D2), possivelmente obtidos de fontes bibliográficas, e dados empíricos (D3 e D4), adquiridos experimentalmente, de acordo com a caracterização de Alexandre³² para os dados elaborados. Esses dados (D) são apoiados por *backing* (B1), que corresponde a conhecimentos teóricos sobre misturas homogêneas e heterogêneas.

Nesse sentido, inferimos que por meio dos dados e *backing*, o grupo chegou às conclusões (C1, C2 e C3), concernentes aos processos de separação utilizados com a finalidade de obter o NaCl

(C1), os resultados obtidos (C2) e a importância dos processos de separação para a sociedade (C3). Contudo, o grupo não apresentou justificativa que sustentasse suas conclusões, o que sugere que o texto não se constitui como argumento de fato, corroborando o constatado por Zohar e Nemet,³⁴ os quais descreveram que enunciados sem justificativas não podem ser tratados como argumentos. Esses autores sugerem, ainda, que argumentos fracos apresentam apenas uma justificativa ou justificativas triviais; e argumentos fortes seriam aqueles que apresentam múltiplas justificativas para respaldar uma conclusão.

De modo semelhante, no trabalho de Silva e Nardi,³⁵ os quais buscaram apresentar discussões sobre a estrutura e a qualidade dos argumentos elaborados por professores de Química e Física sobre temas da Educação em Ciências, nos textos produzidos pelos professores não foram identificados justificativas para ancorar suas conclusões sobre o processo de ensino-aprendizagem, os quais não foram considerados argumentos na perspectiva de Toulmin.²⁸

No entanto, embora o enunciado apresentado seja insatisfatório do ponto de vista da estrutura proposta por Toulmin,²⁸ destacamos a coerência entre os elementos identificados: dados (D1, D2, D3 e D4), *backing* (B1) e conclusões (C1, C2 e C3). Sá *et al.*,³³ seguindo a vertente de Osborne *et al.*,¹⁹ propõem a análise dos argumentos a partir da repetição de elementos neles contidos, que sugere sua avaliação a partir da combinação de elementos presentes no argumento.

Ademais, nas conclusões produzidas pelo grupo (C1, C2 e C3) há a explicitação de que as medidas apontadas para a resolução do problema estavam relacionadas a métodos de separação de misturas mais simples e com menor tempo de execução, como foi observado em C1. Os estudantes citaram, ainda, contribuições da proposta experimental no reconhecimento da relevância dos conteúdos abordados (C3).

A seguir, a Figura 3 apresenta a estrutura do argumento produzido pelo grupo B referente à mesma atividade.

Conforme indica a Figura 3, o grupo B apresentou apenas dados na “conclusão” para a atividade experimental 1. Os dados (D1, D2 e D3) se referem exclusivamente à coleta e processamento dos dados,

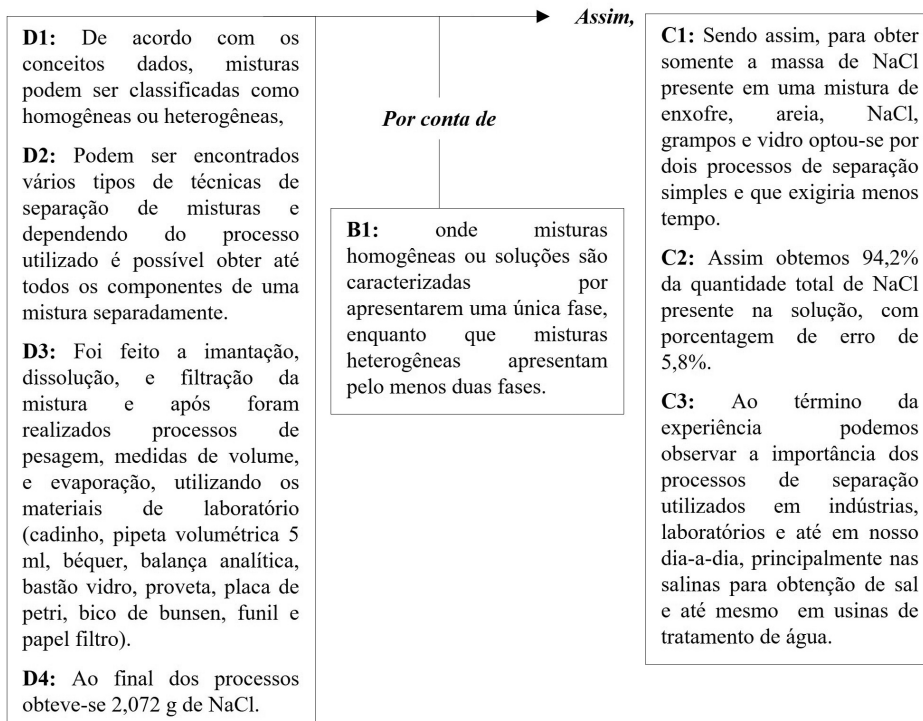


Figura 2. Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade experimental 1 (Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl) segundo o modelo de Toulmin²⁸

