



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA



CLEANE DA COSTA PAZ

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PAUTADAS NA PBL PARA A PROMOÇÃO DA
ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA**

TERESINA

2016

CLEANE DA COSTA PAZ

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PAUTADAS NA PBL PARA A PROMOÇÃO DA
ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química,
da Universidade Federal do Piauí como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira

TERESINA

2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do CCN

P348a Paz, Cleane da Costa.
Atividades experimentais pautadas na PBL para a promoção da argumentação no ensino superior de química / Cleane da Costa Paz. – Teresina, 2016.
158f. il. Color

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Química, 2016.
Orientadora: Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira.

1. Química – Estudo e Ensino. 2. Química – Investigação e Experiências. 3. *Problem Based Learning* - PBL. 4. Diagrama Heurístico. I. Título.

CDD 540.72

CLEANE DA COSTA PAZ

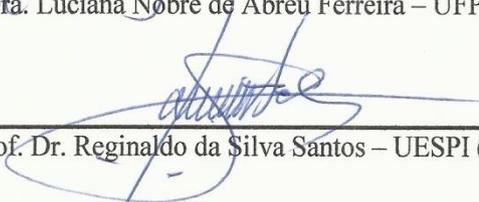
**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PAUTADAS NA PBL PARA A PROMOÇÃO DA
ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Química, da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira – UFPI (Presidente)



Prof. Dr. Reginaldo da Silva Santos – UESPI (Titular)



Prof. Dr. Janildo Lopes Magalhães – UFPI (Titular)

Prof. Dr. Geraldo Eduardo da Luz Junior – UESPI (Suplente)

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Deus, à minha família e a todos aqueles que contribuíram para a minha formação profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre guiar e proteger todos os passos da minha vida e nunca me deixar desistir;

Ao Programa de Pós-Graduação em Química, da Universidade Federal do Piauí, pelo apoio institucional;

À CAPES, pela bolsa concedida;

À Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira, por sua dedicação, compreensão, paciência e generosidade em compartilhar seus conhecimentos;

Ao Prof. Dr. Janildo Lopes Magalhães, pela contribuição significativa no desenvolvimento do trabalho de pesquisa;

Ao Departamento de Química da Universidade Federal do Piauí, especialmente aos técnicos Jairton e Leandro, pelo suporte na realização da pesquisa;

Aos alunos da disciplina de Laboratório de Química Experimental, dos períodos de 2014.2 e 2015.1, do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza;

Aos alunos da disciplina de Química Geral Experimental, do período de 2015.1 do curso de Bacharelado em Química;

Aos meus avós, Maria da Conceição Costa e Francisco Gaspar Sobrinho, pela educação que me proporcionaram, a qual contribuiu e contribui para a minha formação;

À minha mãe, Marta Tereza da Costa Paz, pela vida, amor e carinho;

Aos meus irmãos, Clayton, Cledilson, Cleilson e Cleilton, especialmente ao Clayton Roberto da Costa Paz, pelo apoio e companheirismo;

À Maria Ducarmo (Dona Duca), pelo incentivo, apoio, carinho e confiança;

Aos meus tios, Maria Jandira Costa, Antonia Elda Costa e Edicarlos Mendes; e aos primos, Zig Marley e Nádila Marley, pelo apoio e carinho;

Ao Gilvan Moreira da Paz, pelo incentivo, apoio e carinho;

Aos meus amigos: Douglas Sousa, Iuri Almeida, Ivan Lourenço, Jéssika Kaline, Laíse Macêdo, Luciana Mendes, Marluce Miranda, Milton Falcão, Nielson Furtado, Patricia Pitombeira e Tiago Linus, pelo apoio e companheirismo;

A todos aqueles que contribuíram diretamente e/ou indiretamente para a realização e conclusão deste trabalho.

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito”.

Martin Luther King

RESUMO

PAZ, C. C. **Atividades experimentais pautadas na PBL para a promoção da argumentação no ensino superior de química.** 2016. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

Atividades experimentais têm sido referidas em pesquisas da área de educação em ciências como importante recurso metodológico no tratamento de conceitos teóricos e no desenvolvimento de habilidades relevantes à formação dos alunos, especialmente se permitem aos discentes relacionarem conhecimentos teóricos e metodológicos. Nesse sentido, a Aprendizagem Baseada em Problemas-*Problem Based Learning* (PBL) tem sido proposta na literatura como um meio para o desenvolvimento de tais habilidades, pois criam oportunidades para os educandos conhecerem e praticarem a investigação científica e apreenderem conceitos científicos. Tais características são de particular interesse para o desenvolvimento do presente trabalho, uma vez que situações dessa natureza podem favorecer a ocorrência de argumentação em aula, por propiciarem espaços para a interação comunicativa e o confronto de diferentes saberes e perspectivas dos sujeitos envolvidos, possibilitando reflexão crítica. Assim, temos como objetivos desenvolver, aplicar e analisar atividades experimentais planejadas em conformidade com a PBL, com o intuito de promover a argumentação em ambientes de ensino de química no nível superior. Para tanto, utilizamos o diagrama heurístico proposto por Chamizo para a organização e registro das atividades experimentais, uma vez que podem auxiliar no desenvolvimento da compreensão conceitual e metodológica das atividades realizadas. Para avaliar a qualidade dos diagramas produzidos pelos estudantes, buscamos subsídios em tabela de pontuação proposta pelo mesmo autor. Na identificação e análise da estrutura dos argumentos produzidos utilizamos o modelo proposto por Toulmin e os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne para qualificar os argumentos. Os resultados evidenciaram as contribuições do diagrama, pois permitiu verificar aspectos concernentes à construção do conhecimento pelos alunos, bem como as dificuldades enfrentadas em sua elaboração, o que influenciou diretamente no desenvolvimento da argumentação. Na análise dos argumentos produzidos foram identificados dados fornecidos e empíricos, fundamentados com conhecimentos teóricos, sugerindo a interação entre os aspectos teóricos e metodológicos envolvidos nas atividades. As conclusões obtidas a partir da análise das percepções dos alunos indicaram que houve uma boa receptividade dos estudantes com relação à proposta de ensino. Os resultados nos permitem concluir que a proposta de atividades experimentais pautadas na PBL, aliadas ao uso do diagrama heurístico, revelou-se proveitosa para o ensino de química por meio da experimentação, bem como se mostrou potencialmente favorável à produção de argumentos pelos estudantes.

Palavras-Chave: argumentação. atividades experimentais. diagrama heurístico. ensino superior de química. PBL.

ABSTRACT

PAZ, C. C. **Experimental activities based in PBL to the promotion of argument in the undergraduate chemistry teaching**. 2016. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.

Experimental activities have been reported at research in science education as an important methodological resource in the approach of theoretical concepts and the development of relevant skills to the formation of the students, especially if it allows the students relate theoretical and methodological knowledge. In this sense, the Problem Based Learning (PBL) has been proposed in the literature as a means to the development of such skills, since it creates opportunities for the students to know and practice the scientific investigation and learn scientific concepts. These features are of particular interest for the development of this work, since such situations may favor the occurrence of argumentation in class, providing spaces for communicative interaction and confrontation of different knowledge and perspectives of those involved, enabling critical reflection. Thus, we aim to develop, implement and analyze experimental activities planned in accordance with the PBL, in order to promote argumentation in chemistry teaching environments at higher education. Therefore, we use the heuristic diagram proposed by Chamizo for the organization and recording of experimental activities, as it can assist in the development of conceptual and methodological understanding of the performed activities. To assess the quality of the diagrams produced by the students, we sought subsidies in point tables proposed by the same author. In the identification and analysis of the structure of the produced arguments we used the model proposed by Toulmin and the levels proposed by Erduran, Simon and Osborne to qualify the arguments. The results showed the contributions of the diagram, as it allowed verification of aspects concerning the construction of knowledge by the students, as well as the difficulties faced in its elaboration, which directly influenced in the development of argumentation. In the analysis of the arguments produced were identified provided and empirical data, based on theoretical knowledge, suggesting the interaction between the theoretical and methodological aspects involved in the activities. The conclusions derived from the analysis of the perceptions of the students indicated that there was a good response from the students regarding the teaching proposal. The results allow us to conclude that the proposed experimental activities guided by the PBL, combined with the use of the heuristic diagram, proved itself fruitful for chemistry teaching through experimentation, as it showed itself potentially favorable to the production of arguments by the students.

Keywords: argumentation. experimental activities. heuristic diagram. undergraduate chemistry teaching. PBL.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frequência das principais estratégias adotadas nos trabalhos concernentes à PBL no ensino de química	27
Figura 2 - Frequência dos principais objetivos traçados concernentes à PBL no ensino de química	31
Figura 3 - Frequência das principais considerações apresentadas pelos pesquisadores a respeito das propostas de ensino pautadas na PBL no ensino de química	33
Figura 4 - Frequência das principais estratégias didáticas utilizadas nos trabalhos desenvolvidos sobre a argumentação no ensino de química	39
Figura 5 - Frequência dos principais objetivos observados nos trabalhos desenvolvidos sobre a argumentação no ensino de química	43
Figura 6 - Frequência das principais considerações dos pesquisadores a respeito das propostas de ensino sobre a argumentação no ensino de química.....	46
Figura 7 - Diagrama Heurístico proposto por Chamizo (2012)	55
Figura 8 - Esquema da estrutura do argumento de Toulmin (2006)	57
Figura 9 - Pontuações dos diagramas heurísticos dos grupos da turma 1	75
Figura 10 - Pontuações dos diagramas heurísticos dos grupos da turma 2	76
Figura 11 - Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade 1 (<i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	79
Figura 12 - Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade 1 (<i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	80
Figura 13 - Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade 1 (<i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	81
Figura 14 - Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade 2 (<i>Acidez do vinagre</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006)	82
Figura 15 - Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade 2 (<i>Acidez do vinagre</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006)	83
Figura 16 - Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade 2 (<i>Acidez do vinagre</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006)	84

Figura 17 - Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade 3 (<i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	85
Figura 18 - Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade 3 (<i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	86
Figura 19 - Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade 3 (<i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	87
Figura 20 - Esquema do argumento do grupo D produzido na resolução da atividade 1 (<i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	88
Figura 21 - Esquema do argumento do grupo E produzido na resolução da atividade 1 (<i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	89
Figura 22 - Esquema do argumento do grupo F produzido na resolução da atividade 1 (<i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	90
Figura 23 - Esquema do argumento do grupo D produzido na resolução da atividade 2 (<i>Acidez do vinagre</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	91
Figura 24 - Esquema do argumento do grupo E produzido na resolução da atividade 2 (<i>Acidez do vinagre</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	92
Figura 25 - Esquema do argumento do grupo F produzido na resolução da atividade 2 (<i>Acidez do vinagre</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	93
Figura 26 - Esquema do argumento do grupo D produzido na resolução da atividade 3 (<i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	94
Figura 27 - Esquema do argumento do grupo E produzido na resolução da atividade 3 (<i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	95
Figura 28 - Esquema do argumento do grupo F produzido na resolução da atividade 3 (<i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>), segundo o modelo de Toulmin (2006).....	96

Figura 29 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 sobre as atividades experimentais realizadas	103
Figura 30 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 sobre as atividades experimentais realizadas	105
Figura 31 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 sobre os níveis de dificuldades apresentados na elaboração do diagrama heurístico.....	106
Figura 32 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 sobre os níveis de dificuldades apresentados na elaboração do diagrama heurístico.....	107
Figura 33 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada	108
Figura 34 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada	110
Figura 35 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada	112
Figura 36 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Revistas consultadas no Portal de Periódico Capes	26
Tabela 2 - Critérios de pontuação do diagrama heurístico	56
Tabela 3 - Níveis para qualificar um argumento	59
Tabela 4 - Avaliação dos diagramas heurísticos elaborados na turma 1 a partir das atividades experimentais.....	62
Tabela 5 - Avaliação dos diagramas heurísticos elaborados na turma 2 a partir das atividades experimentais.....	68
Tabela 6 - Componentes presentes na estrutura dos argumentos dos grupos A, B e C referentes às atividades experimentais 1, 2 e 3.....	97
Tabela 7 - Componentes presentes na estrutura dos argumentos dos grupos D, E e F referentes às atividades experimentais 1, 2 e 3.....	98
Tabela 8 - Análise da qualidade dos argumentos da turma 1, segundo os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004).....	100
Tabela 9 - Análise da qualidade dos argumentos da turma 2, segundo os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004).....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B: *Backing*

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

C: Conclusão

D: Dados

DE: Dados Empíricos

DF: Dados fornecidos

J: Justificativa

PBL: Aprendizagem Baseada em Problemas (do inglês *Problem Based Learning*)

Q: Qualificador modal

R: Refutação

TAP: Padrão de Argumento de Toulmin (do inglês *Toulmin's Argument Pattern*)

UFPI: Universidade Federal do Piauí

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS-<i>PROBLEM BASED LEARNING</i>	
(PBL).....	22
2.1 Pesquisas sobre PBL no ensino de química.....	25
3 ARGUMENTAÇÃO.....	36
3.1 Pesquisas sobre argumentação no ensino de química	38
4 OBJETIVOS	49
4.1 Geral	49
4.2 Específicos	49
5 METODOLOGIA.....	50
5.1 Procedimentos de coleta dos dados	50
5.2 Referenciais teórico-metodológicos para a análise dos dados	53
5.2.1 Diagrama Heurístico.....	53
5.2.2 Análise da estrutura dos argumentos	57
5.2.3 Análise da qualidade dos argumentos	59
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
6.1 Análise dos diagramas produzidos a partir das atividades experimentais	61
6.1.1 Análise dos diagramas produzidos na turma 1	61
6.1.2 Análise dos diagramas produzidos na turma 2	67
6.1.3 Considerações sobre os diagramas produzidos nas turmas 1 e 2	74
6.2 Análise da estrutura dos argumentos	78
6.2.1 Análise da estrutura dos argumentos produzidos na turma 1	79
6.2.2 Análise da estrutura dos argumentos produzidos na turma 2	88
6.2.3 Considerações sobre os argumentos produzidos nas turmas 1 e 2	96
6.3 Análise da qualidade dos argumentos	99
6.4 Percepções dos alunos sobre a proposta de ensino aplicada.....	102
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
REFERÊNCIAS	120
APÊNDICE A	130
APÊNDICE B.....	136
APÊNDICE C	139

APÊNDICE D	141
APÊNDICE E	144
APÊNDICE F	147
APÊNDICE G	151
APÊNDICE H	155

1 INTRODUÇÃO

No ensino de Ciências é crescente o número de trabalhos referentes à utilização de estratégias de ensino que contribuem para a produção de uma aprendizagem relevante para a formação dos estudantes. Pesquisas desenvolvidas na área de ensino demonstram que algumas estratégias facilitam o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias à formação pessoal e profissional dos alunos. Dentre elas, destacam-se as que utilizam atividades experimentais, consideradas como essenciais para graduandos da área de ciências naturais, uma vez que favorecem a interação entre teoria e prática, possibilitando o desenvolvimento de habilidades necessárias à sua atuação profissional (GADDIS; SCHOFFSTALL, 2007; TSAPARLIS; GOREZI, 2007; CHATTERJEE *et al.* 2009).

De fato, como afirma Oliveira (2010), as atividades experimentais apresentam algumas possíveis contribuições para a aprendizagem, dentre elas, motivam e despertam a atenção dos alunos; desenvolvem a capacidade de trabalhar em grupo, a iniciativa pessoal e a tomada de decisão; estimulam a criatividade; aprimoram a capacidade de observação e registro de informações e habilidades manipulativas. Especialmente nos cursos de ciências os graduandos têm maiores oportunidades para desenvolver tais habilidades, pois estes cursos apresentam em seu currículo disciplinas de natureza experimental, as quais tendem a promover a integração entre os aspectos conceituais e metodológicos.

Todavia, tais atividades, como relata Lôbo (2012), de modo geral, não têm sido adequadamente orientadas no sentido de propiciar uma maior compreensão sobre a ciência química, sua estrutura e seu processo de produção. O estilo mais comumente utilizado em disciplinas dessa natureza é aquele em que os alunos realizam experimentos por meio de instruções fornecidas por professores ou manuais de laboratório que os conduzem de forma inequívoca para um resultado proposto pela literatura, não permitindo o envolvimento do aluno na tomada de decisão durante o processo de aprendizagem (JALIL, 2006; TSAPARLIS; GOREZI, 2007; COQUIDÉ, 2008; FOLMER *et al.* 2009). Desse modo, quando aulas experimentais são desenvolvidas de tal forma existe pouca evidência entre estas e a aprendizagem dos alunos, pois são limitadas quanto ao seu potencial de auxílio à aprendizagem, sem espaço para o estudante manifestar e redimensionar seus conhecimentos (ANDRADE; MASSABNI, 2011; SANDI-URENA; COOPER; STEVENS, 2012).

Assim, é necessário valorizar estratégias desenvolvidas sob uma perspectiva transformadora. Em aulas de química de natureza experimental devem ser utilizados métodos de ensino que favoreçam a aprendizagem de conceitos e a capacidade de resolver problemas, possibilitando a formação de cidadãos críticos e reflexivos (MILLÁN, 2012; FRANCISCO; FRANCISCO JÚNIOR, 2013). Choi *et al.* (2010) recomendam, ainda, que em ambientes desse tipo deve haver oportunidades para os alunos refletirem sobre as suas investigações científicas e construam argumentos em sala de aula como parte crítica do ensino de ciências baseado em investigação.

Millán (2012) relata que desde a década de 60 as disciplinas de natureza experimental tinham o caráter investigativo, a fim de envolver os alunos em pesquisas, descobertas e resolução de problemas. Como propõem Zômpero e Laburú (2011, p. 79), atividades experimentais devem favorecer:

[...] o engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.79).

Nesse sentido, a investigação como princípio didático no ensino experimental de química integra as contribuições do construtivismo, trabalho em equipe e aprendizagem colaborativa, que visam à construção do conhecimento, criatividade, autonomia e comunicação (OBAYA-VALDIVIA, 2005). Com base nesta perspectiva, Valadares e Fonseca (2004) argumentam que é necessária a utilização de metodologias de ensino que integrem a teoria com o trabalho experimental em um ambiente construtivista e deem oportunidade aos alunos de prever, observar, explicar, refletir e ligar os assuntos estudados na sala de aula com o seu cotidiano.

Diante do exposto, defendemos que aulas baseadas na experimentação sejam realizadas em um ambiente de investigação, possibilitando a integração de conhecimentos teóricos e processuais. Pesquisadores argumentam que aulas experimentais baseadas nesses pressupostos provocam uma significativa melhora na aquisição das concepções científicas, com o potencial de desenvolver habilidades e competências necessárias para a investigação

científica, permitindo a coleta de dados e interpretação crítica deles (LEITE; ESTEVES, 2005; GOTT; DUGGAN, 2007; SESEN; TARHAN, 2013). 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, uma vez que a investigação pode ser considerada um processo de resolução de problemas, na qual os alunos têm maior compreensão sobre sua aprendizagem (GOMES; BORGES; JUSTI, 2008; SEFERIAN, 2010; LAREDO, 2013).