D1: Baseado no que sabemos sobre misturas e sua aplicação diária, utilizou-se das técnicas de separação para a obtenção do NaCl

D2: Inicialmente, filtrou-se a mistura heterogênea, na qual havia sido adicionado água, essa mistura além do NaCl que foi dissolvido na água, continha enxofre, areia, clipe metálico, vidro.

D3: Ao final da filtragem obteve-se uma solução de NaCl e água, ferveu-se a solução para que a água evaporasse deixando apenas o NaCl no bquer, este foi pesado com e sem sal para determinar a massa do sal.

Figura 3. Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade experimental 1 (Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl) segundo o modelo de Toulmin²⁸

classificados como dados empíricos,³² o que indica que o grupo teve dificuldade na estruturação de seu argumento, não apresentando elementos pertinentes a estrutura básica de classificação de um argumento, como justificativa e conclusão.²⁸ Dessa forma, o texto produzido pelo grupo B não é considerado como argumento, pois apresenta apenas uma descrição da atividade experimental, isto é, não houve a exposição de discussões, hipótese e conclusões a partir do que foi executado. Além disso, o grupo não apontou propostas de resolução do problema.

Tal resultado contrapõe o que está descrito na literatura, de que atividades experimentais investigativas possibilitam aos alunos a oportunidade de discussões, elaboração de hipóteses, análise dos dados, proposição de conclusões, desse modo, a argumentação.^{36,37} Logo, esperava-se que os grupos produzissem argumentos baseados na estrutura contemplada no modelo de Toulmin.²⁸

Com relação à pertinência das informações contidas nos dados, o grupo fez pouco uso dos conceitos trabalhados, citando apenas mistura heterogênea e solução, as quais foram usadas adequadamente no contexto. Assim, foram identificados dois conhecimentos básicos que serviram de suporte para os dados.

Na “conclusão” produzida pelo grupo C sobre a resolução do problema proposto, foi possível identificar os componentes mostrados na Figura 4.

Como pode ser observado na Figura 4, a “conclusão” produzida no diagrama do grupo C para a atividade 1 indica a presença de dados

empíricos, relacionados aos conhecimentos teóricos que utilizaram para a resolução do problema (D1), e a coleta e processamento dos dados durante a atividade experimental (D2, D3, D4 e D5), assim classificados segundo Aleixandre.³² Há, ainda, duas conclusões (C1 e C2): a primeira relacionada ao cumprimento dos objetivos estabelecidos para a atividade experimental e a segunda referente à importância das soluções e métodos de separação para a sociedade.

À semelhança do que foi observado no grupo A, no argumento do grupo C não foram identificadas justificativas. Verificamos apenas uma descrição do que foi executado na atividade experimental com uma linguagem técnica (D1, D2, D3, D4, D5), e conclusões pouco informativas sobre o que foi observado no experimento ou possíveis sugestões de soluções para o problema (C1, C2). Com relação ao conteúdo dos argumentos, não foram identificadas aplicações dos conteúdos citados no D1.

De modo geral, como mencionado, as “conclusões” apresentadas pelos grupos A, B e C não podem ser classificadas como argumentos, pois, para que sejam considerados como tal, deveriam apresentar os elementos básicos, como conclusão, dados e justificativa, na perspectiva de Toulmin.²⁸ No entanto, ainda que no modelo de Toulmin²⁸ não se levem em conta outras combinações dos componentes para classificar determinado enunciado como argumento, a combinação de elementos apresentada pelo grupo A na sua conclusão é reconhecida como válida, uma vez que fizeram uso de conhecimentos básicos (*backings*) para sustentar seus dados e apoiar a conclusão.

D1: Para obtenção dos resultados foram utilizados conhecimentos tais como: Teoria de Arrhenius, polaridade, separação de misturas, densidade e proporção afim de serem observadas as alterações macro e microscópicas ao longo do experimento.

D2: Dessa forma para se separa o NaCl da mistura foi, inicialmente, imantado as peças metálicas da mistura heterogênea, em seguida foram adicionados 90 mL de água afim de dissolver o sal e melhor visualizar o sistema.

D3: Filtrou-se a mistura (97 mL) com o auxílio do funil e do bquer (capacidade de 100 mL) obtendo-se uma solução aquosa de NaCl com 87,5 mL.

D4: Com a ajuda da pipeta volumétrica (graduada 5 mL) pipetou-se 10 mL do filtrado no cadinho e destilou-se a amostra.

D5: Ao fim do experimento pesou-se, utilizando a balança analítica, a massa de sal da amostra pipetada (0,214 g) e com cálculos estequiométricos foi definida a massa total do filtrado.

Assim,

C1: Com isso, ao fim da prática os objetivos foram cumpridos, ou seja, separou-se o máximo possível de NaCl.

C2: Com tudo isso se observa a importância das soluções e métodos de separação para a sociedade.

Figura 4. Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade experimental 1 (Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl) segundo o modelo de Toulmin²⁸

Isso está relacionado com o proposto por Osborne *et al.*,¹⁹ que sugerem a avaliação do argumento a partir das combinações dos elementos sugeridos no Modelo de Argumento de Toulmin,²⁸ assim, argumentos que apresentam a combinação de diferentes elementos são avaliados como mais complexos, em contraste com aqueles que se constituem de uma menor variedade de elementos.

Na Figura 5 observa-se a estrutura do argumento produzido na “conclusão” do diagrama 2 pelo grupo A, referente à atividade experimental sobre a acidez do vinagre.

No esquema do argumento ilustrado na Figura 5 podem ser observados dados fornecidos (D1, D2, D3 e D5), os quais dizem respeito a definições sobre ácidos, bases e vinagre, e dados empíricos (D4 e D6), que trazem informações sobre o método de análise e resultados obtidos por meio da coleta dos dados. Esses dados são respaldados por *backings* (B1, B2 e B3) pertinentes a conceitos de ácidos e bases.

Foram também identificadas três conclusões (C1, C2 e C3) sobre a resolução da atividade experimental. Vale lembrar que o problema proposto na atividade experimental 2 envolvia a análise química de amostras de vinagre a fim de investigar se o produto adquirido por uma consumidora atendia às especificações de qualidade. Por conseguinte, os alunos do grupo A, em suas conclusões, emitiram juízos de valor, especialmente relacionados a questões éticas, quando propuseram

que a empresa realizasse análises em todos os lotes de vinagre a fim de evitar prejuízos a outros consumidores, como também venha a ressarcir-la, uma vez que poderia ter tido problemas de saúde devido ao teor de ácido acético não estar dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (C1, C2).

Esse fato demonstra que os alunos trataram o problema de maneira abrangente, fazendo uso de aspectos teóricos (conceitos) e metodológicos (procedimentos experimentais) para chegar a conclusões e buscar respostas para um problema que pode ocorrer com a população em geral, tendo em vista o consumo corriqueiro de vinagre.

De modo semelhante ao que foi elaborado no experimento 1, os estudantes não elaboraram justificativas em seus argumentos, no entanto, apresentaram três *backings* para apoiar os dados apresentados, atribuindo maior validação ao seu argumento e maior qualidade.³³ E ainda, verifica-se que apresenta uma conclusão (C1) relacionada ao dado D5 que se refere à identificação do problema; duas conclusões (C2 e C3) voltadas às ações posteriores à resolução do problema apresentadas em D6; e os *backings* (B1, B2 e B3) referentes às informações contidas em D1, D2 e D3, nas quais foram identificadas diferentes concepções alternativas acerca do conteúdo de ácidos e bases.