Por consequência, segundo Goi e Santos (2009), a aprendizagem a partir de problemas desenvolve a criatividade dos estudantes, favorecendo a articulação entre a teoria e a prática. Os autores Moliné (2007) e Suart e Marcondes (2008) afirmam que uma aula experimental que envolve a resolução de problemas pode contribuir para a compreensão de conceitos mediante exemplos concretos, na qual o aluno é capaz de raciocinar logicamente sobre o problema por meio da análise dos dados e apresentar argumentos com conclusão plausível a respeito do problema. Assim, o conhecimento é adquirido por meio da experiência ativa, em que os alunos têm oportunidades de resolver problemas reais, sendo que o questionamento e a investigação são posicionados no centro do desenvolvimento do processo de aprendizagem (MALHEIRO; DINIZ, 2008; MOUTINHO; TORRES; VASCONCELOS, 2014).

Nesse contexto, uma abordagem que integra tais características é a *Problem Based Learning* (PBL), ou seja, a Aprendizagem Baseada em Problemas, em que o conhecimento é construído por meio da resolução de situações-problema, as quais possibilitam a criação de espaços propícios para a investigação, o desenvolvimento de habilidades científicas e a compreensão de conceitos relacionados à atividade experimental. A PBL é considerada por Campillo e Guerrero (2011) uma metodologia que possibilita a utilização de diversas estratégias de aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de uma série de habilidades e competências formativas.

A adoção da PBL reflete a visão que estratégias de ensino ativas centradas no aluno podem desempenhar um papel importante no ensino e aprendizagem, uma vez que influenciam o desenvolvimento de conhecimentos científicos (GOODNOUGH, 2010). Gürses *et al.* (2007) destacam que aulas experimentais pautadas na PBL produzem resultados de aprendizagem mais relevantes para os estudantes, em comparação com aquelas realizadas de forma convencional. Como reportam alguns pesquisadores, propostas de ensino desenvolvidas sob os preceitos da PBL têm a capacidade de promover uma maior retenção de

conhecimento, permitindo a aprendizagem de conceitos, especialmente em química (SENOCAK; TASKESENLIGIL; SOZBILIR, 2007; HICKS; BEVSEK, 2012; TARHAN; ACAR-SESEN, 2013; MOUTINHO; TORRES; VASCONCELOS, 2014).

Por conseguinte, acreditamos que aulas práticas pautadas na PBL oferecem um contexto para a aprendizagem e descoberta, pois os alunos constroem seu conhecimento desenvolvendo processos de investigação que englobam a resolução do problema proposto, facilitando a aquisição de novos conhecimentos (ROMERO-ÁLVAREZ; RODRÍGUEZ-CASTILLO; GÓMEZ-PÉREZ, 2008). Em decorrência disso, em atividades dessa natureza os alunos tornam-se ativos e corresponsáveis por sua aprendizagem, não seguindo instruções para verificar conceitos, mas redescobrimo-os durante o processo.

Tais características são de particular interesse para esta pesquisa, uma vez que situações dessa natureza constituem espaços para a interação comunicativa e podem favorecer a ocorrência de argumentação, contribuindo para o confronto de diferentes saberes e perspectivas dos sujeitos envolvidos e possibilitando a reflexão crítica por meio da análise da linguagem usada como expressão de ideias (CAMPANER; DE LONGHI, 2007). De acordo com Çoban, (2013) e Katchevich, Hofstein e Mamlok-Naaman (2013), compreender e desenvolver habilidades adequadas para testar hipóteses de natureza científica está intimamente relacionado com capacidades de argumentação. Por consequência, a argumentação faz com que os estudantes compreendam conceitos científicos mais adequadamente e entendam melhor a própria natureza da construção do conhecimento científico (VELLOSO *et al.* 2009).

Face às considerações apresentadas, partimos da hipótese de que atividades experimentais planejadas em conformidade com a PBL podem promover a argumentação em disciplinas de química de caráter experimental. Para tanto, é necessário utilizar estratégias capazes de auxiliar na compreensão conceitual e metodológica das atividades realizadas, como também favorecer a construção de argumentos. Desse modo, o diagrama heurístico é um instrumento que auxilia na organização e registro das atividades experimentais, possibilitando a interação dos aspectos conceituais e metodológicos (CHAMIZO, 2012).

Logo, a presente pesquisa envolve o desenvolvimento de uma proposta de ensino de química de caráter experimental, elaborada e realizada conforme os preceitos da PBL e aliada à utilização do diagrama heurístico, com o intuito de promover a argumentação em ambientes de ensino da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Para tanto, investigamos as contribuições

da proposta por meio da análise dos diagramas heurísticos produzidos pelos estudantes de acordo com os critérios de Chamizo (2012) e procuramos identificar a ocorrência de argumentos a partir do Padrão de Argumento de Toulmin-TAP (Toulmin, 2006). Avaliamos também a qualidade dos argumentos produzidos pelos alunos por meio da identificação dos níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004).

Nesse contexto, no capítulo 2 desta dissertação apresentamos inicialmente considerações sobre a PBL, especialmente um breve histórico e algumas características dessa abordagem de ensino. Descrevemos, em seguida, o resultado de um levantamento bibliográfico realizado em periódicos nacionais e internacionais pertinentes à área de ensino de ciências sobre pesquisas voltadas à PBL no ensino de química. Com esse levantamento procuramos conhecer os aspectos teórico-metodológicos dessas pesquisas, assim como as motivações dos pesquisadores e as principais contribuições alcançadas para o ensino de química.

O capítulo 3 aborda a argumentação no ensino de química, no qual trazemos alguns aspectos teóricos concernentes a essa prática, com ênfase para a perspectiva adotada no presente trabalho. Apresentamos, ainda, um panorama sobre as pesquisas publicadas em revistas da área de ensino de ciências no Brasil e no exterior que relacionam argumentação e ensino de química, procurando discutir as estratégias empregadas pelos autores com vistas à produção de argumentos, os objetivos traçados e os principais referenciais de identificação e análise adotados. Os objetivos geral e específicos da pesquisa são apresentados no capítulo 4.

No capítulo 5 apresentamos os procedimentos metodológicos adotados no presente trabalho. Nele explicitamos a natureza da pesquisa realizada, bem como as principais ações realizadas na implementação da proposta de ensino em pauta e os procedimentos de coleta dos dados. Além disso, descrevemos os referenciais adotados para a análise dos dados: a tabela de pontuação para a análise dos diagramas proposta por Chamizo (2012); o Padrão de Argumento de Toulmin (2006), utilizado para a identificação da estrutura dos argumentos produzidos; e a proposta de Erduran, Simon e Osborne (2004) para a avaliação da qualidade desses argumentos.

Os resultados e discussão da análise segundo os referenciais supracitados encontram-se no Capítulo 6, além de uma avaliação da percepção dos estudantes envolvidos sobre as intervenções realizadas, com destaque para a construção dos diagramas e a natureza dos problemas propostos. No Capítulo 7 apresentamos as considerações finais da pesquisa, no

qual fazemos alguns apontamentos sobre as contribuições da proposta de ensino, com ancoragem nos resultados apresentados e na questão de pesquisa proposta. Buscamos neste capítulo, também, incluir recomendações sobre a temática para a área de ensino de química.

2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS-*PROBLEM BASED LEARNING* (PBL)

A Aprendizagem Baseada em Problemas, designada na língua Inglesa como *Problem Based Learning* (PBL), surgiu originalmente na Faculdade de Medicina da Universidade McMaster no Canadá, em 1968, sendo inicialmente introduzida nos currículos de ciências de saúde com o principal objetivo de proporcionar o contato dos estudantes com problemas reais comuns à sua profissão (FREIRE; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2011; FRANCISCO, 2013).

No Brasil, a PBL ganhou espaço apenas em 1997, na Faculdade de Medicina de Marília e, em 1998, no curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina (MALHEIRO; DINIZ, 2008). De acordo com Lopes *et al.* (2011), nos últimos anos a PBL foi implementada nos currículos de outras instituições de nível superior, dentre elas, a Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo; a Faculdade de Medicina do Centro Universitário Serra dos Órgãos e no curso de Medicina da Universidade Federal de São Carlos. Esse fato é decorrente da sua finalidade, a qual visa introduzir um ensino mais dinâmico e centrado no estudante, contribuindo para a consolidação de uma aprendizagem útil para sua formação (FREIRE; SILVA JÚNIOR; SILVA, 2011).

Embora enraizada nos currículos de saúde, a PBL tem sido amplamente introduzida nos currículos de química, uma vez que promove o processamento cognitivo de alto nível e possibilita o desenvolvimento de habilidades necessárias à formação dos graduandos (VASCONCELOS, 2012; TARHAN; ACAR-SESEN, 2013). De acordo com Campillo e Guerrero (2013), a PBL é um processo multidimensional, pois engloba processos cognitivos, emocionais, culturais e sociais, que substitui o interesse inicial por meio da resolução de problemas.

Atividades de ensino pautadas na PBL consistem na proposição de um problema, no qual o estudante planeja por meio do trabalho em pequenos grupos, sob a supervisão do professor, possíveis métodos para resolvê-lo. Este por sua vez, é um exemplo do mundo real, apresentado em um contexto ligado à realidade social e profissional dos alunos, de modo a promover a relação ciência-tecnologia-sociedade-ambiente, que desencadeia processos cognitivos de acesso ao conhecimento prévio e à busca de novas informações, tornando os estudantes capazes de construir sua compreensão de forma contextualizada (LIORENS-MOLINA, 2010; HICKS; BEVSEK, 2012). Dessa forma, a PBL contribui para a formação de

cidadãos críticos no contexto da educação científica, pois envolve situações e desafios do cotidiano inseridos no ambiente acadêmico (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014).

Por permitir aos alunos buscar informações e conhecimentos por eles mesmos, olhar criticamente para os dados coletados e questionar, a colaborar com os colegas e discutir o que sabem com seus pares e com o público, a PBL traz uma dimensão construtivista para a noção de aprendizagem (VAT, 2006). Nessa perspectiva, os alunos participam de atividades de aprendizagem essenciais à apreensão teórica subjacente a conceitos, ativando seus conhecimentos prévios e aumentando seu interesse sobre problemas reais, para os quais elaboram perguntas com base no que precisam saber para compreender o problema (JOHNSTONE; OTIS, 2006; PELLEH *et al.* 2008).

Angelin e Ramström (2010) destacam que a PBL é uma forma de conseguir maior atenção e concentração dos alunos para compreender os conceitos de química de uma forma mais aprofundada e aplicável. Ela representa situações problemáticas cuja resolução requer analisar, descobrir, elaborar hipóteses, confrontar, refletir, argumentar e comunicar ideias para alcançar a aprendizagem (CAMPILLO; GUERRERO, 2013). Nesse processo, os alunos apreendem de forma independente por meio da exploração estruturada de um problema de pesquisa (SMITH; GRAY, 2010).

De acordo com Kalivas (2008), em aulas experimentais pautadas na PBL os alunos estão envolvidos ativamente e trabalham em equipe para responder a uma questão a qual orienta os conceitos a serem estudados por meio de experimentos em um processo de investigação. Assim, cada grupo analisa o problema, estabelece metas, planeja estratégias e experiências, aprende técnicas de laboratório, discute e avalia os resultados e os apresenta de forma escrita e/ou oral (SANDI-URENA; COOPER; STEVENS, 2012). Com isso, a ênfase é dada ao processo de experimentação e não ao produto, possibilitando aos estudantes mais espaço para o desenvolvimento de habilidades e compreensão de conceitos (KELLY; FINLAYSON, 2007; LAREDO, 2013).

Nesse ponto de vista, atividades experimentais de química desenvolvidas conforme os preceitos da PBL são desenvolvidas com caráter investigativo. Nestas o aluno não compreende apenas o conceito, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência, desenvolvendo a habilidade de investigar, manipular e comunicar (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010). Assim, nesse tipo de atividade os alunos desenvolvem habilidades manipulativas, de pensamento e raciocínio crítico científico,

independência para elaborar os procedimentos experimentais e métodos de análise, e capacidade de comunicação escrita e oral (BRUCK; TOWNS, 2009; BRUCK; TOWNS; BRETZ, 2010).

Considerando, ainda, que os trabalhos que tratam da PBL envolvem sempre um problema real, relacionado à vida profissional e/ou social dos estudantes, faz-se pertinente discutir a natureza do problema proposto. Este deve permitir a utilização de várias estratégias para a sua resolução, motivando o aluno a buscar respaldo nos meios diversos que estão ao seu alcance, incluindo tanto suas concepções alternativas, como seus conhecimentos referentes aos conceitos relacionados, e deve ser concebido com objetivos previamente determinados (LOPES *et al.* 2011). Quando atividades de ensino pautadas na PBL forem desenvolvidas em aulas de caráter experimental, o problema proposto necessita ser resolvido por meio da experimentação e de pesquisas em fontes fidedignas relacionadas à temática (GADDIS; SCHOFFSTALL, 2007; LANIGAN, 2008; FLYNN; BIGGS, 2012).

Nesse contexto, para que atividades pautadas na PBL sejam desenvolvidas com êxito e os objetivos preestabelecidos sejam alcançados, os autores Gaddis e Schoffstall (2007) e Broietti, Almeida e Silva (2012) destacam que o professor exerce um papel fundamental nesse processo, sendo o facilitador da aprendizagem. A respeito da sua relevância, verifica-se que as funções do professor nesse tipo de atividade deve responder às perguntas dos alunos e avaliar a eficácia e segurança de suas propostas teórico-metodológicas para a resolução do problema, de modo a auxiliá-los na descoberta e construção do conhecimento. Logo, o professor desempenha uma função diferente daquela desenvolvida em atividades convencionais, nas quais ele é detentor e transmissor do conhecimento (SALVADOR *et al.* 2014).

Por conseguinte, em atividades de tal natureza os alunos desenvolvem papel ativo, apresentando um comportamento independente, que os tornam responsáveis por sua aprendizagem, pois, identificam um problema e buscam conhecimentos necessários para resolvê-lo; procuram fornecer uma solução viável, decidindo sobre as fontes de dados apropriadas; elaboram hipóteses e interpretam os dados para chegar a resultados coerentes sobre o problema colaborativamente em pequenos grupos de trabalho, construindo novos conhecimentos e tomando suas próprias decisões; e comunicam os resultados obtidos de forma oral e/ou escrita (GROVE; BRETZ, 2005; MEJÍA; ALQUISIRA, 2007; ROMERO-ÁLVAREZ; RODRÍGUEZ-CASTILLO; GÓMEZ-PÉREZ, 2008). Como o ambiente PBL fornece uma base científica e permite a vivência em um processo de investigação, é esperado

que os alunos se comportem como cientistas, o que os ajuda a desenvolver habilidades durante o processo (TATAR; OKTAY, 2011).

Diante das considerações apresentadas, no tópico a seguir expomos o resultado de um levantamento bibliográfico sobre a produção do conhecimento relacionada à PBL no ensino de química, a qual foi realizada com o intuito de conhecermos propostas de ensino baseadas nessa modalidade de aprendizagem, especialmente os objetivos traçados pelos pesquisadores, as estratégias didáticas postas em prática, os principais desdobramentos e contribuições para o ensino de química.

2.1 Pesquisas sobre PBL no ensino de química

Neste tópico apresentamos uma revisão da literatura referente à PBL no ensino de química. Para tanto, realizamos um levantamento bibliográfico em periódicos relacionados à área de ensino, segundo a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)¹. Assim, tomamos como principal critério selecionar trabalhos referentes à área de ensino publicados na forma de textos completos disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES², o qual disponibiliza parte da produção científica nacional e internacional. O segundo critério utilizado foi a avaliação dos periódicos, realizada anualmente pelo programa Qualis da CAPES³, sendo classificados por indicativos de qualidade: A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5, C (ordem decrescente de qualidade).

Desse modo, selecionamos periódicos especializados da área de ensino, avaliados no ano de 2012 com os conceitos Qualis A1, A2, B1 e B2, no âmbito nacional e internacional. Além dos periódicos da área de ensino, consideramos necessário o levantamento bibliográfico no periódico Química Nova, seção educação, que embora não atenda aos critérios por nós adotados, por apresentar conceito B3 na área de ensino, é relevante para a pesquisa, sendo classificado com Qualis B2 tanto na área de educação, quanto na área de química.

Com o intuito de verificar as características dos trabalhos publicados nos últimos dez anos, à época da revisão, selecionamos prioritariamente artigos publicados de 2004 a 2014, a

¹ CAPES, disponível em: <http://www.capes.gov.br/>, acesso em 24 de Mar. 2016

² Portal de Periódicos da CAPES, disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br/>, acesso em 24 de Mar. 2016.

³ Plataforma Sucupira, disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>, acesso em 1 de out. 2015.

dependem de sua disponibilidade no Portal de Periódicos da CAPES. Assim, um total de 28 revistas foi pesquisado (Tabela 1):

Tabela 1 - Revistas consultadas no Portal de Periódico Capes.