A seguir, a Figura 6 apresenta a estrutura do argumento produzido

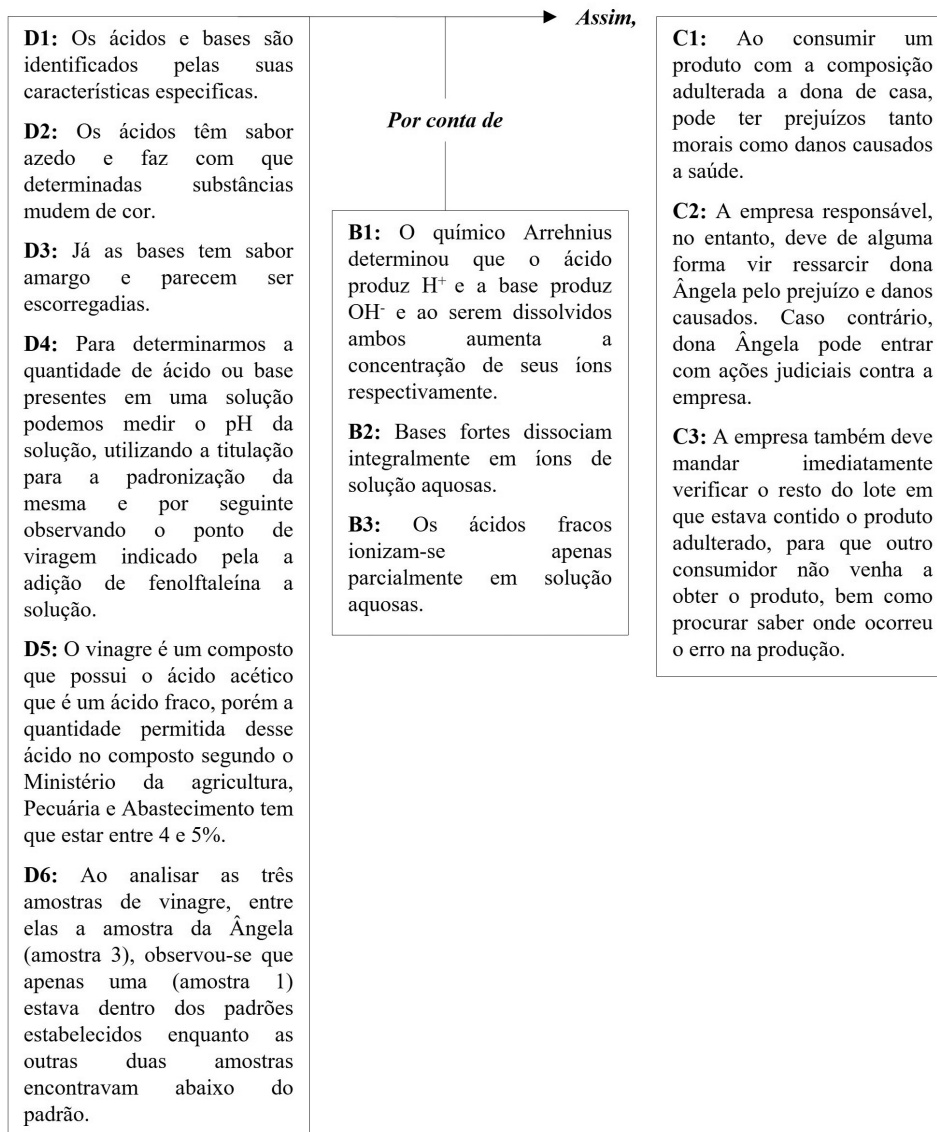


Figura 5. Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin²⁸

pelo grupo B na “conclusão” do diagrama referente à atividade experimental 2 (Acidez do vinagre).

Como é possível verificar a partir da Figura 6, o grupo B produziu um argumento com os componentes dados, justificativa e conclusão, elementos estes considerados por Toulmin²⁸ como fundamentais na estrutura de um argumento, diferente do que foi apresentado no problema 1, em que foram apresentados apenas dados (Figura 3).

No referido argumento não foram identificados dados fornecidos, apenas um dado empírico (D1), sobre o método de titulação para obter a massa da amostra analisada, uma justificativa (J1), relacionada à escolha do método utilizado na análise das amostras, levando às três conclusões (C1, C2 e C3) propostas: na primeira os estudantes sugeriram que a empresa fizesse um controle preciso da qualidade em seus produtos (C1), na segunda os alunos sugeriram que o profissional adequado para esse trabalho seria um químico

analítico (C2), e na terceira assentaram que tais medidas é que poderiam garantir o controle de qualidade (C3). Isto permite inferir que o grupo forneceu um argumento técnico para o problema proposto, se restringindo apenas às análises das amostras, não emitindo juízo de valor com relação ao problema da consumidora, o que não invalida seu argumento.

Com relação à qualidade do argumento, nota-se um argumento estruturado e com informações interligadas, oferecendo correlação entre dado, justificativa e conclusões, em que as conclusões (C2 e C3) apontam para o dado e a justificativa apresentada, a fim de propor um método de prevenção do problema apresentado. Dessa feita, o argumento pode ser avaliado como adequado de acordo com Toulmin²⁸ e Sá *et al.*³³

Na Figura 7, pode-se observar o esquema do argumento produzido pelo grupo C para a mesma atividade.

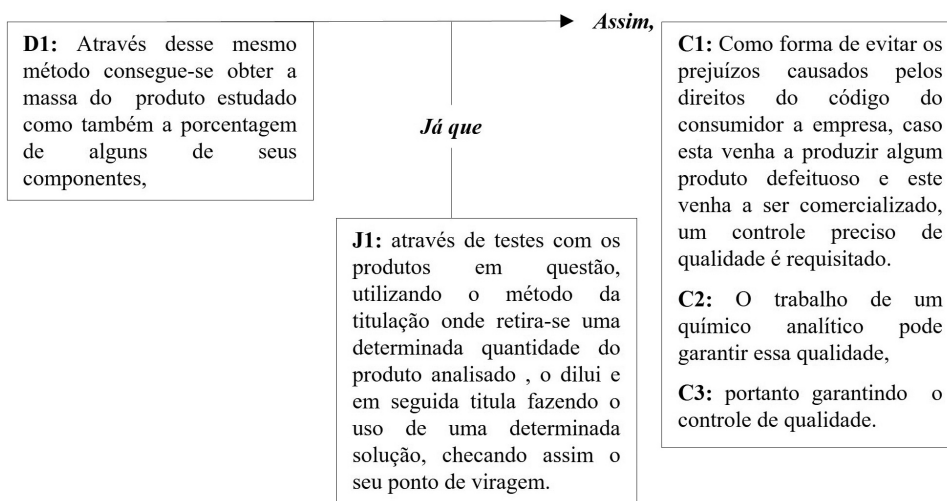


Figura 6. Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin²⁸

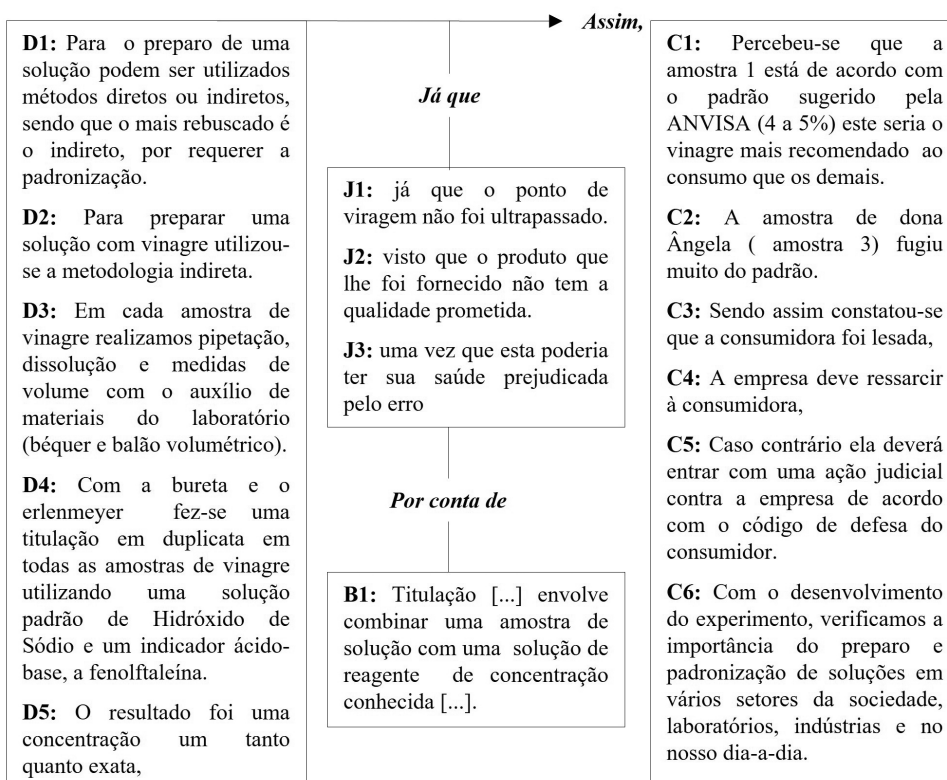


Figura 7. Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin²⁸

Como exposto na Figura 7, o grupo C apresentou na “conclusão” de seu diagrama: um dado fornecido sobre o preparo e padronização de solução (D1); dados empíricos sobre a metodologia utilizada para investigar o teor de ácido acético nas amostras de vinagre (D2, D3, D4 e D5), sustentados por justificativas (J1, J2 e J3) sobre o método de análise, a qualidade do vinagre, e sua influência na saúde da consumidora; apoiadas por um *backing* (B1), conhecimento básico sobre o método de análise utilizado. Com isso, o grupo produziu seis conclusões sobre a resolução do problema, referentes à análise das amostras (C1 e C2), outras com a emissão de juízos de valor sobre a situação de dona Ângela, com a constatação de que a amostra de vinagre da consumidora estava fora dos padrões de qualidade (C3, C4 e C5), e sobre a relevância dos métodos de análise usados (C6).