	TÍTULO PERIÓDICO	QUALIS	PERÍODO
1	Acta Scientiae	B1	2004-2014
2	Alambique	B1	2004-2014
3	Amazônia-Revista de Educação em Ciências e Matemáticas	B2	2005-2013
4	Ciência e Educação	A1	2004-2014
5	Cultural Studies of Science Education	A1	2006-2014
6	Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales	B2	2004-2014
7	Educación Química	B1	2004-2014
8	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	A2	2004-2014
9	Enseñanza de las Ciencias	A1	2004-2014
10	Experiências em Ensino de Ciências	B1	2006-2014
11	Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	B1	2006-2014
12	International Journal of Mathematical Education in Science and Technology	A1	2004-2014
13	International Journal of Science Education	A1	2004-2014
14	Investigações em Ensino de Ciências	A2	2004-2014
15	Issues in Informing Science & Information Tecnology	B2	2004-2014
16	Journal of Baltic Science Education	B1	2004-2014
17	Journal of Chemical Education	A1	2004-2014
18	Química Nova	B2	2004-2014
19	Química Nova na Escola	B1	2004-2014
20	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	A2	2004-2014
21	Research in Science & Technological Education	A1	2004-2014
22	Research in Science Education	A1	2004-2014
23	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	B1	2008-2014
24	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2	2004-2014
25	Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica	B2	2004-2014
26	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	B1	2004-2014
27	Science & Education	A1	2004-2014
28	Science Education International	B1	2004-2014

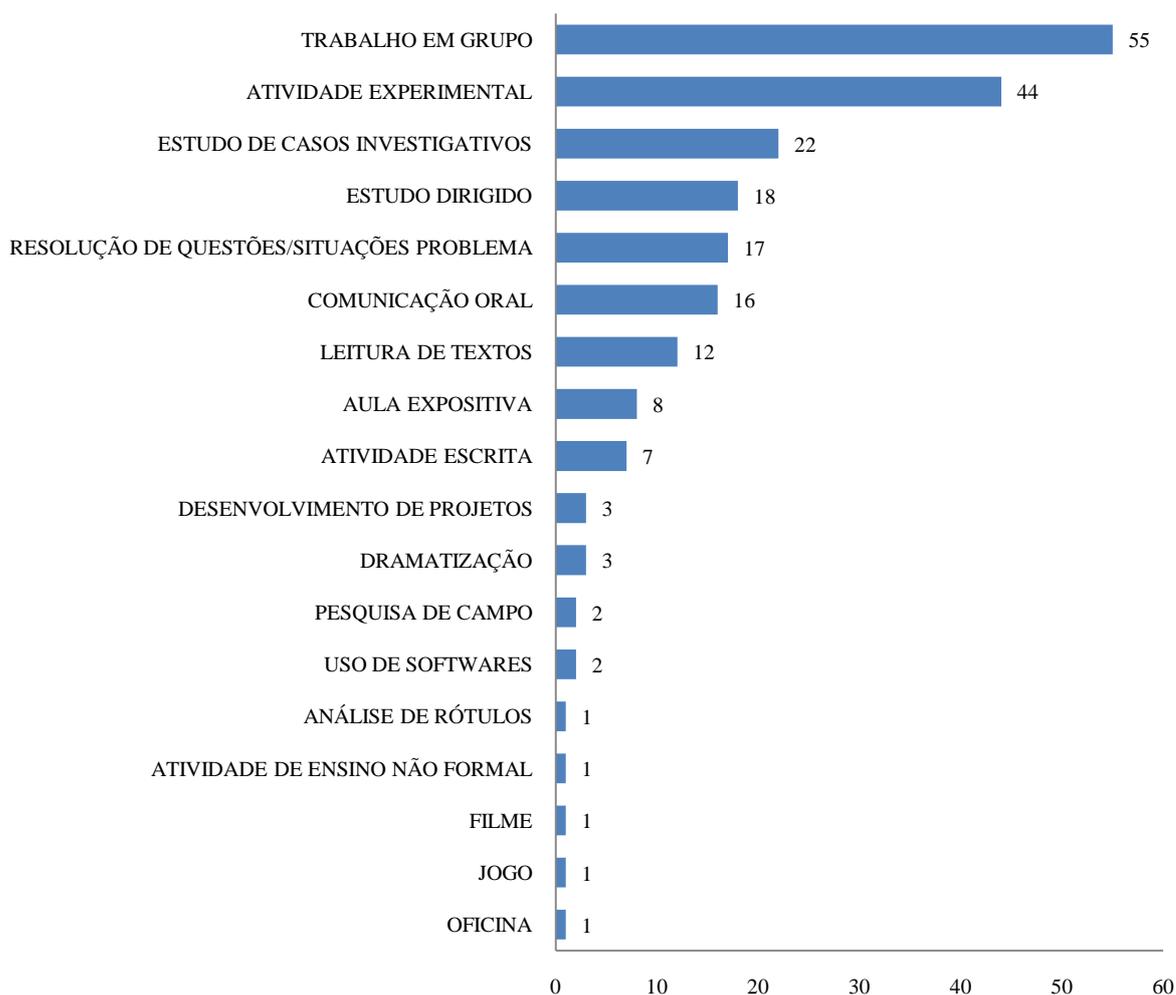
Para a identificação dos trabalhos, optamos por selecionar aqueles que apresentam palavras-chave em seus títulos indicativos da temática pertinente à PBL, tais como: experimentação investigativa, investigação, estudo de casos investigativos, situação-problema, resolução de problemas, entre outros. Por vezes, tais palavras não apareciam no título do trabalho, mas constavam em seus resumos, os quais eram consultados quando havia dúvidas com relação à sua seleção. Localizamos 67 trabalhos pertinentes à PBL, 18 no âmbito

nacional e 49 no âmbito internacional, os quais encontram-se listados no Apêndice A desta dissertação.

A partir da leitura dos trabalhos, organizamos a discussão segundo três categorias principais, as quais permitem apresentar um panorama das pesquisas relacionadas à PBL no ensino de química: estratégias didáticas adotadas; objetivos traçados/alcançados e principais considerações dos pesquisadores.

Verificamos uma variedade de estratégias didáticas adotadas nos trabalhos analisados, as quais foram aliadas ao tratamento de problemas em situações de ensino de química. Estas vão desde a aula expositiva, até a resolução de casos investigativos e desenvolvimento de projetos de pesquisa. Na Figura 1 a seguir estão listadas todas as estratégias didáticas identificadas nos artigos consultados e a frequência com que foram utilizadas.

Figura 1 - Frequência das principais estratégias didáticas adotadas nos trabalhos concernentes à PBL no ensino de química.



É possível observar que a estratégia mais frequentemente utilizada foi o trabalho em grupo, identificada em 55 dos 67 trabalhos. De fato, os trabalhos desenvolvidos sob os preceitos da PBL são preferencialmente realizados em pequenos grupos, por possibilitarem a troca de experiências e maior interação entre os alunos. Como Herreid (2013) afirma, estratégias que proporcionam maior interação entre os alunos são capazes de produzir melhores resultados de aprendizagem. No trabalho de Clougherty e Wells (2008), por exemplo, o nível de interação proporcionado pelo trabalho em grupo aumentou o desempenho e interesse dos educandos pelas atividades realizadas na disciplina. Além disso, trabalhos realizados em grupos favorecem a aprendizagem colaborativa, em que há a construção coletiva do conhecimento por meio da troca entre os pares (GÜRSES *et al.* 2007).

A utilização de atividades experimentais aliadas à resolução de problemas também têm sido frequentemente investigada, sendo a segunda estratégia mais observada nos contextos de PBL estudados (44 de 67 trabalhos). Esse fato é decorrente da própria característica da PBL, a qual visa envolver os estudantes em um contexto profissional e real, em que desenvolvem uma série de habilidades científicas necessárias à sua formação profissional. Desse modo, como os trabalhos reportados aqui são referentes ao ensino de química, é de se esperar que a maioria utilizasse atividades experimentais no contexto da PBL para envolver os alunos em um contexto científico, de modo que resolvessem as situações problemas por meio de seus conhecimentos teóricos e práticos.

Os pesquisadores Massena e Guzzi Filho (2013) apontam a necessidade da utilização de estratégias de ensino que, além da aprendizagem de conceitos específicos, estimulem o desenvolvimento de habilidades científicas relevantes para a formação profissional dos estudantes, sendo a experimentação uma estratégia que contribui fortemente para isso, a qual é apontada por diversos autores como importante ferramenta no ensino de química (OLIVEIRA, 2010; LÔBO, 2012): quando desenvolvida de forma investigativa a experimentação contribui fortemente para o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para a formação profissional dos graduandos. Para Francisco e Francisco Junior (2013), a experimentação utilizada na resolução de problemas promove uma formação mais crítica e sólida dos estudantes. Assim, os resultados das pesquisas têm corroborado para o fato de a experimentação ser uma estratégia que deve ser trabalhada conjuntamente com a resolução de problemas.

Dentre os trabalhos encontrados que utilizaram atividades experimentais em um contexto de PBL, podemos destacar o trabalho de Goi e Santos (2009), que tratava de uma

resolução de um problema relacionado ao impacto ambiental das reações de combustão por meio de atividades experimentais. Para resolver o problema, os alunos utilizaram tanto estratégias teóricas quanto experimentais. Os resultados obtidos pelos autores indicaram que a articulação do trabalho experimental à resolução de problemas é eficaz para a aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Outro trabalho desenvolvido nessa perspectiva foi a pesquisa de Llorens-Molina (2010), a qual compreendeu uma proposta de ensino pautada na PBL para favorecer a aquisição de competências científicas em uma disciplina de Química Orgânica Experimental. Os resultados da pesquisa apontaram para o fato que a metodologia desenvolvida promoveu a relação ciência-tecnologia-sociedade-ambiente, além de desenvolver competências e habilidades relevantes aos alunos.

A terceira estratégia mais utilizada nos trabalhos reportados na literatura foi um método considerado próprio da PBL: o estudo de casos investigativos. Este consiste na apresentação de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas do mundo real, em que incentiva o aluno a se familiarizar com os personagens, de modo a propor possíveis soluções para os problemas enfrentados pelos personagens (SÁ; FRANCISCO, QUEIROZ, 2007). Desse modo, alunos realizam o estudo do caso que envolve um problema de caráter científico ou sociocientífico e propõem soluções viáveis para o mesmo baseados em conhecimentos químicos. O uso desta estratégia foi relatado em 22 dos 67 artigos encontrados, com diversas finalidades.

Dentre os artigos localizados, podemos destacar o trabalho de Boucher e Specht (2009), um estudo em que os alunos investigaram um suposto caso de afogamento em um lago, por meio de evidências coletadas (amostra de água do lago, etiqueta de uma garrafa, amostra de água dos pulmões, roupa, impressões digitais e dados das análises da amostra de sangue da vítima por meio da Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas-GC-MS), técnicas e conhecimentos de química orgânica. Os resultados da pesquisa indicaram que os alunos foram capazes de desenvolver a competência de resolver problemas, bem como habilidades científicas.

O artigo de Silva, Oliveira e Queiroz (2011), que também utilizou a estratégia de caso investigativo, propunha aos alunos que resolvessem um caso intitulado *SOS Mogi-Guaçu*, sobre a mortandade de peixes relacionada à poluição do rio Mogi-Guaçu, localizado no município de São Carlos-SP. A resolução do caso envolveu a busca e a análise de informações relacionadas à poluição de ambientes aquáticos e à reflexão sobre as prováveis causas de problemas reais relacionados à poluição, desse modo, por meio do desenvolvimento

da proposta de ensino, os estudantes desenvolveram a capacidade de resolver problemas, de trabalhar em grupo, a tomada de decisão e comunicação. Outro estudo de caso foi utilizado no trabalho de Ozdilek (2014), o qual narrava uma história real sobre os efeitos do cromo hexavalente sobre a saúde humana. A partir do desenvolvimento das atividades os estudantes desenvolveram habilidades cognitivas, afetivas e a competência de resolver problemas, como também compreenderam a interação entre conhecimentos teóricos e práticos.

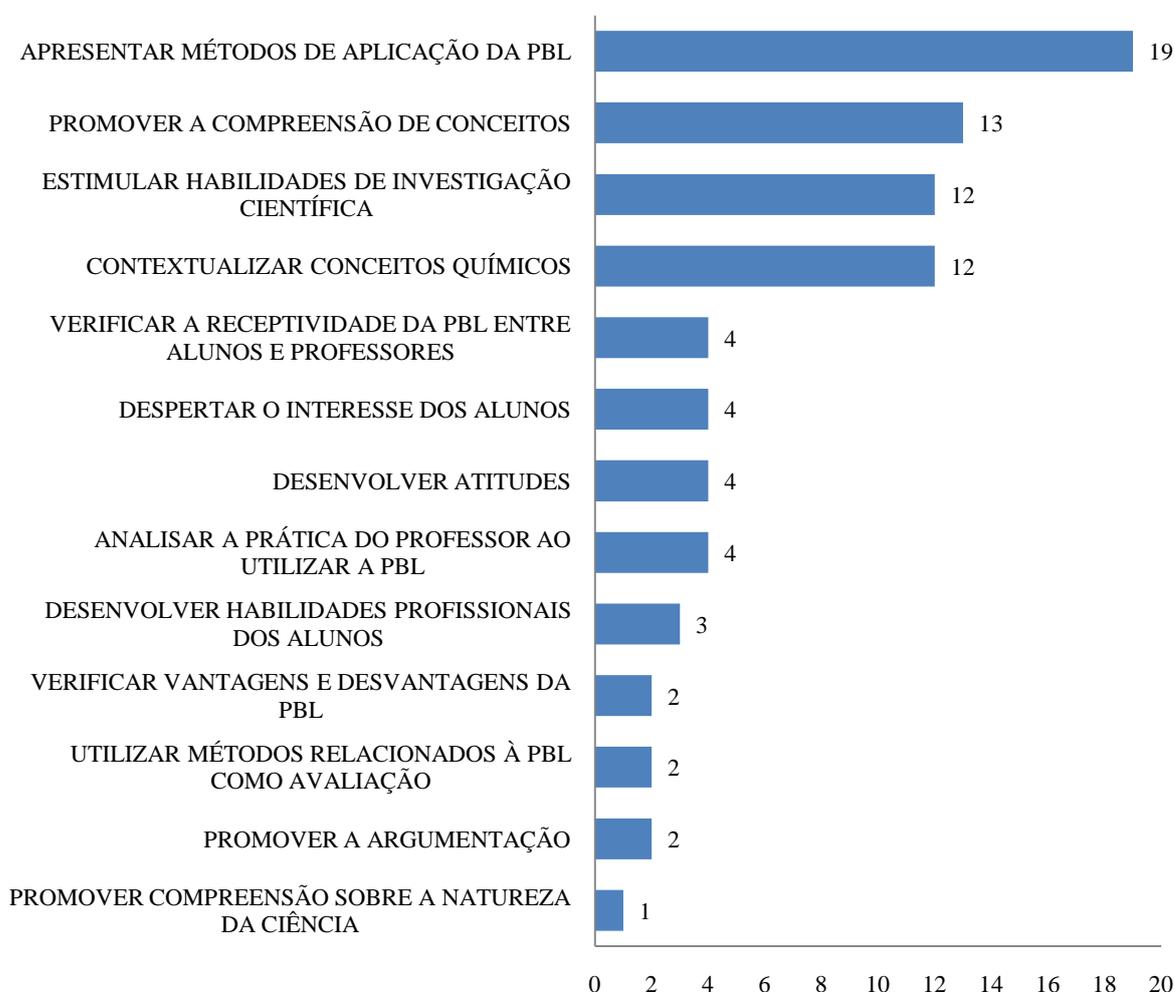
Merece destaque também a frequência com que estratégias voltadas à leitura (12), à escrita (7) e à comunicação oral (16) foram utilizadas, em consequência da proposição de resolução de problemas. Como ressalta Kalivas (2008), atividades pautadas na PBL tendem a incluir pesquisa, leitura, coleta e análise de dados, com comunicação oral e/ou escrita dos resultados obtidos. Embora muitos trabalhos reportem que a PBL, especialmente no ensino de química, são desenvolvidas em ambientes de aulas experimentais, é importante ressaltar que vários estudos foram desenvolvidos utilizando estratégias que envolviam a leitura e escrita. Por exemplo, podemos citar o trabalho de Sá, Francisco e Queiroz (2007), no qual os autores solicitaram, para a solução de casos investigativos, a leitura e estudo dos casos pelos alunos, e que apresentassem as soluções registrando-as em diários de caso e na forma de mini-simpósios. No estudo de Smith e Gray (2010) também foram utilizadas estratégias de leitura e escrita sobre um problema que englobava a reciclagem de baterias, no qual os estudantes, por meio de um estudo dirigido direcionado à temática, puderam propor soluções para o problema, as quais foram comunicadas por meio de seminários.

São também dignos de nota os trabalhos que tratam do desenvolvimento de projetos. Com a leitura dos artigos que trazem esse método notamos que, diferentemente do estudo de caso, a variante trata-se de uma metodologia em que são elaborados projetos em torno de situações problemas contextualizadas e interdisciplinares pelos alunos sobre um determinado assunto, que os envolvem em um processo de investigação para a execução do mesmo (SALVADOR *et al.* 2014). Dentre os trabalhos que envolvem a aprendizagem baseada em projetos, podemos destacar o trabalho de Margel, Eylon e Scherz (2006), os quais desenvolveram atividades pautadas na aprendizagem baseada em projetos em uma disciplina de Ciência dos Materiais, com o intuito de promover a relação ciência-tecnologia-sociedade no ensino de polímeros. No trabalho, os alunos foram orientados a elaborar projetos sobre a temática fibras. Para isso, realizaram estudos sobre o uso das fibras na sociedade e investigações de materiais feitos de fibras por meio de experimentos. Os resultados da pesquisa indicaram que as atividades desenvolvidas contribuíram para uma melhor

compreensão do conteúdo, como também sua relação com outras áreas de conhecimento, além de terem demonstrado maior interesse em aprender ciência. Adams *et al.* (2008) desenvolveram seu trabalho em torno de um projeto de pesquisa sobre gases tóxicos na atmosfera, sobre o qual os alunos investigaram os impactos da qualidade do ar e as doenças respiratórias, por meio de amostragem e análises do ar.

Quanto aos objetivos traçados pelos autores nos trabalhos investigados, observamos que buscam primordialmente apresentar métodos de aplicação da PBL, promover a compreensão de conceitos, contextualizar conceitos químicos e estimular habilidades de investigação científica, conforme indica a Figura 2.

Figura 2 - Frequência dos principais objetivos traçados nos trabalhos concernentes à PBL no ensino de química.