Dessa forma, o argumento é válido dentro da proposta de Toulmin,²⁸ pois apresenta elementos básicos para isso, além de apresentar um *backing* para corroborar sua justificativa, apresentando-se como o argumento mais complexo entre os demais argumentos produzidos. Logo, a ocorrência e a frequência de diferentes elementos conferem maior qualidade ao argumento produzido, ainda que não tenham sido identificados outros elementos que enriqueceriam o argumento, como qualificador modal e refutação.³³

Na pesquisa desenvolvida por Sá e Queiroz,³⁸ que investigou a aplicação de casos investigativos para a promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no ensino superior de química, nos argumentos produzidos pelos estudantes, foram identificadas estruturas semelhantes ao que foi observado no argumento elaborado pelo grupo C, nos quais foi observada a presença de elementos básicos do argumento, além de diferentes combinações entre eles, conferindo maior coerência e qualidade aos argumentos.

Nesse sentido, no argumento observado na Figura 7, considerado o mais complexo com relação aos dos demais grupos, verifica-se que o grupo apresentou duas conclusões relacionadas à solução do problema, isto é, C1 está relacionada a D5, com as constatações obtidas do experimento, consequentemente relacionados à resolução do problema; assim como J2 e J3, relacionadas às conclusões C2 e C3, respectivamente. Vale ressaltar que C6 aponta aquilo que foi citado em D1, ou seja, após concluir sobre a identificação do problema, o grupo apresentou a relevância da temática abordada na atividade experimental, como aplicação e implicações sociais do tema, ratificando o que é esperado dentro do ensino das ciências: a capacidade de aplicação dos conteúdos no contexto social.³⁹

Ao analisar a solução apontada pelos grupos para resolver o problema relacionado a atividade experimental (acidez do vinagre), as equipes (A, B, C) chegaram à mesma conclusão: indicaram a titulação como opção para resolver o problema, os quais demonstraram compreender a técnica para sua execução e obtenção de resultados.

Com a análise das “conclusões” produzidas pelos grupos no diagrama referente à atividade experimental 2 constata-se que todos os grupos conseguiram elaborar argumentos válidos, embora no argumento produzido pelo grupo A tenham sido identificados apenas dados, *backings* e conclusão, cuja combinação não é considerada própria de um argumento segundo o modelo de Toulmin.²⁸ O grupo B produziu um argumento básico com os elementos fundamentais, dado, justificativa e conclusão, e o grupo C produziu um argumento considerado mais complexo, com dados, justificativas, conclusões e *backings*.

A partir da metodologia proposta por Osborne *et al.*,¹⁹ com relação às combinações dos componentes, e de Sá *et al.*,³³ quanto à frequência desses componentes, foi possível verificar que os resultados da análise da estrutura dos argumentos sugerem que, embora os grupos tenham apresentado dificuldades na produção do primeiro argumento, referente à atividade experimental 1, os três grupos obtiveram uma evolução na construção dos argumentos ao longo do processo de aprendizagem. Esta evolução pode ser verificada de modo detalhado na Tabela 2, em que estão explicitados os componentes presentes na estrutura dos argumentos das atividades 1 e 2 elaborados pelos grupos A, B e C.

A partir da Tabela 2 é possível verificar que o grupo A apresentou a mesma estrutura de argumento nos diagramas produzidos para as atividades 1 e 2, contudo, percebeu-se, ainda, uma evolução de uma atividade para a outra, uma vez que os alunos apresentaram no segundo argumento (Figura 5) uma quantidade maior de *backings*, sendo considerado um argumento mais complexo na perspectiva de Toulmin²⁸ e, consequentemente, de melhor qualidade, pois, de acordo com Sá e Queiroz,³⁸ as combinações que possuem um maior número de componentes são típicas de um argumento mais bem elaborado.

Uma evolução mais evidente, ainda, está presente na estrutura dos argumentos produzidos pelo grupo B, pois, no primeiro diagrama não conseguiu produzir um argumento válido segundo os preceitos de Toulmin,²⁸ o qual apresentava apenas dados (Figura 3), para o qual o grupo apresentou uma construção aquém do esperado, devido a ausência de aspectos conceituais relevantes para o entendimento da atividade e fundamentação teórica do diagrama. No diagrama 2, por outro lado, o grupo apresentou os elementos fundamentais na estrutura de seu argumento (Figura 6).

De modo semelhante, o grupo C, de acordo com a Tabela 2, demonstrou evolução nos argumentos elaborados para as atividades, partindo de uma estrutura CD para CDJB, isto é, no experimento 2 houve a elaboração de três justificativas e um *backing* que conferiu maior qualidade ao argumento em questão. Portanto, verificou-se melhorias consideráveis nos argumentos produzidos pelos alunos.