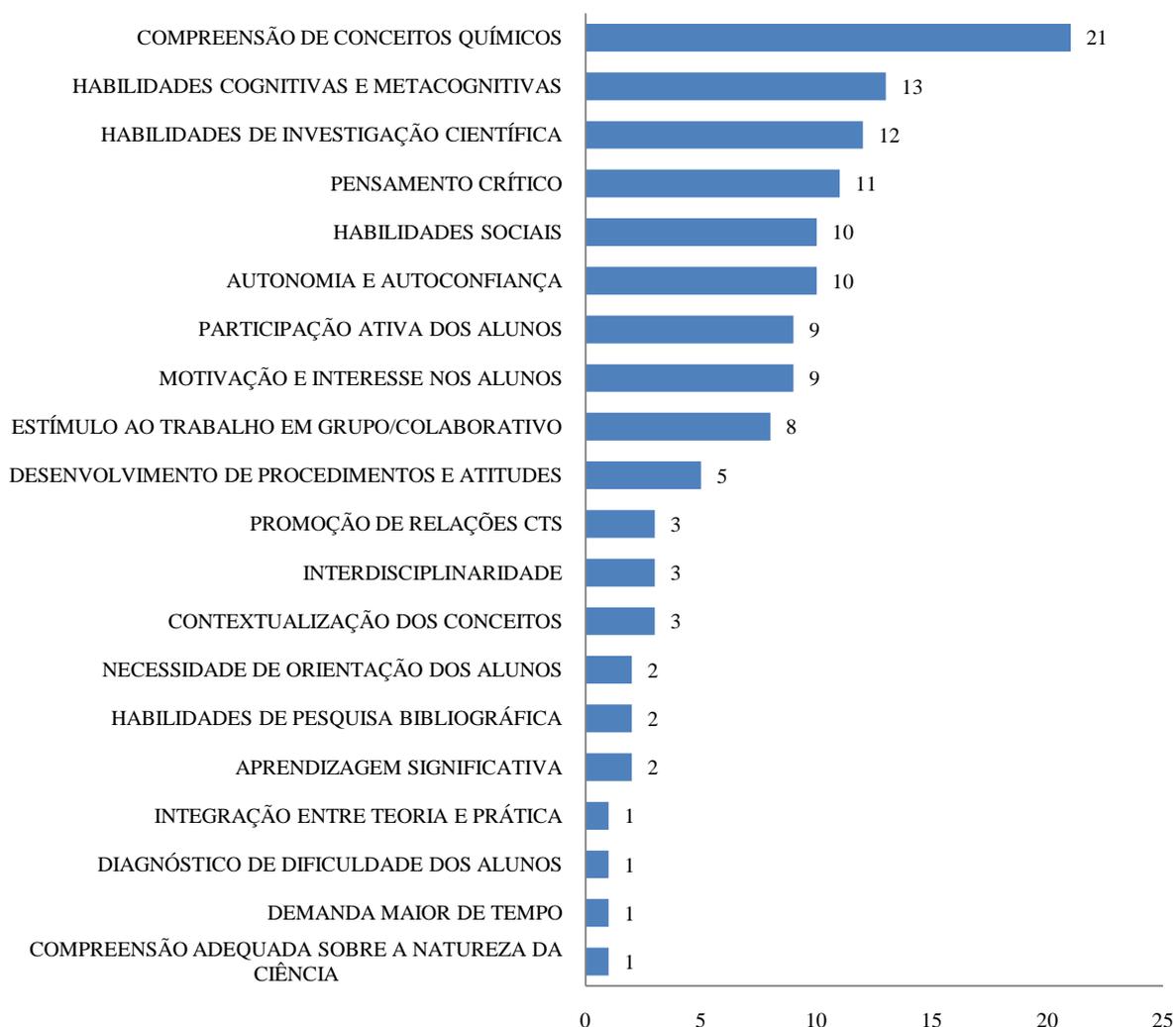
Com respeito àqueles trabalhos, cujo objetivo foi apresentar métodos de aplicação da PBL, podemos destacar o estudo de Granados, Castro e Serna (2010); o qual trata do desenvolvimento e aplicação de uma proposta de ensino que envolvia a resolução de um

problema investigativo relacionado à estequiometria por meio da experimentação, em que os alunos investigaram a quantidade de Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3) em uma amostra de um antiácido por meio de métodos distintos. Lopes *et al.* (2011) desenvolveram uma proposta de ensino pautada na PBL para o ensino de química aplicada à toxicologia. A aplicação da proposta envolveu o estudo de um caso sobre uma suposta intoxicação de trabalhadores rurais, em que os alunos como profissionais de um laboratório de análises toxicológicas teriam que analisar amostras de possíveis substâncias tóxicas utilizadas pelos trabalhadores e amostras de sangue dos mesmos.

Com a leitura dos trabalhos notamos que frequentemente as pesquisas desenvolvidas sob os preceitos da PBL têm também a finalidade de promover a compreensão de conceitos químicos. Schaber *et al.* (2011) relatam que por meio da realização das atividades propostas que envolviam o estudo dirigido e experimentação para a resolução de um suposto caso de adulteração na concentração de sucos de laranja comercializados, os estudantes compreenderam conceitos de química, além de autoconfiança e habilidades científicas. Vale destacar também, o trabalho desenvolvido por Hicks e Bevsek (2012), os quais desenvolveram uma atividade experimental pautada na PBL que englobava um problema a respeito de uma suposta contaminação de água, nos quais os alunos eram responsáveis por desenvolver métodos de análises de amostras de água, visando separar e identificar os íons presentes nas amostras de água contaminada, de modo a propor possíveis soluções para resolver o problema de poluição. Com os resultados da pesquisa, os autores concluíram que a PBL promove de forma eficaz a compreensão de conceitos de química.

Com respeito às principais considerações dos autores oriundas das pesquisas desenvolvidas conforme os preceitos da PBL, na Figura 3, apresentamos os principais resultados:

Figura 3 - Frequência das principais considerações apresentadas pelos pesquisadores a respeito das propostas de ensino pautadas na PBL no ensino de química.



Conforme a Figura 3, notamos que a compreensão de conceitos químicos foi um dos aspectos mais mencionados nos trabalhos. Os autores destacaram que, a partir das atividades realizadas, os alunos foram capazes de compreender conceitos químicos de modo mais eficaz, como por exemplo, no trabalho de Tarhan e Acar-Sesen (2013), em que foi investigado o potencial da PBL para a compreensão de conceitos de ácidos e bases em equilíbrio iônico. Isso também é verificado na pesquisa de Moutinho, Torres e Vasconcelos (2014), os quais verificaram maior apreensão de conceitos com a realização de atividade baseada na PBL em comparação com atividades desenvolvidas de forma convencional.

Outra consideração relevante observada pelos autores após o desenvolvimento de suas pesquisas foi o fato que os estudantes, por meio da realização das atividades planejadas em conformidade com a PBL, desenvolveram habilidades cognitivas e metacognitivas, pois

realizando atividades de caráter investigativo, os estudantes foram capazes de integrar as informações de forma significativa. Por exemplo, os autores Sandi-Urena, Cooper e Stevens (2012) defendem que atividades práticas de laboratório propícias para a investigação, interação e reflexão permitem aos alunos desenvolver habilidades cognitivas e metacognitivas, pois nessas atividades realizam a coleta, o processamento e a análise de dados, realizando operações de planejar, compreender, relacionar, questionar, selecionar, criticar e refletir para realizar as atividades propostas. Outro trabalho em que os pesquisadores observaram o desenvolvimento de habilidades cognitivas e metacognitiva foi o de Oliver-Hoyo, Pinto e Llorens-Molina (2009), no qual foi desenvolvida uma proposta de ensino para estudar o sistema de aquecimento de alimentos por meio de problemas de química em um contexto do mundo real. Para resolver os problemas propostos os estudantes realizaram um estudo dirigido sobre a temática e experimentos; com os resultados da pesquisa, os autores verificaram que em ambientes de investigação proporcionado pela PBL os alunos desenvolvem habilidades cognitivas, como também competências inerentes ao processo de investigação.

Um aspecto relatado com frequência pelos autores sobre as atividades baseadas na PBL é seu potencial em favorecer o desenvolvimento de senso crítico nos alunos. No trabalho de Giancarlo e Slunt (2004), que tratava da resolução de um caso investigativo sobre um cachorro que engoliu um botão de metal e a toxicidade relacionada, em que os alunos foram solicitados a identificar os constituintes do botão e a avaliar os riscos à saúde do animal, foi observado que os estudantes, por meio dos métodos de investigação utilizados, conseguiram tecer considerações sobre a resolução do problema à luz dos dados coletados e de seus conhecimentos prévios. Podemos destacar, ainda, a pesquisa de Yalçinkaya *et al.* (2012), nos quais os autores analisaram o efeito da aprendizagem baseada em casos nas concepções alternativas dos alunos a respeito de cinética química.

Verificamos também que, embora os pesquisadores ressaltem as várias contribuições da PBL para o processo de ensino e aprendizagem em química, há também a indicação de ressalvas com relação a esse método, tanto por alunos, como professores. Para os alunos, as aulas requerem maiores esforços, reflexão e tempo (DETERS, 2005; TSAPARLIS; GOREZI, 2007). Os professores, por sua vez, relatam que aulas realizadas nessa perspectiva apresentam maiores problemas com relação: à segurança (LAREDO, 2013), a possíveis erros nas análises dos estudantes (DETERS, 2005), como também o tempo demandado para a execução das atividades (ANGELIN; RAMSTRÖM, 2010).

Em suma, com a leitura dos trabalhos observamos os diversos benefícios da PBL pelos autores, especialmente para a aprendizagem dos estudantes e o fato de proporcionar o envolvimento ativo dos alunos em aulas, favorecendo o desenvolvimento da autonomia (FOLMER *et al.* 2009; FLYNN; BIGGS, 2012); maior interesse em aprender (DETERS, 2005; ADAMS *et al.* 2008; WONG; DAY, 2009); compreensão de conceitos químicos (MARGEL; EYLON; SCHERZ, 2006; PELLEH *et al.* 2008; YANG; LI, 2009; CHATTERJEE *et al.* 2009; ANGELIN; RAMSTRÖM, 2010; HICKS; BEVSEK, 2012, DEMIRCIOĞLU; DINÇ; ÇALIK, 2013) e métodos experimentais (LAREDO, 2013); a tomada de decisão (KALIVAS, 2008); a autoconfiança (TARHAN; ACAR, 2007); e o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (CONRADO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2014).

Desse modo, a partir da leitura dos trabalhos publicados nos periódicos, constatamos que no âmbito internacional a PBL tem sido amplamente utilizada em disciplinas no nível superior de química. Contudo, no âmbito nacional o resultado não foi o mesmo, pois ainda há poucos trabalhos divulgados no ensino de química que retratam a temática. As constatações alcançadas a partir da leitura dos trabalhos foram úteis para o nosso entendimento sobre a PBL, sobre os aspectos importantes para o planejamento das atividades experimentais, como aqueles concernentes à elaboração dos problemas, ao papel do professor e dos alunos, como também os benefícios das atividades baseadas na PBL para a formação profissional dos estudantes.

3 ARGUMENTAÇÃO

A argumentação é considerada por muitos pesquisadores da área de educação em ciências de significativa relevância no processo de ensino e aprendizagem. Eles a defendem como uma atividade social, relacionada ao contexto social da situação argumentativa, ou seja, é o discurso daqueles que praticam ciência (KIM; SONG, 2006; ALBE, 2008; DAWSON; VENVILLE, 2010). Para Brito e Sá (2010, p. 506) a argumentação é “um conjunto específico de um ou mais posicionamentos dirigidos para obter a aprovação de um ponto de vista particular por um ou mais interlocutores”, enquanto que, para Acuña (2009, p. 144), é um processo que consiste em: “pesquisar e apresentar dados e provas para fundamentar, provar e fazer algo confiável”.

Desse modo, os autores Walker, Sampson e Zimmerman (2011) afirmam que a prática de argumentação exige a geração e articulação de explicação para os fenômenos naturais, justificativas com provas e raciocínio apropriados e críticas da validade dos pontos de vista alternativos. Assim sendo, a prática da argumentação é uma atividade intelectual e verbal, utilizada para justificar ou refutar uma opinião que consiste em fazer declarações, como também uma prática comunicativa e estruturadora da prática científica (SÁ; QUEIROZ, 2007; MARINELI; SASSERON, 2014). Aprender a pensar está diretamente relacionado com a argumentação, pois aprender ciências seria aproximar as maneiras de pensamento das pessoas à forma argumentativa pela qual a ciência é construída e debatida entre seus membros (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008).

Nessa perspectiva, em ambientes de ensino, a argumentação é uma interação comunicativa particular em que os docentes e discentes confrontam seus saberes e opiniões sobre um determinado tema, com a coordenação de conhecimentos teóricos (CAMPANER; DE LONGHI, 2007; ÇOBAN, 2013). É considerada um discurso em que alunos e professor apresentam suas opiniões, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados (SASSERON; CARVALHO, 2014).

Campaner e De Longhi (2007) consideram a argumentação como uma habilidade cognitiva-linguística, presente no currículo de forma explícita como conteúdo procedimental. Henao e Stipcich (2008, p. 54) explicitam que:

“A argumentação é um processo que demanda o desenvolvimento de habilidades para relacionar dados com as conclusões, avaliar enunciados teóricos a luz de dados empíricos ou de dados procedentes fortes, modificar afirmações a partir de novos dados e usar modelos e os conceitos científicos para sustentar as conclusões” (HENAO; STIPCICH, 2008, p. 54).

Diante disso, considerando a importância da argumentação em ambientes de ensino na formação de estudantes, investigações sobre a argumentação vêm sendo realizadas em diferentes níveis de ensino de ciências, pois a argumentação não dá sentido apenas à explicação, mas também ajuda desenvolver a compreensão de conceitos científicos (CAMPILLO; GUERRERO, 2013). A prática da argumentação pode contribuir para os alunos participarem ativamente do processo de aprendizagem, pois possibilita a troca de ideias entre os estudantes e a discussão dos seus pontos de vista sobre os conhecimentos envolvidos (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008; DAWSON; VENVILLE, 2010). Tal prática pode favorecer o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades de natureza científica e a formação de cidadãos (ARVOLA; LUNDEGARD, 2012).

Como relatam Saracaloglu, Aktamis e Delioglu (2011), a argumentação é promovida pela expressão de ideias justificadas por meio de evidências persuasivas, expressas de forma escrita e/ou oral. Segundo Reigosa (2012), a capacidade de argumentar pode ser favorecida no desenvolvimento de atividades que envolvem o trabalho em grupo e a utilização de conhecimentos em um contexto. Velloso *et al.* (2009, p. 594) afirmam que “as atividades de ensino que se mostram eficientes no fomento à instauração do discurso argumentativo propiciam interações aluno-aluno e aluno-professor e conduzem os estudantes à resolução de problemas”. Nessas atividades os alunos constroem argumentos, os quais refletem os seus pensamentos de forma visível, possibilitando que sejam utilizados como uma ferramenta de avaliação e autoavaliação (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008).

De fato, a argumentação é uma tarefa de ordem epistêmica, podendo ser promovida por meio de estratégias heurísticas que ensinam os alunos a pensar e a se envolverem de forma ativa no processo de aprendizagem (HENAO; STIPCICH, 2008). Nesse sentido, ambientes de ensino que envolvem estratégias convencionais, geralmente, não favorecem a prática de argumentação, sendo necessária a utilização de estratégias que propiciem o desenvolvimento da competência argumentativa dos estudantes (QUEIROZ; SÁ, 2009; BRITO; SÁ, 2010; KINGIR; GEBAN; GUNEL, 2013).

3.1 Pesquisas sobre argumentação no ensino de química

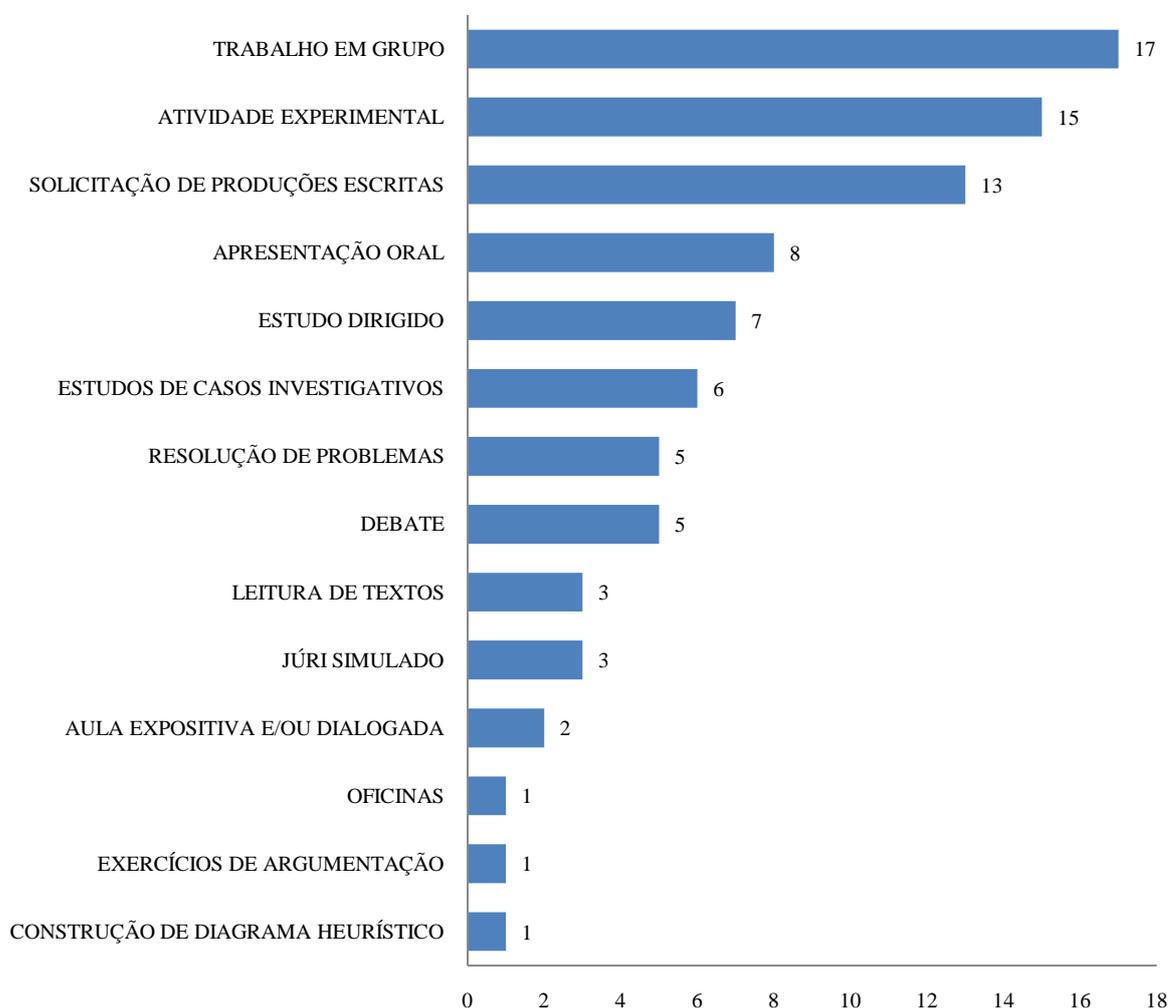
Nos últimos anos é crescente a divulgação de pesquisas que investigam a promoção da argumentação em contextos de sala de aula. Por exemplo, no trabalho de Queiroz e Sá (2009) as autoras analisaram a extensão a qual são utilizadas atividades de argumentação na graduação em química e verificaram que, embora trabalhos sobre essa temática tenham ganhado espaço em educação em ciências, no ensino de química há poucos artigos publicados.

Para a identificação dos trabalhos voltados à argumentação lançamos mão dos mesmos critérios adotados para a revisão bibliográfica sobre PBL, descritos no capítulo anterior. A identificação e seleção dos trabalhos se deu pela busca de trabalhos cujos títulos apresentassem palavras e/ou termos concernentes à argumentação, tais como: argumentos, práticas argumentativas, habilidades argumentativas, argumentação, entre outros. Assim como para a revisão sobre PBL, tais palavras não apareciam no título do trabalho, mas constavam em seus resumos, os quais eram consultados quando havia dúvidas com relação à sua seleção.

Com isso, encontramos 30 artigos pertinentes à argumentação, 6 no âmbito nacional e 24 no âmbito internacional, durante o intervalo de 2004 a 2014, cuja listagem encontra-se descrita no Apêndice B a esta dissertação. Desse modo, com a leitura dos trabalhos encontrados, organizamos a discussão deste tópico em torno de três eixos principais: objetivos pretendidos; estratégias adotadas na promoção da argumentação e principais considerações dos pesquisadores em relação à temática em pauta.

Com relação às principais estratégias didáticas adotadas para a promoção da argumentação no ensino de química. Na Figura 4 a seguir apresentamos as estratégias e a frequência com que cada uma delas foi utilizada nos artigos pesquisados:

Figura 4 - Frequência das principais estratégias didáticas utilizadas nos trabalhos desenvolvidos sobre a argumentação no ensino de química.



Quanto às estratégias de ensino utilizadas, verificamos diferentes métodos de ensino nos trabalhos publicados sobre a temática em questão. As estratégias mais utilizadas foram: trabalho em grupo, atividades experimentais e solicitação de produções escritas.

O trabalho em grupo, como proposto em alguns trabalhos, promove a interação entre os indivíduos e proporciona a construção do conhecimento por meio do confronto e troca de ideias, sendo assim, a argumentação é desenvolvida nessas discussões sobre um determinado tema. Por exemplo, Sampson e Clark (2011) investigaram os tipos de interação que podem promover ou até mesmo limitar o desenvolvimento da argumentação pelos estudantes, e afirmam que um argumento de alta qualidade requer a interação dos indivíduos e de suas ideias, ressaltando que propostas de ensino que visam desenvolver a argumentação devem ser realizadas preferencialmente em grupos.

A experimentação, também é destacada por pesquisadores como estratégia que facilita o desenvolvimento da argumentação, pois os alunos analisam e discutem dados coletados por meio de experimentos e apresentam seus resultados defendendo suas conclusões. Por exemplo, no trabalho de Leite e Esteves (2005) foi investigado em que medida um grupo de alunos de graduação conseguiu avaliar criticamente evidências empíricas para a construção de argumentos e elaboração de conclusões. Os pesquisadores Kim e Song (2006) investigaram a promoção da argumentação por meio do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas e constataram que de fato esta é uma estratégia que contribui tanto para o desenvolvimento da competência argumentativa, quanto para habilidades de pensamento crítico e reflexivo. Katchevich, Hofstein e Mamlok-Naaman (2013) também investigaram o desenvolvimento da argumentação mediante a realização de atividades experimentais em aulas de química e concluíram que a experimentação de natureza investigativa possibilita a construção de argumentos, pois, durante a investigação os estudantes elaboram hipóteses, analisam e interpretam dados e confrontam suas opiniões com seus pares a respeito das conclusões obtidas.

A solicitação de produções escritas é outra estratégia comumente utilizada em trabalhos com o intuito de promover a argumentação, uma vez que proporcionam aos alunos o desenvolvimento de habilidades de comunicação, influenciando a elaboração de argumentos, bem como é uma estratégia de coleta de dados que facilita a análise dos argumentos elaborados pelos alunos. Dentre os trabalhos reportados na literatura que lançaram mão dessa estratégia, podemos destacar o trabalho de Oliveira, Batista e Queiroz (2010) que, a partir de relatórios produzidos em uma disciplina de Química Inorgânica, investigaram a competência argumentativa dos graduandos com a investigação da qualidade da escrita científica realizada por eles.

Podemos destacar, ainda, dentre os artigos localizados, aqueles que utilizaram estudos de casos investigativos para a promoção da argumentação em ambientes de ensino de química. Nesse sentido destacamos o trabalho de: Sá e Queiroz (2007), no qual foram produzidos e aplicados cinco casos, denominados *Praga do Coqueiro*, *Caso das Próteses*, *Ameaça nos Laranjais*, *Poluição em Rondônia* e *Doença de Granja*, em uma disciplina de Comunicação e Expressão em Linguagem Científica ofertada em um curso de Química, com a finalidade de investigar o potencial da proposta de ensino em promover a argumentação dos graduandos. Velloso *et al.* (2009) utilizaram três casos – *Corrosão em Aviões*, *Corrosão em Pontes* e *Corrosão em Materiais Empregados no Meio Bucal* – em uma disciplina de

Corrosão e Eletrodeposição em um curso de Bacharelado em Química, com o intuito de desenvolver a argumentação dos estudantes.

Outra estratégia utilizada para a promoção da argumentação no ensino de química foi a resolução de problemas. Chamizo Guerrero (2007) defende que o desenvolvimento da argumentação e da ciência se correlaciona por meio da resolução de problemas. No seu trabalho o autor apresenta as contribuições de Toulmin para defender a relação existente entre a resolução de problemas e o desenvolvimento da argumentação, desse modo, coloca que o processo de resolução de problemas envolve o desenvolvimento da prática científica, da investigação científica, o que requer uma argumentação racional para chegar a determinadas conclusões referentes à resolução do problema proposto. Outros trabalhos que ressaltam a relação entre a resolução de problemas e a argumentação são os estudos de Ibraim, Mendonça e Justi (2013) e de Cetin (2014): o primeiro trata da resolução de problemas relacionados aos temas de ligações químicas e interações intermoleculares, e o segundo da resolução de problemas aliados à experimentação e à solicitação de atividades escritas com a finalidade de desenvolver a competência argumentativa dos alunos.

A estratégia do debate é também frequentemente utilizada em sala de aula como mecanismo para o desenvolvimento da argumentação. Dentre os autores que fizeram uso dessa estratégia podemos destacar os trabalhos de Velloso *et al.* (2009) e Fatareli, Ferreira e Queiroz (2014). No primeiro, os autores, com o intuito de promover discussões sobre a resolução de casos investigativos referentes à corrosão em aviões, em pontes e em materiais empregados no meio bucal, realizaram debates em grupos, o que contribuiu para o desenvolvimento da argumentação. No segundo, os pesquisadores realizaram debates após o estudo de textos de divulgação científica sobre questões sociocientíficas com a finalidade de promover a argumentação de estudantes em ambientes de ensino de química; os resultados da pesquisa apontaram que o debate sobre questões sociocientíficas foi uma estratégia eficaz no estímulo à capacidade argumentativa dos alunos.

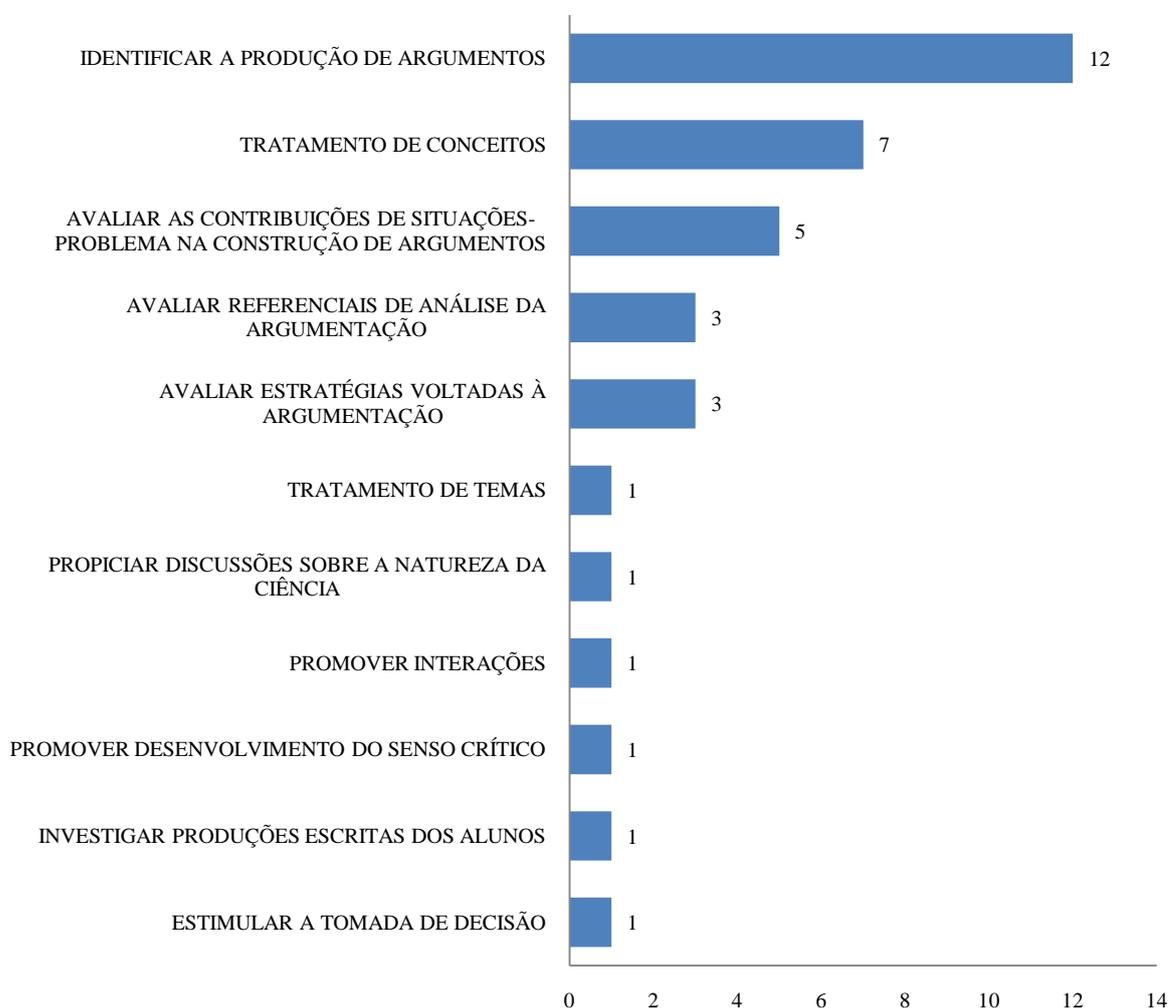
Com respeito à estratégia de júri simulado destacamos os trabalhos de Campaner e De Longhi (2007) e Brito e Sá (2010). Campaner e De Longhi (2007) realizaram atividades sobre problemáticas relacionadas à química ambiental, as quais foram selecionadas previamente pelos alunos e intituladas como: *Alimentação transgênica, Instalação de centros nucleares, Instalação de fábricas de papel e celulose, e Uso de pesticidas químicos na agricultura*. As atividades foram desenvolvidas em forma de júri simulado, em que os estudantes fizeram dramatizações expondo seus argumentos e contra-argumentos, produzindo

textos sobre o tema. Brito e Sá (2010), em uma disciplina de química no ensino médio, realizaram um Júri simulado a respeito de questões sociocientíficas relacionadas ao tema biocombustíveis, utilizando um estudo de caso denominado *A Fábrica de Biodiesel*, em que argumentaram a favor ou contra a instalação de uma fábrica de biodiesel.

Vale destacar, também, a utilização de diagrama heurístico como estratégia utilizada para a promoção da argumentação. Com a leitura dos artigos encontramos apenas o trabalho de Campillo e Guerrero (2013), que desenvolveram uma proposta de ensino na qual utilizaram o diagrama heurístico proposto por Chamizo (2012) com o intuito de promover a competência argumentativa dos alunos. Com o desenvolvimento da proposta os autores confirmaram que o diagrama heurístico utilizado em ambientes de investigação que envolvem a resolução de problemas contribui significativamente na promoção da argumentação, pois, por meio da sua construção os estudantes compreenderam melhor a sua investigação, bem como os conceitos envolvidos na temática.

Com relação aos principais objetivos pretendidos pelos autores dos trabalhos investigados, observamos uma variedade de finalidades, as quais estão expostas na Figura 5, com as respectivas frequências com as quais foram relatadas:

Figura 5 - Frequência dos principais objetivos observados nos trabalhos sobre a argumentação no ensino de química.



A partir da Figura 5, percebemos que os objetivos mais frequentes em trabalhos sobre a argumentação foram: identificar a produção de argumentos, o tratamento de conceitos e avaliar as contribuições de situações-problema na construção de argumentos. Com respeito àqueles que apresentaram como objetivo identificar a produção de argumentos, podemos destacar os de Queiroz e Sá (2005) e Bertelle, Rocha e Domínguez Castiñeiras (2014). No primeiro, as autoras se propuseram a investigar a produção dos argumentos dos alunos após a resolução de um caso investigativo; os resultados das análises evidenciaram indícios de desenvolvimento da capacidade argumentativa dos educandos. No segundo trabalho, realizado por Bertelle, Rocha e Domínguez Castiñeiras (2014), a identificação dos argumentos foi realizada por meio da análise das discussões orais sobre uma atividade experimental de equilíbrio químico, as quais apontaram que a construção dos argumentos foi influenciada pelas discussões em grupo durante o desenvolvimento do experimento. Os autores

observaram, ainda, que houve pouca discussão durante a realização das atividades experimentais sobre conhecimentos teóricos e que a maioria dos estudantes não compreendeu os conceitos envolvidos no experimento, contribuindo para que os argumentos produzidos fossem de baixa qualidade.

Nessa mesma perspectiva, o tratamento de conceitos foi também um dos objetivos frequentes em trabalhos desenvolvidos sobre essa temática. Por exemplo, Acuña (2009) desenvolveu um estudo sobre as estratégias argumentativas utilizadas no processo de ensino e aprendizagem de conceitos de química, concluindo que as atividades desenvolvidas para a promoção da argumentação contribuem significativamente para a aprendizagem de conceitos, pois envolvem operações mentais que favorecem a sua compreensão. Walker, Sampson e Zimmerman (2011) também realizaram um trabalho com essa finalidade. Os autores desenvolveram uma proposta de ensino em uma disciplina de Química Experimental por meio de atividades de investigação que envolviam processos de argumentação científica, desse modo, concluíram que atividades de argumentação que englobam processos de investigação permitem aos estudantes a aquisição desses conceitos.

Sobre a avaliação de situações-problema na construção de argumentos, destacamos o trabalho de Sá e Queiroz (2007), no qual foram discutidas as potencialidades de uma proposta de ensino que envolvia a resolução de problemas apresentados na forma de casos investigativos no estímulo à elaboração de argumentos pelos alunos. Os resultados indicaram que a resolução de situações-problema dispostas em casos investigativos contribuiu para melhorar a capacidade argumentativa dos alunos, bem como proporcionou o desenvolvimento de habilidades científicas e tomada de decisão. Outra pesquisa desenvolvida nessa perspectiva foi a de Sá, Kasseboehmer e Queiroz (2013), as quais desenvolveram proposta de ensino semelhante e verificaram que os estudantes foram capazes de construir diferentes tipos de argumentos, com base em evidências de cunho pessoal ou respaldadas por fontes de autoridade.

Quanto ao objetivo de avaliar os referenciais de análise da argumentação, percebemos que poucos trabalhos tratam dessa temática, porém com as pesquisas notamos que a análise dos argumentos têm sido realizadas sob diferentes perspectivas. Dentre os trabalhos localizados, o modelo de Toulmin (2006) é frequentemente utilizado como ferramenta analítica para avaliar a argumentação em aulas de química, uma vez que permite identificar a produção de argumentos por meio da verificação dos elementos que os

compõem. Entretanto, embora o modelo de Toulmin (2006) seja um referencial teórico de elevado valor em pesquisas em educação em ciências, muitos pesquisadores o consideram insuficiente para analisar a promoção da argumentação. Fatareli, Ferreira e Queiroz (2014), por exemplo, ponderam que por meio do modelo de Toulmin não é possível julgar a confiabilidade dos argumentos, nem considerar a sua construção coletiva, como também avaliar a qualidade e o nível epistêmico dos argumentos produzidos.

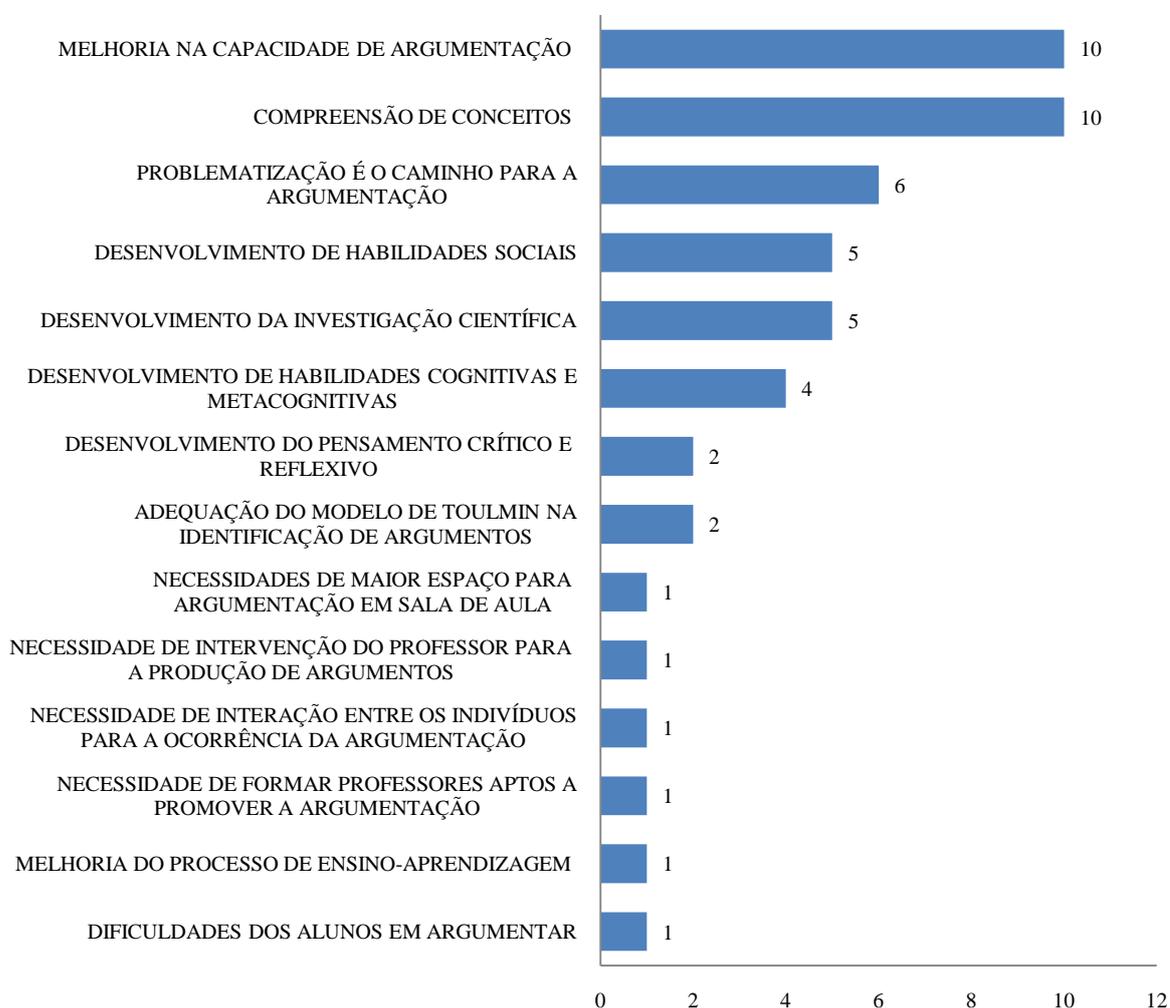
Nessa perspectiva, Sá e Queiroz (2007), além do modelo de Toulmin, utilizaram o trabalho de Jiménez Aleixandre para classificar o componente denominado dado (D) como dado fornecido (DF) e dado obtido (DO). Outro referencial teórico utilizado por pesquisadores é o modelo de argumentação de Kelly e Takao⁴ (2002 apud OLIVEIRA; BATISTA; QUEIROZ, 2010, p. 1980-1986.), o qual considera que os argumentos devem ser analisados não somente do ponto de vista estrutural, mas também do ponto de vista epistêmico, em que é necessário considerar os aspectos interacionais dos argumentos. Oliveira, Batista e Queiroz (2010) utilizaram esse modelo para analisar os argumentos produzidos pelos alunos em relatórios a partir de atividades experimentais, enquanto Ibraim, Mendonça e Justi (2013) lançaram mão dos esquemas argumentativos de Walton, Reed e Macagno⁵ (2008 apud por IBRAIM; MENDONÇA; JUSTI, 2013, p. 159-185) como referencial de análise dos argumentos produzidos pelos alunos a partir de problemas relacionados ao tema ligações químicas e interações intermoleculares.