Consideramos que essa melhoria faz parte de um processo de tomada de consciência em relação ao diagrama heurístico, uma vez que permite aos estudantes explorarem aspectos conceituais e metodológicos necessários à construção de argumentos. Dessa forma, à proporção que os discentes compreendem os significados de cada um dos elementos que constituem o diagrama e o significado da articulação entre os mesmos, há melhoria nos diagramas²² e, consequentemente, nas estruturas dos argumentos.

Assim, à medida que os grupos construíram diagramas de melhor qualidade, com respostas mais elaboradas, apresentaram argumentos em cujas estruturas foi possível identificar maior número de componentes. Este aspecto sinaliza uma evolução na competência argumentativa dos alunos, evidenciada pela metodologia proposta por Osborne *et al.*,¹⁹ que nos permitiu vislumbrar a qualidade dos argumentos apresentados pelos grupos na “conclusão” dos diagramas heurísticos, a maioria deles apoiados com justificativas e/ou *backings*.

Logo, podemos sugerir que o diagrama heurístico se revelou um instrumento adequado em atividades experimentais pautadas na PBL, pois permitiu identificar informações sobre como os estudantes realizaram a coleta, o tratamento e interpretação dos dados para a obtenção dos resultados, a construção de conclusões a partir desses aspectos, a identificação de conceitos adequados e o reconhecimento

Tabela 2. Componentes presentes na estrutura dos argumentos dos grupos A, B e C referentes às atividades experimentais 1 e 2

Descrição das atividades	Grupo A	Grupo B	Grupo C
1 Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl	CDB ^a	D ^b	CD ^c
2 Acidez do vinagre	CDB ^a	CDJ ^d	CDJB ^e

^aConclusões-dados-*backings*; ^bdados; ^cconclusões-dados; ^dconclusões-dados-justificativas; ^econclusões-dados-justificativas-*backings*.

de fatos que auxiliaram na compreensão do problema proposto em cada atividade. Assim, com a análise dos diagramas produzidos podemos inferir que o instrumento heurístico favoreceu a estruturação de argumentos, uma vez que o seu processo de construção possibilitou a elaboração de componentes presentes no TAP, os quais permitem identificar argumentos válidos conforme Toulmin.²⁸

CONCLUSÕES

De modo geral, com a análise dos diagramas elaborados pelos grupos, verificamos que embora alguns não tenham apresentado argumentos válidos de acordo Toulmin,²⁸ a partir da análise das combinações e frequências dos componentes presentes em cada estrutura^{19,33} podemos inferir que argumentos foram construídos por meio da resolução dos problemas propostos. Além disso, com a análise dos diagramas, constatamos um princípio de compreensão pelos discentes sobre os aspectos teóricos e metodológicos envolvidos nas atividades pertinentes a resolução dos problemas.

Tais resultados indicam que o diagrama se revelou um instrumento adequado para o registro das atividades experimentais estudadas, como também um bom artifício na construção e avaliação da argumentação, habilidade estimulada pela natureza investigativa da proposta. Ademais, embora houvesse outros fatores que influenciaram na construção dos argumentos, o diagrama heurístico facilitou a elaboração e melhoria dos argumentos, pelo fato de direcionar os estudantes para a sua produção, pois, a “conclusão” foi construída pela interação dos elementos/categorias que compõem o diagrama.

Assim como observado por Campillo e Chamizo Guerrero,⁵ os dados indicam que os alunos demonstraram habilidades na preparação dos diagramas que lhes permitiram compreender, ordenar e estruturar os diferentes componentes que constituem o TAP. Logo, os resultados nos permitem sugerir que a construção dos diagramas heurísticos durante a resolução dos problemas propostos nas atividades experimentais contribuiu para a produção de argumentos pelos graduandos.

Portanto, os resultados das análises dos diagramas respaldam a relevância das atividades experimentais pautadas no PBL, as quais podem proporcionar ambientes profícuos para a produção de elementos que conduzem ao desenvolvimento da capacidade argumentativa dos discentes, evidenciado no progresso da qualidade dos argumentos produzidos pelos grupos identificados nos diagramas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos alunos que participaram do estudo. Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