Diante do exposto, sobre os aspectos concernentes à argumentação no ensino de química, buscamos com a leitura dos trabalhos encontrados as principais considerações dos autores sobre seus estudos (Figura 6).

⁴ KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, v.86, n.3, p.314-342, 2002.

⁵ WALTON, D.N.; REED, C.; MACAGNO, F. **Argumentation Schemes**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 443p.

Figura 6 - Frequência das principais considerações dos pesquisadores a respeito das propostas de ensino sobre a argumentação no ensino de química.



Conforme indica a Figura 6, notamos que a compreensão de conceitos e a melhoria na capacidade de argumentação foram os aspectos mais mencionados nos trabalhos como contribuição das propostas investigadas. Ibrahim, Mendonça e Justi (2013) ressaltam que aprender a argumentar e argumentar para aprender estão relacionadas, por isso é necessário utilizar estratégias que visem o desenvolvimento conceitual a partir da argumentação e vice versa. Isso foi confirmado por Bertelle, Rocha e Dominguez Castiñeiras (2014) quando observaram que a compreensão de conceitos influenciou na promoção da argumentação dos alunos envolvidos em sua pesquisa. Outro trabalho no qual verificamos essa mesma relação foi o de Cetin (2014), o qual afirma que a melhoria na qualidade dos argumentos pode ser justificada pelo conhecimento do conteúdo.

Assim, dentre as considerações dos autores a respeito da compreensão dos conceitos por meio da prática de argumentação, destacamos os trabalhos de Acuña (2009) e Hand e Choi (2010), os quais afirmam que, a partir de atividades realizadas para a promoção da argumentação, os alunos foram capazes de compreender conceitos químicos. Quanto aos que defendem que a prática de argumentação melhora a capacidade de argumentar, destacamos os estudos de Campillo e Guerrero (2013), no qual os estudantes, a partir da compreensão sobre os elementos constituintes de um argumento e da realização de exercícios de argumentação melhoraram sua competência argumentativa.

Com a leitura dos trabalhos foi possível perceber também que outra consideração relevante ressaltada pelos autores foi o fato de que a problematização é um caminho viável para a ocorrência de argumentação, ou seja, atividades centradas na problematização geram ambientes profícuos para o desenvolvimento dessa prática. Dentre os pesquisadores que chegaram a essa conclusão, podemos citar Campaner e De Longhi (2007), os quais desenvolveram uma estratégia didática argumentativa para estimular a formulação de argumentos de qualidade pelos alunos. Desse modo, no desenvolvimento da proposta foram apresentadas problemáticas com implicações socioambientais aos estudantes que os envolveram em processos de investigação para a defesa de suas conclusões em formato de júri simulado. A partir disso, os alunos foram capazes de argumentar adequadamente diante das decisões a serem tomadas. Outro trabalho realizado nessa perspectiva foi o de Albe (2008), em o mesmo se propôs a analisar a argumentação dos estudantes por meio de atividades que envolviam a discussão de problemas de caráter sociocientífico.

Em suma, a argumentação, como relatam Dawson e Venville (2010), favorece o desenvolvimento da capacidade de raciocinar, pensar criticamente e compreender um determinado tema. Sobre isso, pesquisas têm demonstrado que o desenvolvimento da argumentação melhora o ensino e aprendizagem (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004); favorece o desenvolvimento do pensamento científico dos alunos (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008) e os tornam capazes de criticar a validade e legitimidade de um ou mais pontos de vista (SAMPSON; CLARK, 2011). Auxilia, também, os alunos na compreensão de conceitos científicos (CAMPILLO; GUERRERO, 2013), uma vez que o processo de ensino e aprendizagem que envolve a argumentação facilita a construção e compreensão de concepções científicas, promovendo mudanças conceituais e, por consequência, a aprendizagem conceitual (ESKIN; OGAN-BEKIROGLU, 2013). Diante das considerações apresentadas verificamos que a prática da argumentação permite aos indivíduos construir

argumentos lógicos e coerentes sobre um determinado tema, tornando-os ativos no meio social em que estão inseridos.

4 OBJETIVOS

4.1 Geral

No presente trabalho temos como objetivos desenvolver, aplicar e analisar atividades experimentais pautadas na PBL, aliadas ao uso do diagrama heurístico, com vistas a verificar suas potencialidades na promoção da argumentação no ensino superior de química.

4.2 Específicos

- ✓ Elaborar atividades experimentais baseadas nos preceitos da PBL;
- ✓ Aplicar as atividades experimentais elaboradas em disciplinas de química de caráter experimental no âmbito da UFPI;
- ✓ Utilizar o diagrama heurístico proposto por Chamizo (2012) como recurso para a organização e registro das atividades experimentais, uma vez que podem auxiliar no desenvolvimento da compreensão conceitual e metodológica das atividades realizadas;
- ✓ Avaliar a qualidade dos diagramas produzidos pelos estudantes, buscando subsídios em tabela de pontuação proposta por Chamizo (2012);
- ✓ Analisar as produções dos estudantes na resolução dos problemas propostos tendo em vista a identificação de argumentos segundo referenciais teórico-metodológicos da argumentação, especialmente nas perspectivas de Toulmin (2006) e de Erduran, Simon e Osborne (2004);
- ✓ Avaliar, a partir da análise dos dados, a influência das atividades experimentais realizadas no desenvolvimento de habilidades de argumentação nos estudantes envolvidos na pesquisa.

5 METODOLOGIA

5.1 Procedimentos de coleta de dados

A pesquisa em questão é de natureza qualitativa, do tipo estudo de caso, o qual visa à descoberta, enfatiza a interpretação em contexto e busca retratar a realidade de forma complexa e profunda, representando os diferentes pontos de vista presentes numa situação social, usando uma variedade de fontes de informação (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

O estudo em questão foi realizado em duas disciplinas de química de caráter experimental no período de 2015.1. Tratam-se, portanto, das disciplinas de Laboratório de Química Experimental – oferecida no curso de Ciências da Natureza – e Química Geral Experimental – oferecida no curso de Química –, as quais contavam com 14 e 19 alunos matriculados, respectivamente. Inicialmente aplicamos um questionário para caracterizar os discentes (Apêndice C), auto declarados, por meio do termo de consentimento livre e esclarecido, voluntários da pesquisa (Apêndice D). Vale destacar que a presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Piauí, a qual está cadastrada na Plataforma Brasil, sob a identificação CAAE: 43303115.9.0000.5214.

Durante o semestre letivo, os alunos, divididos em grupos, participaram de atividades experimentais de caráter investigativo realizadas sob os preceitos da PBL. A eles cabia propor soluções para uma situação-problema, de natureza científica ou sócio científica, por meio da realização de experimentos, culminando na produção de um diagrama heurístico. Antes do início da realização das atividades, foram fornecidas explicações sobre a proposta de ensino que seria desenvolvida sob os pressupostos da PBL durante o semestre letivo, como também informações referentes à construção do diagrama, especialmente sobre as características de cada categoria que o compõem.

Para o planejamento das atividades experimentais conforme os preceitos da PBL tomamos como referência os trabalhos de Kalivas (2008), Laredo (2013) e Nielsen, Scaffidi e Yerzierski (2014), as quais foram desenvolvidas em três etapas:

- Pré-laboratório: pesquisa orientada sobre o tema da atividade experimental;
- Laboratório: discussão do problema e elaboração e execução do plano de ação;

- Pós-laboratório: análise e discussão dos resultados e produção dos diagramas.

Na etapa do Laboratório, as atividades foram apresentadas aos estudantes segundo a seguinte estrutura:

- Introdução: identificação da temática da atividade relacionando-a com teorias e conceitos;
- Objetivos: apresentação do problema a ser solucionado;
- Segurança: orientações sobre o manuseio de materiais e reagentes e descarte de resíduos;
- Questionário Pré-Laboratório: questões que auxiliavam os alunos sobre conceitos e teorias envolvidos no problema;
- Materiais e Reagentes: material disponível para a resolução do problema;
- Orientações Experimentais (Parte A - Questões para direcionar o problema; Parte B - Dicas para a solução do problema): direcionamento para a tomada de decisão a fim de solucionar o problema;
- Referências: sugestões de referências para a busca de informações sobre o problema proposto.

As atividades experimentais foram desenvolvidas progressivamente. Ao longo do semestre letivo foram realizadas seis atividades experimentais e, conseqüentemente, foram produzidos seis diagramas por cada grupo, porém, para a apresentação e discussão nesta dissertação, optamos por analisar e discutir os diagramas produzidos a partir de três experimentos, realizados no início, meio e fim do semestre, respectivamente, o que permitiu investigar a evolução dos grupos ao longo da realização das atividades propostas.

Os diagramas selecionados foram àqueles produzidos a partir de três atividades experimentais, intituladas respectivamente como: *Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl*, *Acidez do vinagre* e *Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*. 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 há 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, com o intuito de obter apenas o cloreto de sódio (NaCl) (Apêndice E). 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 a fim 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 (Apêndice F). No terceiro experimento, aos alunos foram feitos questionamentos sobre o comportamento de certos materiais frente a algumas variáveis que afetam a velocidade de reação. Para responder a essas perguntas, os alunos deveriam realizar ensaios analíticos que fizessem alusão às situações investigadas e pudessem comprovar suas respostas (Apêndice G). Em todas as atividades foram fornecidas informações sobre os métodos relacionados, assim como os materiais disponíveis para a realização dos experimentos.

No final do semestre, a fim de investigarmos a receptividade dos alunos com relação à proposta de ensino desenvolvida, aplicamos um questionário de impressões elaborado em escala de cinco pontos (Apêndice H). O questionário foi construído com 4 questões, a primeira dizia respeito as opiniões dos alunos sobre os aspectos pertinentes às atividades experimentais, para as quais eles deveriam expressar suas opiniões por meio da escolha de uma entre cinco opções, distribuídas da seguinte forma: ótimo (5); bom (4); indiferente(3); regular (2) e péssimo (1). Na segunda questão eles expressaram suas opiniões com respeito ao nível de dificuldade apresentado na elaboração dos diagramas, com a escolha de um entre cinco dos seguintes itens: muito fácil (5); fácil (4); nem fácil nem difícil (3); difícil (2) e muito difícil (1). A terceira era composta por uma sequência de afirmações relativas à proposta de ensino, para as quais os alunos escolheram uma entre cinco níveis de concordância – concordo fortemente (5); concordo (4); indeciso (3); discordo (2) e discordo fortemente (1) – a alternativa que melhor descrevesse sua opinião. Na quarta questão os estudantes responderam a questões de natureza dissertativa.

Nesse ínterim, compõe o conjunto de dados coletados nesta pesquisa todo o material escrito produzido pelos alunos, ou seja, questionários de caracterização e impressões, respostas dadas ao pré-laboratório, estratégias adotadas para a tomada de decisão (parte A das orientações experimentais) e diagramas produzidos. Vale salientar que nesta dissertação são discutidos os resultados da análise do seguinte recorte: diagramas produzidos, argumentos e respostas dadas ao questionário de impressões sobre a proposta de ensino.

5.2 Referenciais teórico-metodológicos para a análise dos dados

5.2.1 Diagrama Heurístico

Como um dos instrumentos de coleta de dados utilizamos o diagrama heurístico. A justificativa para tal escolha reside no fato de que em atividades experimentais, principalmente quando envolvem a resolução de um problema, o diagrama auxilia na organização, resolução e compreensão das atividades, favorecendo a interação entre os aspectos conceituais e metodológicos. Ele é constituído por elementos que contribuem para que os alunos compreendam que cada experiência é conduzida por uma pergunta ou um problema, com a interação de conceitos científicos e habilidades processuais, durante todo o processo (KNAGGS; SCHNEIDER, 2012). Assim, o instrumento ajuda na organização de uma pesquisa, refletindo sobre os elementos que a constituem, a teoria envolvida, os conceitos que serão trabalhados e a metodologia de pesquisa que será utilizada (BATISTA; NASCIMENTO, 2011).

O diagrama foi proposto originalmente por Gowin, em 1981, para representar e analisar o processo de produção do conhecimento, documentado em artigos de pesquisa, livros e ensaios (MOREIRA, 2005, 2012). A primeira fonte escrita sobre o diagrama intitulado como V de Gowin ou diagrama V foi o livro *“How to learn to learn?”*, publicado por Novak e Gowin em 1984 (TEKEŞ; GÖNEN, 2012).

Desde a sua origem até hoje, o diagrama tem sido utilizado em diversas áreas do conhecimento, desempenhando várias funções, como a capacidade de auxiliar os alunos na resolução de um problema (CHAMIZO, 2012; CAMPILLO; GUERRERO, 2013), compreender significados relativos aos objetos e aos acontecimentos investigados no processo e compreensão da estrutura do conhecimento (VALADARES; FONSECA, 2004; LEBOEUF; BATISTA, 2013; MENDONÇA; CORDEIRO; KIILL, 2014), como também permite ao professor avaliar o processo de aprendizagem dos alunos (CHAMIZO; IZQUIERDO, 2008; RÍOS; VEIT; ARAUJO, 2011). Além disso, o diagrama possibilita o desenvolvimento de habilidades de raciocínio científico e, conseqüentemente, o pensamento crítico, e integra sinteticamente os elementos envolvidos no processo de investigação (SANTOS 2005; KNAGGS; SCHNEIDER, 2012).

Desse modo, por meio desse instrumento os alunos são capazes de sustentar sua opinião sobre a solução do problema, por meio de evidências racionais (BURKE; GREENBOWE; HAND, 2006). Essas evidências podem ser compreendidas como dados de natureza empírica ou teórica que têm a função de apoiar uma conclusão, o que favorece o desenvolvimento da argumentação e competência de raciocínio científico (BRAVO; PUIG; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2009). Com isso, a fim de utilizar o diagrama em diferentes propostas de ensino, pesquisadores propuseram algumas modificações para adequá-lo à natureza dos seus trabalhos. Chamizo e Izquierdo (2008), de acordo com os conceitos de Toulmin, propuseram alterações no lado conceitual – domínio teórico conceitual – do instrumento e o denominaram diagrama heurístico com a finalidade de avaliar as competências de pensamento científico de graduandos em química. Chamizo (2012), com a finalidade de utilizar o diagrama heurístico no tratamento de história da ciência, propôs outras alterações no diagrama, especialmente relacionadas ao seu formato e à implementação da categoria *Referências*, a qual fornecia respaldo científico aos dados produzidos pelos alunos.

Diante do exposto, no desenvolvimento da proposta de ensino utilizamos o diagrama heurístico proposto por Chamizo em 2012 (Figura 7), pois julgamos ser este modelo adequado para ser utilizado, tanto como instrumento de coleta de dados, como instrumento avaliativo, em se tratando de propostas de ensino que envolvem a resolução de problemas por meio de experimentos. Esse fato se justifica porque o diagrama permite aos alunos relacionarem os aspectos teóricos e metodológicos envolvidos nas atividades experimentais, de forma a compreenderem o processo de produção de conhecimento e desenvolverem a argumentação, tendo em vista que o diagrama adotado foi modificado a partir da teoria de Toulmin, o qual acredita que a ciência avança por meio da resolução de problemas. Além disso, a proposta de ensino desenvolvida engloba uma abordagem construtivista e, como inferem Valadares e Fonseca (2004) e Leboeuf e Batista (2013), o instrumento heurístico pode ser utilizado com êxito em uma perspectiva construtivista.

Figura 7 - Diagrama Heurístico proposto por Chamizo (2012).

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 científicos	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: Explicação de que atende a pergunta ao reunir os conceitos e os resultados da metodologia		
REFERÊNCIAS: Livros, artigos de revistas, sites, consultados e utilizados em todas as etapas da investigação		
		Avaliação

O diagrama proposto por Chamizo (2012), apresentado na Figura 7, direciona os alunos a responder a *questão* elaborada sobre o problema proposto, a qual deverá ser explicitada na *conclusão* que, por sua vez, deve trazer de forma sucinta um relato da solução do problema, de modo que esteja relacionada aos *fatos, conceitos e metodologia*, embasados por *referências*. Dessa forma, o diagrama é fundamentado em princípios, com a premissa de que perguntas e resolução de problemas são fundamentais para a atividade científica, e construído de modo que os alunos compreendam um problema de pesquisa com a interação entre todas as suas categorias, em um contexto de pesquisa científica.

Os diagramas heurísticos produzidos pelos alunos, referentes às atividades experimentais, foram avaliados de acordo com os critérios de pontuação propostos por Chamizo (2012), descritos na tabela 2. Neste são estabelecidos quatro níveis (0, 1, 2 e 3) de pontuação para cada uma das categorias do diagrama (*fatos, questão, conceitos, metodologia, conclusão e referências*).

Tabela 2 - Critérios de pontuação do diagrama heurístico.