REFERÊNCIAS

1. Campaner, G.; De Longhi, A. L.; *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2007**, *6*, 442. [Link] acessado em Julho 2024
2. Çoban, G. Ü.; *Journal of Baltic Science Education* **2013**, *12*, 271. [Crossref]
3. Sasseron, L. H.; Carvalho, A. M. P.; *Ciência & Educação* **2014**, *20*, 393. [Crossref]
4. Lourenço, A. B.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2020**, *43*, 1333. [Crossref]
5. Campillo, Y. P.; Chamizo Guerrero, J. A.; *Ciência & Educação* **2013**, *19*, 499. [Crossref]
6. Lamim, A. R. S.; Queiroz, S. L.; *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2022**, *21*, 374. [Link] acessado em Julho 2024
7. Bertelle, A.; Rocha, A.; Domínguez Castiñeiras, J. M. D.; *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **2014**, *11*, 114. [Link] acessado em Julho 2024
8. Cetin, P. S.; *Research in Science & Technological Education* **2014**, *32*, 1. [Crossref]
9. Souza, N. S.; Cabral, P. F. O.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova Esc.* **2015**, *37*, 95. [Crossref]
10. da Silva, L. G.; Francisco, W.; *EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação* **2018**, *5*, 112. [Crossref]
11. Cabral, P. F. O.; Souza, N. S.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2017**, *40*, 1121. [Crossref]
12. Selbach, A. L.; Daniel, D. P.; Ribeiro, D. C. A.; Passos, C. G.; *Quim. Nova Esc.* **2021**, *43*, 38. [Crossref]
13. de Lima, M. S.; Queiroz, S. L.; *J. Chem. Educ.* **2024**, *101*, 467. [Crossref]
14. Seferian, A. E.; *Educ. Quim.* **2010**, *21*, 254. [Crossref]
15. Laredo, T.; *J. Chem. Educ.* **2013**, *90*, 1151. [Crossref]
16. Katchevich, D.; Hofstein, A.; Mamlok-Naaman, R.; *Research in Science Education* **2013**, *43*, 317. [Crossref]
17. Chamizo, J. A.; *Science & Education* **2012**, *21*, 745. [Crossref]
18. Chamizo, J. A.; *Habilidades de Pensamento Científico: Los Diagramas Heurísticos*; FQ-UNAM: México, 2017.
19. Osborne, J.; Erduran, S.; Simon, S.; *J. Res. Sci. Teach.* **2004**, *41*, 994. [Crossref]
20. Mól, G. S.; *Revista Pesquisa Qualitativa* **2017**, *5*, 495. [Link] acessado em Julho 2024
21. Llorens-Molina, J. A.; *Quim. Nova* **2010**, *33*, 994. [Crossref]
22. Mendonça, M. F. C.; Cordeiro, M. R.; Kiill, K. B.; *Quim. Nova* **2014**, *37*, 1249. [Crossref]
23. Chamizo, J. A.; Izquierdo, M.; *Educ. Quim.* **2007**, *18*, 6. [Crossref]
24. Chamizo, J. A.; Izquierdo, M.; *Quim. Nova Esc.* **2008**, *27*, 4. [Link] acessado em Julho 2024
25. Chamizo, J. A.; García-Franco, A.; *Teachers and Teaching: Theory and Practice* **2013**, *19*, 135. [Crossref]
26. Paz, C. C.; Magalhães, J. L.; Ferreira, L. N. A.; *Quim. Nova Esc.* **2020**, *42*, 166. [Crossref]
27. Chamizo, J. A.; García, J. C.; *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* **2020**, *17*, 1601. [Link] acessado em Julho 2024
28. Toulmin, S. E.; *Os Usos do Argumento*, 2ª ed.; Martins Fontes: São Paulo, 2006.
29. Brito, J. Q. A.; Sá, L. P.; *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2010**, *9*, 505. [Link] acessado em Julho 2024
30. de Oliveira, J. R. S.; Batista, A. A.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2010**, *33*, 1980. [Crossref]
31. Nielsen, J. A.; *Research in Science Education* **2013**, *43*, 371. [Crossref]
32. Jiménez Aleixandre, M. P.; *Enseñanza de las Ciencias* **1998**, *16*, 203. [Link] acessado em Julho 2024
33. Sá, L. P.; Kasseboehmer, A. C.; Queiroz, S. L.; *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* **2014**, *16*, 147. [Crossref]
34. Zohar, A.; Nemet, F.; *J. Res. Sci. Teach.* **2002**, *39*, 35. [Crossref]
35. Silva, A. C. T.; Nardi, R.; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* **2019**, *12*, 94. [Crossref]
36. Suart, R. C.; Marcondes, M. E. R.; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2008**, *8*, 2. [Link] acessado em Julho 2024
37. Bernard, R. A.; Suart, R. C.; Souza, J. A.; *Revista Debates em Ensino de Química* **2023**, *9*, 294. [Crossref]
38. Sá, L. P.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 2035. [Crossref]
39. Marcondes, M. E. R.; *Em Extensão* **2008**, *7*, 67. [Crossref]