CATEGORIAS	PONTUAÇÃO	DESCRIÇÃO
Fatos	0	Não apresenta fatos
	1	Fatos são identificados
	2	Fatos e alguns conceitos são identificados
	3	São identificados fatos, alguns conceitos e alguns aspectos metodológicos
Questão	0	Não apresenta questão
	1	Há uma questão baseada em fatos
	2	Há uma questão baseada em fatos e que inclui conceitos
	3	Há uma questão baseada em fatos, que inclui conceitos e sugere aspectos metodológicos
Metodologia	0	Não apresenta metodologia
	1	Há um procedimento que permite a coleta dos dados
	2	Há processamento de dados, apresentados por tabelas, gráficos etc.
	3	Os resultados foram obtidos por meio do processamento dos dados
Conceitos	0	Não apresenta conceitos
	1	As aplicações são identificadas
	2	A linguagem e as aplicações são identificadas
	3	As aplicações, a linguagem e o(s) modelo(s) são identificados
Conclusão	0	Não há conclusão
	1	A conclusão é semelhante ao resultado da parte metodológica
	2	A conclusão traz, além do resultado da parte metodológica, os fatos
	3	A conclusão traz, além do resultado da parte metodológica, os fatos e os conceitos
Referências	0	Não apresenta referências
	1	Existem referências relacionadas apenas com fatos, conceitos ou metodologia
	2	Existem referências relacionadas a fatos e conceitos ou metodologia.
	3	Existem referências relacionadas a fatos, conceitos e metodologia

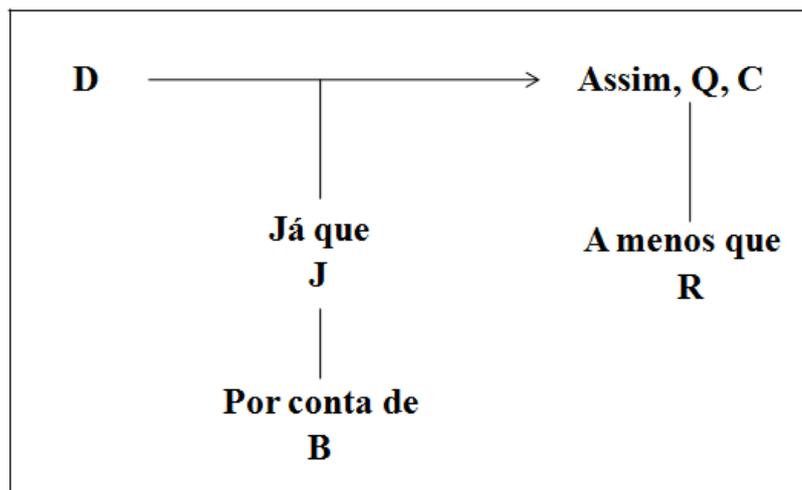
Como observado na Tabela 2, embora cada categoria que constitui o diagrama seja avaliada separadamente, a avaliação permite a interação dessas categorias, pois, de acordo com os critérios de pontuação estabelecidos por Chamizo (2012), na análise dos diagramas devemos observar se uma categoria apresenta elementos que permitem relacioná-la à outra, por exemplo, na avaliação da categoria *questão* deve ser verificado se a mesma é baseada na categoria *fatos*, se inclui conceitos e sugere alguns aspectos metodológicos. O mesmo acontece com a avaliação das categorias *conclusão* e *referências*, as quais devem estar relacionadas aos *fatos*, *conceitos* e *metodologia*. Assim sendo, a pontuação máxima (3 pontos)

é atribuída a uma categoria do diagrama se esta apresentar todos os elementos estabelecidos por Chamizo (2012). A pontuação máxima permitida pela soma das seis categorias integra 18 pontos.

5.2.2 Análise da estrutura dos argumentos

A fim de investigar o desenvolvimento da argumentação pelos estudantes a partir da realização das atividades experimentais, analisamos a categoria *conclusão* dos diagramas heurísticos produzidos por eles. A análise foi realizada de acordo com o modelo de Toulmin (2006), o qual estabelece critérios para analisar a estrutura dos argumentos elaborados sobre um determinado tema. Desse modo, utilizamos a obra de Toulmin – *Os usos do Argumento* –, tendo sua segunda edição sido publicada em 2006. Nela o autor expõe suas ideias a respeito do julgamento de argumentos de diversos campos do conhecimento, incluindo seu modelo para a identificação da estrutura do argumento, conhecido como Padrão de Argumento de Toulmin, referido na língua inglesa como *Toulmin's Argument Pattern* (TAP). O TAP é constituído pelo estabelecimento de seis elementos presentes no esquema da estrutura do Argumento de Toulmin (Figura 8).

Figura 8 - Esquema da estrutura do Argumento de Toulmin (2006)



De acordo com Toulmin (2006), 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 8, 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, também fizemos uso da classificação proposta por Jiménez Aleixandre⁶ (1998 apud BERTELLE; ROCHA; CASTIÑEIRAS, 2014, p. 114-134) para os dados. 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.

Desse modo, o modelo de Toulmin 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 (BRITO; SÁ, 2010; OLIVEIRA; BATISTA; QUEIROZ, 2010).

De acordo com Campillo e Guerrero (2013), o modelo de Toulmin se baseia primordialmente no estabelecimento de uma afirmação ou conclusão, com dados como elementos justificativos para essa afirmação. Sendo assim, o TAP é considerado uma ferramenta poderosa para a compreensão da argumentação no pensamento científico, pois relaciona dados e conclusões mediante leis, teorias, e ajuda a relacionar características do discurso com aspectos da argumentação científica (NASCIMENTO; VIEIRA, 2008). Desse modo, o modelo de Toulmin 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 (NIELSEN, 2013).

⁶ JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 16, n. 2, p. 203-216, 1998.

5.2.3 Análise da qualidade dos argumentos

Para analisar a qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes utilizamos a estrutura analítica proposta por Erduran, Simon e Osborne (2004), os quais utilizaram o Padrão de Argumento de Toulmin (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 3).

Tabela 3 - Níveis para qualificar um argumento.

Nível	Tipo de argumentação
1	Argumentos são uma simples conclusão versus a outra contra-conclusão, ou conclusão.
2	Argumentos consistem em uma conclusão versus 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 apresenta mais de uma refutação.

Dessa forma, os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004) expressos na Tabela 3 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, as autoras Sá, Kasseboehmer e Queiroz (2014, p. 151) 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 conseqüentemente os níveis de argumentação dos estudantes, é necessário observar a frequência de conclusão, dados, justificativas, *backing* e refutação que estão 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, conseqüentemente, mais complexos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentamos a análise dos dados coletados nas disciplinas de Química Geral Experimental e Laboratório de Química Experimental durante a aplicação da proposta de ensino, o qual encontra-se dividido em: análise dos diagramas heurísticos elaborados a partir das atividades experimentais; análise da estrutura dos argumentos produzidos; análise da qualidade dos argumentos produzidos e percepções dos alunos sobre a proposta de ensino aplicada. Com o intuito de apresentar os resultados nos diferentes contextos em que a proposta foi aplicada, separamos as discussões de cada disciplina, as quais denominaremos, a partir de agora, de turma 1 (disciplina de Química Geral Experimental) e turma 2 (disciplina de Laboratório de Química Experimental).

6.1 Análise dos diagramas produzidos a partir das atividades experimentais

Os diagramas heurísticos produzidos pelos alunos a partir das atividades experimentais foram analisados mediante os critérios de pontuação propostos por Chamizo (2012). Para tanto, tomamos como dados os diagramas produzidos por três grupos de alunos da turma 1 (grupos A, B e C) e três grupos de alunos da turma 2 (grupos D, E e F), a partir de três atividades experimentais: *Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl* (Atividade Experimental 1), *Acidez do vinagre* (Atividade Experimental 2) e *Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química* (Atividade Experimental 3). Foram considerados os dados apenas dos alunos que participaram de todas as etapas da pesquisa. Assim, nas duas turmas houve a participação assídua de 11 alunos em cada. Os três grupos pertencentes à turma 1 denominamos de A, B e C, e os três grupos da turma 2 de D, E e F.

6.1.1 Análise dos diagramas produzidos na turma 1

A primeira análise é referente aos diagramas heurísticos produzidos pelos alunos do curso de Bacharelado em Química, matriculados na disciplina de Química Geral

Experimental, aqui denominada turma 1. Os resultados da análise dos diagramas produzidos pelos grupos A, B e C para os três experimentos estão expressos na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Avaliação dos diagramas heurísticos elaborados na turma 1 a partir das atividades experimentais.

CATEGORIAS	DIAGRAMA 1 <i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>			DIAGRAMA 2 <i>Acidez do vinagre</i>			DIAGRAMA 3 <i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Fatos	2	1	3	2	2	3	3	3	3
Questão	2	2	3	2	1	3	3	2	3
Conceitos	3	2	3	3	3	3	3	3	3
Metodologia	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Conclusão	3	2	2	3	2	3	3	3	3
Referências	2	0	1	2	2	2	2	2	3
Total	14	9	15	15	13	17	17	16	18

A partir dos resultados expressos na Tabela 4, verificamos que, de modo geral, os grupos apresentaram pontuações acima da média para os diagramas, com desenvolvimento progressivo durante o processo, apesar de os alunos do grupo B terem adquirido uma nota abaixo da média no diagrama 1. Na categoria *fatos*, nos diagramas produzidos pelo grupo A, a partir das atividades 1 e 2, foram identificados fatos e conceitos relacionados ao tema investigado, enquanto que naquele produzido pelo grupo B, para as mesmas atividades, foram observados apenas fatos e alguns aspectos metodológicos. O grupo C, por sua vez, adquiriu pontuação máxima para a categoria nos diagramas produzidos a partir das três atividades, indicando fatos, alguns conceitos e aspectos metodológicos relacionados às atividades. Por exemplo, para a atividade 1, o grupo indicou fatos e conceitos relacionados às misturas e, ainda, aspectos metodológicos sobre os métodos de separação de mistura. A seguir apresentamos os trechos da categoria *fatos* dos diagramas dos grupos A, B e C referentes à atividade experimental 1:

As técnicas de separação são utilizadas com frequência em indústrias, em laboratórios e no cotidiano. Alterações físicas nas substâncias possibilitam a identificação de cada componente presente na mistura. (1) Misturas são classificadas como homogêneas (apresentam uma única fase) e heterogêneas (apresentam pelo menos duas fases) (Grupo A, Diagrama 1).

Obtenção da concentração de NaCl da mistura heterogênea; É preciso separar tais misturas com métodos físicos; é necessário (determinar) tais substâncias quantitativamente (Grupo B, Diagrama 1).

Solução são misturas homogêneas de uma ou mais substâncias (1); Misturas são associações de duas ou mais substâncias puras (2); Existem vários métodos de separação de mistura tais como: destilação, filtração, decantação, imantação, sublimação, cristalização, entre outros (2). São importantes nos laboratórios e indústrias químicas, na separação de componentes e misturas afim de que cada substância ali contida fique isolada (2) (Grupo C, Diagrama 1).

Com a análise dessa categoria, verificamos que o grupo A privilegiou a parte conceitual e não elencou questões metodológicas relacionadas à temática da atividade, enquanto o grupo B deu ênfase à parte metodológica, em detrimento do aspecto conceitual. Esse fato indica uma ausência de percepção por parte dos alunos dos grupos A e B sobre a relação teoria e prática, a qual deve ser concebida como indissociável. A partir dos critérios de avaliação propostos por Chamizo (2012), somente com a contemplação dos três aspectos (fatos, conceitos e aspectos metodológicos) é que se pode atribuir pontuação máxima. É digno de nota que os três grupos conseguiram obter pontuação máxima para a categoria no diagrama 3, fato que indica maior familiaridade em relação à construção do diagrama e a contribuição das atividades para a observância de tais aspectos.

Para a categoria *questão* também verificamos dificuldades dos alunos em elaborar uma pergunta sobre o tema investigado. Para isso, eles deveriam identificar o fenômeno de interesse, que deveria incidir sobre os *fatos*, conceitos e sugerir aspectos metodológicos relacionados ao problema investigado. O grupo A, nos diagramas 1 e 2, expôs uma *questão* baseada em *fatos* que sugeria alguns aspectos metodológicos, o que não foi diferente para o grupo B nos diagramas 1 e 3, ao passo, que no diagrama 2, a *questão* elaborada estava apenas baseada no método de análise abordado na categoria *fatos*, conforme descrevemos a seguir:

Qual a relevância do método de identificação para amostras adulteradas? (Grupo B, Diagrama 2).

O grupo C, para os três diagramas, apresentou uma *questão* baseada em *fatos* que incluía conceitos e sugeria aspectos metodológicos. Isso também foi alcançado pelo grupo A no diagrama produzido sobre a atividade 3. Exemplificamos ambos os casos a seguir:

Como a velocidade de uma reação química pode ser alterada? Que fatores afetam a velocidade de uma reação química? (Grupo A, Diagrama 3).

Quais fatores influenciam na velocidade de reação? Como verificar se dois compostos em estado físico têm a velocidade de uma reação diferente? Como verificar se dois compostos em concentrações diferentes têm distintas velocidades de reação? Como verificar se ambientes de temperaturas afetam a velocidade de uma reação? (Grupo C, Diagrama 3).

Embora os grupos A e B não tenham considerado os três aspectos (*questão* baseada em *fatos*, que incluía conceitos e sugeria aspectos metodológicos) em suas *questões* nas duas primeiras atividades, não podemos deixar de conferir crédito às suas formulações, pois, em concordância com Moreira (2012), possibilitaram que algo fosse construído, medido ou determinado ao respondê-las, de modo a organizar e dirigir o pensamento que dá sentido ao que está sendo feito.

Na análise da categoria *conceitos*, na qual deveriam ser elencados aspectos concernentes às *aplicações, linguagem e modelos*, observamos um bom desempenho dos grupos. Os grupos A e C obtiveram pontuação máxima nos três diagramas, contemplando os três aspectos na categoria. O grupo B, apenas no diagrama 1, não conseguiu indicar os *modelos* adequadamente relacionados ao tema investigado. Embora tenham apresentado certa compreensão do problema e uma possível solução para ele, não indicaram os *modelos* científicos adequadamente relacionados ao tema. Este fato reflete uma percepção fortemente abstrata dos alunos sobre os *conceitos*, inibindo-os de estabelecer relações entre esses e seus modos de aplicação direta. Eichler (2001) defende que isso é fruto da falta de contextualização em sala de aula e da utilização de uma linguagem adequada, o que contribui para que os alunos considerem os *modelos* científicos abstratos, estando estes fora da sua realidade e sem aplicação concreta.

Na categoria *metodologia*, conforme explicitado anteriormente, os alunos deveriam apresentar os métodos, técnicas, procedimentos e argumentos lógicos usados para responder à *questão*. Esta categoria, portanto, encontra-se subdividida no diagrama em *coleta, processamento e resultados/análise dos dados*. Os alunos dos grupos A e B tiveram dificuldades, principalmente, no diagrama oriundo da primeira atividade experimental realizada e em relação ao item *resultados/análise dos dados*, enquanto os do grupo C não tiveram dificuldades nessa categoria. Para este item, os alunos dos grupos A e B apresentaram apenas um resumo de como foi feita a *coleta* e o *processamento dos dados*, sem discussão sobre os dados encontrados, conforme indicam os trechos a seguir:

Foi feito o processo de separação da mistura para obtenção de NaCl e durante o processo não requer padronização e obteve-se como quantidade total de NaCl 2,072 g (Grupo A, Diagrama 1).

Conforme proposto, separou-se o NaCl da mistura heterogênea na margem de acerto requisitada (Grupo B, Diagrama 1).

Para a extração da amostra de NaCl foi demonstrada tamanha abrangência sobre os conhecimentos de química (Teoria de Arrhenius, Polaridade, Separação de misturas, Densidade, Proporção, etc..). Apesar de se

utilizarem métodos bem precisos, foi apresentado 15% de erro em relação ao valor íntegro do sal contido na mistura inicial (Grupo C, Diagrama 1).

Nos diagramas 2 e 3, relacionados, respectivamente, à *acidez do vinagre* e aos *fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*, os três grupos conseguiram organizar informações relevantes sobre o *processamento dos dados*, discutindo os resultados obtidos com a *coleta de dados* com embasamento teórico concernente ao estudo e justificando seus resultados por meio de informações encontradas em fontes bibliográficas pertinentes à temática em pauta. Por exemplo, no digrama 2 os grupos discutiram seus *resultados* baseados em fontes fidedignas sobre o teor de acidez no vinagre:

O resultado obtido pela titulação mostrou que 2 amostras de vinagre apresenta a quantidade de massa abaixo do valor mínimo determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Na amostra 1 foi possível observar que a massa encontrada representa 4,34% do vinagre. Na amostra 2 a massa representa 3,48%, ou seja, um valor bem abaixo do que é determinado, pondo em risco a qualidade e a saúde dos consumidores. Na amostra 3 que é a da cliente que pediu tal análise o resultado também foi abaixo do ideal pois, segundo os resultados, o ácido acético representa aproximadamente 2%. Ou seja, muito abaixo do valor recomendado (Grupo A, Diagrama 2).

Das amostras testadas, verificou-se que apenas a número 1 estava dentro dos padrões de porcentagem ideais de $C_2H_4O_2$ para a utilização de um consumidor; No problema proposto, o método utilizado pelos analistas, método da titulação por testes, iria garantir um maior controle da qualidade do produto reduzindo os riscos da comercialização de produtos adulterados; Em casos de adulteração de produtos, todo e qualquer consumidor que tenha adquirido esse produto terá seus direitos defendidos por seu código de conduta (Grupo B, Diagrama 2).

Na preparação da solução do vinagre (ácido acético) utilizou-se o método indireto, ou seja, medida volumétrica. Visando economia de tempo e reagente usou-se 5 mL da solução. Como a amostra foi muito diluída usou-se o titulante menos concentrado, visto que poderia se passar do ponto de viragem. Os volumes de base da dupla análise (para todos os ácidos) revelaram-se precisos, uma vez que não ultrapassaram o ponto de equivalência (Grupo C, Diagrama 2).

Na *conclusão*, categoria que apresenta uma explicação para a *questão* ao reunir os *fatos*, *conceitos* e *metodologia*, os três grupos alcançaram resultados satisfatórios, especialmente no diagrama 3. Todos os aspectos para a *conclusão* foram contemplados nos três diagramas do grupo A, para os quais apresentaram *fatos* e *conceitos* além dos resultados da parte metodológica. Os grupos B e C, por sua vez, não atingiram pontuação máxima para esta categoria no diagrama 1. Neste diagrama, a *conclusão* do grupo B apenas incidiu sobre os

resultados da parte metodológica e os *fatos*, não incluíram os *conceitos* que, para Moreira (2012), é um aspecto primordial do diagrama, pois deverão permear todo o trabalho de pesquisa. O grupo C apresentou uma *conclusão* que incidia apenas sobre *conceitos e metodologia*, sem a presença de *fatos* relacionados à questão de pesquisa. A seguir apresentamos as *conclusões* produzidas pelos grupos A, B e C para o diagrama 1, referente à atividade experimental 1:

De acordo com os conceitos dados, misturas podem ser classificadas como homogêneas ou heterogêneas, onde misturas homogêneas ou soluções são caracterizadas por apresentarem uma única fase, enquanto que misturas heterogêneas apresentam pelo menos duas fases. Podem ser encontrados vários tipos de técnicas de separação de misturas e dependendo do processo utilizado é possível obter até todos os componentes de uma mistura separadamente. Sendo assim, para obter somente a massa de NaCl presente em uma mistura de enxofre, areia, NaCl, grampos e vidro optou-se por dois processos de separação simples e que exigiria menos tempo. Foi feito a imantação, dissolução, e filtração da mistura e após foram realizados processos de pesagem, medidas de volume, e evaporação, utilizando os materiais de laboratório (cadinho, pipeta volumétrica 5 ml, béquer, balança analítica, bastão vidro, proveta, placa de petri, bico de bunsen, funil e papel filtro). Ao final dos processos obteve-se 2,072 g de NaCl. Assim obtemos 94,2% da quantidade total de NaCl presente na solução, com porcentagem de erro de 5,8%. Ao término da experiência podemos observar a importância dos processos de separação utilizados em indústrias, laboratórios e até em nosso dia-a-dia, principalmente nas salinas para obtenção de sal e até mesmo em usinas de tratamento de água (Grupo A, Diagrama 1).

Baseado no que sabemos sobre misturas e sua aplicação diária, utilizou-se das técnicas de separação para a obtenção de NaCl. 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. 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 béquer, este foi pesado com e sem sal para determinar a massa do sal (Grupo B, Diagrama 1).

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. 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. Filtrou-se a mistura (97 ml) com o auxílio do funil e do béquer (capacidade de 100 ml), obtendo-se uma solução aquosa de NaCl com 87,5 ml. Com a ajuda da pipeta volumétrica (graduada em 5 ml) pipetou-se 10 ml do filtrado no cadinho e destilou-se a amostra. 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. Com isso, ao fim da prática os objetivos foram cumpridos, ou seja, separou-se o máximo possível de NaCl. Com tudo isso

se observa a importância das soluções e métodos de separação para a sociedade (Grupo C, Diagrama 1).

A análise da categoria *referências*, que representa a exposição das fontes consultadas e utilizadas para a fundamentação teórica das categorias *fatos*, *conceitos* e *metodologia*, indicou que o grupo A, nos três diagramas, relacionou as *referências* com os *fatos* e *conceitos*. O grupo B conseguiu pontuar nesta categoria nos dois últimos diagramas, relacionando as *referências* com *fatos* e *conceitos*. Todavia, no primeiro diagrama, o grupo não apresentou *referências*, o que pode ter influenciado o processo de construção dos conhecimentos relacionados às atividades, os quais dependem do referencial teórico utilizado (CHAMIZO, 2010). O grupo C, no primeiro diagrama, indicou *referências* relacionadas a *fatos*; no segundo, suas *referências* incidiram sobre *fatos* e *conceitos* e, no terceiro, conseguiram pontuação máxima para esta categoria, apresentando *referências* relacionadas a *fatos*, *conceitos* e *metodologia*.

6.1.2 Análise dos diagramas produzidos na turma 2

A segunda análise é referente aos diagramas produzidos pelos alunos do curso de Ciências da Natureza, matriculados na disciplina de Laboratório de Química Experimental, aqui denominada turma 2. A partir dos resultados expressos na Tabela 5, notamos que, os grupos ao longo das atividades não obtiveram um desenvolvimento progressivo nas pontuações dos diagramas, devido a alguns fatores que serão relatados durante a discussão. A seguir fazemos uma análise específica de cada categoria dos diagramas produzidos pelos grupos, destacando suas principais dificuldades na elaboração dos diagramas e, a partir disso, expomos considerações sobre o desempenho dos grupos D, E e F em relação à elaboração dos diagramas a partir das atividades experimentais.

Tabela 5 - Avaliação dos diagramas heurísticos elaborados na turma 2 a partir das atividades experimentais.

CATEGORIAS	DIAGRAMA 1 <i>Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl</i>			DIAGRAMA 2 <i>Acidez do vinagre</i>			DIAGRAMA 3 <i>Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química</i>		
	D	E	F	D	E	F	D	E	F
Fatos	3	2	3	3	3	3	3	2	3
Questão	3	2	2	2	1	1	3	3	3
Conceitos	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Metodologia	2	3	1	2	3	2	2	3	2
Conclusão	3	2	2	3	1	2	3	2	2
Referências	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	16	13	12	14	12	12	15	13	13

Na categoria *fatos*, nos diagramas produzidos pelo grupo D, a partir das atividades 1, 2 e 3, foram identificados fatos, conceitos e aspectos metodológicos relacionados aos temas investigados. O mesmo foi verificado nos três diagramas do grupo F, o que confere aos grupos pontuação máxima para essa categoria, pois, a partir dos critérios de avaliação propostos por Chamizo (2012), somente com a contemplação dos três aspectos (fatos, conceitos e aspectos metodológicos) é possível atribuir pontuação máxima para a categoria. Nos diagramas 1 e 3 do grupo E foram observados apenas fatos e aspectos metodológicos relacionados aos problemas de investigação, enquanto que, para o diagrama 2, o grupo adquiriu pontuação máxima, uma vez que foram identificados fatos, conceitos e aspectos metodológicos relacionados à temática do experimento (*Acidez do vinagre*). Os trechos a seguir exemplificam os *fatos* apresentados nos diagramas dos grupos D, E e F sobre a atividade experimental 1:

Mistura consiste em duas ou mais substâncias fisicamente combinadas em uma proporção qualquer de massa podendo ter composição variável. Podem ser homogêneas com a mesma propriedade ou, heterogêneas com propriedades diferentes (1); As misturas são utilizadas diariamente como produtos essenciais para o dia e, podem ser separadas através de processos de separação como filtração, evaporação, imantação, dentre outros; A filtração consiste na separação do material sólido de uma solução feita com o auxílio de algum tipo de filtro já a evaporação, é a remoção do material líquido para a obtenção do material sólido (2) (Grupo D, Diagrama 1).

Na química, a separação de misturas é muito importante, pois para obtermos resultados mais corretos em pesquisas e experiências, é necessário que as substâncias químicas utilizadas sejam as mais puras possível. Para isso utiliza-se vários métodos de separação, que vão desde a filtração até

complicada destilação fracionada (MARTINS, 2015) (Grupo E, Diagrama 1).

A validade dos resultados das análises químicas depende, inicialmente, da qualidade e da integridade da amostra a ser analisada (1). A filtração é, a primeira vista, um processo muito simples de separação de material sólido de uma solução, feito com o auxílio de algum tipo de filtro (2). Filtração é a separação do precipitado da água mãe e seu objetivo é o isolamento quantitativo do sólido e do meio filtrante, livres da solução (3) (Grupo F, Diagrama 1).

Nos *fatos* expostos anteriormente sobre a atividade experimental 1 verificamos os conhecimentos prévios dos grupos em relação aos conceitos relacionados à temática de separação de misturas. Por exemplo, no trecho do grupo D o qual descreve que “*as misturas são utilizadas diariamente como produtos essenciais para o dia a dia e podem ser separadas através de processos de separação como filtração, evaporação, imantação, dentre outros*”, nota-se a presença dos conhecimentos prévios do grupo, referente aos tipos de processos de separação. O mesmo pode ser verificado quando o grupo E relata que “*na química, a separação de misturas é muito importante, pois para obtermos resultados mais corretos em pesquisas e experiências, é necessário que as substâncias químicas utilizadas sejam as mais puras possível*”. Assim, como Chamizo e Izquierdo (2008) afirmam, os *fatos* não são independentes dos observadores nem de sua forma de ver o mundo.

Com a análise dessa categoria, verificamos que os grupos D e F não apresentaram dificuldades na elaboração dos *fatos*. O grupo E, porém, demonstrou dificuldades em elencar conceitos pertinentes às atividades na categoria *fatos* nos diagramas 1 e 3, dando ênfase apenas à parte metodológica. É digno de nota que os três grupos conseguiram obter pontuação máxima para essa categoria no diagrama 2, fato que indica maior conhecimento dos grupos em relação aos *fatos* referentes ao tema *acidez do vinagre*, englobando aspectos conceituais e metodológicos.

Para a categoria *questão*, a qual apresenta uma pergunta relacionada ao tema investigado, que deve incidir sobre os *fatos*, *conceitos* e *aspectos metodológicos*, também verificamos dificuldades dos grupos em elaborar uma pergunta sobre o tema de interesse, especialmente no diagrama referente à atividade experimental 2. Como indica Chamizo (2012), geralmente os alunos demonstram maior dificuldade para construir uma *questão* adequada para o assunto. Desse modo, para essa atividade, o grupo D apresentou uma *questão* baseada em *fatos* que sugeria aspectos metodológicos, por outro lado, as *questões* dos grupos

E e F apenas sugeriria aspectos metodológicos relacionados à temática, conforme descrevemos a seguir:

O que fazer para identificar possíveis alterações no teor das amostras de vinagre? (Grupo D, Diagrama 2).

O que fazer para identificar possíveis alterações no teor do vinagre? (Grupo E, Diagrama 2).

Como descobrir possíveis alterações no teor de amostras de vinagre. (Grupo F, Diagrama 2).

Com a análise dessa categoria, podemos afirmar que a *questão* pode ter influenciado na elaboração das outras categorias, especialmente na *conclusão*, como verificado na Tabela 5, uma vez que é a categoria que atende à pergunta (*questão*) ao reunir os *conceitos* e resultados da *metodologia*. Segundo Burke, Greenborke e Hand (2006), as formulações das *questões* ajudam os alunos a focar nos aspectos mais importantes da atividade experimental e a organizar suas informações. No entanto, no diagrama referente à atividade experimental 3 (*Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*), os três grupos apresentaram uma *questão* baseada em *fatos* que incluía conceitos e sugeriria aspectos metodológicos, fato que demonstra a compreensão dos grupos sobre os aspectos pertinentes a essa categoria, e conhecimento sobre os objetivos relacionados à atividade experimental, conforme explicitamos a seguir:

É possível a explicação de como e por que as variáveis de concentração, superfície de contato e temperatura influenciam em situações do dia por meio de experimentos e conhecimentos sobre cinética química? (Grupo D, Diagrama 3).

Quais fatores influenciam na velocidade da reação química? O que fazer para aumentar a velocidade de uma reação? (Grupo E, Diagrama 3).

Como as variáveis podem aumentar ou diminuir a velocidade de uma reação química? (Grupo F, Diagrama 3).

Na análise da categoria *conceitos*, na qual deveriam ser elencados *aplicações*, *linguagem e modelos* relacionados ao tema investigado, verificamos um bom desempenho dos três grupos, especialmente nos diagramas 1 e 2, os quais obtiveram pontuação máxima para a categoria, uma vez que apresentaram *aplicações*, *linguagem e modelos* relacionados aos temas de investigação das atividades experimentais. O grupo D obteve nota máxima para os três diagramas. Por outro lado, os grupos E e F, no diagrama 3, não conseguiram indicar os *modelos* adequadamente relacionados à atividade experimental, pois, apenas elencaram

aplicações e linguagem relacionadas ao tema de investigação. Por exemplo, como *modelos* relacionados a essa atividade, indicaram as propriedades intensivas e extensivas, embora estas estivessem relacionadas aos conceitos de concentração e temperatura, não podem ser consideradas como *modelos*, mas *linguagem*.

Na categoria *metodologia*, a qual deveria apresentar os procedimentos utilizados na resolução do problema (*coleta de dados*), os resultados obtidos com a coleta dos dados (*processamento de dados*) e a discussão dos resultados expressos no processamento dos dados (*resultados/análises dos dados*), verificamos que apenas os grupos D e F tiveram dificuldades nesta categoria. O grupo D, nos três diagramas, conseguiu apresentar adequadamente apenas a *coleta e o processamento de dados*, enquanto que para os *resultados/análises dos dados* apresentou somente um resumo de como foi feita a *coleta e o processamento dos dados*, sem discussão dos resultados obtidos. O grupo F, no diagrama 1, apenas apresentou a *coleta de dados*; no diagrama 2, a *coleta e o processamento dos dados* e, no diagrama 3, a *coleta e resultados/análises dos dados*. O grupo E, por sua vez, obteve pontuação máxima nos três diagramas, pois, apresentou a *coleta, processamento e resultados/análises dos dados*. A seguir, apresentamos os *resultados/análises dos dados* produzidos pelos grupos D, E e F para o diagrama 1:

A obtenção de do NaCl foi possível através de dois processos de separação de misturas a filtração obtendo-se o NaCl + água com um volume total de 91 mL. O outro processo foi a evaporação da água restando o NaCl com uma massa de 0,278 g em 10 mL de solução. A massa do NaCl inicial era de 2 g e, através de um cálculo matemático simples obtivemos a massa final em 2,5298 g para 91 mL de solução (Grupo D, Diagrama 1).

De acordo com o experimento pode-se constatar que existem vários processos de separação. Porém podemos ganhar tempo e obter um custo menor, com o processo de separação por filtração. Pois a filtração é mais simples de realizar e é um processo mecânico que serviu para desdobrar misturas heterogêneas de um sólido disperso, em um líquido (Grupo E, Diagrama 1).

Para a obtenção da solução de NaCl utilizou-se o método de diluição de solução e, em seguida filtração. Realizou-se o processo de ebulição para a obtenção do NaCl (Grupo E, Diagrama 1).

Conforme as informações descritas no item *resultados/análises dos dados*, no diagrama referente à atividade 1, o grupo D apresentou informações semelhantes às dispostas no *processamento de dados*. O grupo E, por outro lado, embora tenha apresentado algumas dificuldades na elaboração dos seus *resultados/análise dos dados*, conseguiu discutir os resultados obtidos, justificando a escolha do método de separação. O grupo F apenas

apresentou um resumo da *coleta dos dados*. Os grupos D e F obtiveram o mesmo resultado para este item para o diagrama 2. No diagrama 3, o grupo F apresentou evolução para esse item, conforme apresentamos a seguir:

A solução de 1 mol em 10 mL, foi preparada com a utilização de 5 mL de H₂O e 5 mL de NaOH concentrado. A amostra que reagiu com o papel alumínio mais rápido foi a de NaOH concentrado. Foi utilizado um prego e palha de aço para reagir com 2 mols de HCl tendo na palha de aço uma reação quase que imediata. Em outra situação foi utilizado um comprimido efervescente com as massas de 1,966 g e 2,09 g sendo que o primeiro reagiu com H₂O natural a 25,2 °C e, o segundo com a H₂O gelada a 19,5 °C tendo sido este que reagiu mais rapidamente (Grupo D, Diagrama 3).

De acordo com a realização do experimento, pode-se perceber que fatores influenciam na velocidade da reação. Que quanto maior a concentração, maior a velocidade da reação, pois ocorre o aumento do número de moléculas reagindo na unidade de volume havendo o número de colisões entre elas, que quanto maior a superfície de contato maior a velocidade, isso ocorre porque as reações acontecem entre as moléculas que ficam na superfície dos reagentes, e quanto maior a temperatura maior será a velocidade da reação, isso acontece porque, com o aumento da temperatura, a energia cinética das moléculas das substâncias reagentes aumentam (Grupo E, Diagrama 3).

Na reação entre a água destilada e o hidróxido de sódio, observou-se que a solução concentrada de NaOH reagiu com o papel alumínio em menos tempo (reação com liberação de gás hidrogênio – efervescência), pois uma maior concentração dos reagentes provoca um maior número de interações entre as espécies. Na reação do ferro com o ácido clorídrico nas amostras, observou-se que a palha de aço apresentou maior velocidade de reação em consequência de uma maior superfície de contato entre os reagentes. O ferro reage com o ácido clorídrico formando cloreto de ferro II e gás hidrogênio (efervescência). Na reação entre a água destilada e o comprimido efervescente, observou-se maior velocidade de reação no caso do comprimido com a água destilada à quente (75,7 °C) em relação a água destilada à temperatura ambiente (26,3 °C). Isso ocorre porque uma maior temperatura aumenta o grau de agitação das moléculas, fazendo com que elas interajam com maior velocidade, ocasionando uma reação mais rápida (Grupo F, Diagrama 3).

Com a análise do item *resultado/análises dos dados* expostos na categoria *metodologia* dos diagramas, verificamos que o grupo D apenas descreveu a *coleta e o processamento dos dados*, conforme também aconteceu nos diagrama 1 e 2, enquanto que os grupos E e F discutiram os resultados obtidos a partir de seus conhecimentos a respeito dos fatores que influenciam a velocidade de uma reação química.

Na categoria *conclusão*, categoria que deveria apresentar uma explicação para a *questão* ao reunir os *fatos, conceitos* e resultados da *metodologia*, apenas o grupo D obteve pontuação máxima nos três diagramas, com a contemplação de todos os aspectos exigidos. Os

grupos E e F, por sua vez, nos três diagramas não atingiram pontuação máxima para a categoria. No diagrama sobre a atividade experimental 2, os grupos apresentaram *conclusões* distintas, as quais são descritas a seguir:

Conforme a literatura, ácido é uma substância que reage com água produzindo H_3O^+ e, a base produz OH^- de acordo com Arrhenius. O vinagre possui uma substância denominada ácido acético que é conhecido por ser um ácido fraco. Para que ocorra a padronização de uma solução com este composto, a fenolftaleína é o indicador mais adequado, pois quanto mais fraco o ácido, mais desfavorável se torna a titulação em função do pH. Para obter possíveis alterações no teor das três amostras de vinagre, foi necessário o cálculo da massa molar do ácido acético em 60 molar. Para padronizar a solução com o menor gasto de titulante, utilizamos a solução de NaOH com concentração 0,206 mol/L com um volume de 18 mL para uma alíquota de 5 mL da solução de vinagre. Realizamos medidas de volume e titulação da solução com o auxílio de materiais de laboratório (pipeta volumétrica, pipetador, béquer, erlenmeyer, bureta, garras, suporte universal). Através de cálculos, encontramos valores para as três amostras realizadas em duplicatas. Dessa forma verificamos que a amostra 1 possui um teor de 4,75% de ácido acético estando entre o teor esperado de 4% a 5% não ocorrendo alterações. Nas amostras II com 3,68% e III com 2,48%, notaram-se alterações no teor estando abaixo do esperado o que nos deixou como hipóteses, possíveis alterações na quantidade da água para a fabricação do vinagre ou, uma quantidade menor do volume de ácido acético na produção. Com isso, o objetivo de analisar o teor de ácido acético nas amostras de vinagre foi alcançado pois através dos cálculos e análises, encontramos duas amostras com as alterações. Logo, com o desenvolvimento da atividade experimental, verificamos a importância de conhecer nossos direitos como consumidores para alertarmos possíveis alterações em uma determinada produção de alimentos (Grupo D, Diagrama 2).

Anotou-se o volume de solução de hidróxido de sódio usado em cada uma das 3 amostras e com esses valores, pode-se calcular o teor de acidez, ou seja, a porcentagem de ácido acético presente no vinagre, e os valores encontrados foram Amostra 1: 4,239%, Amostra 2: 31,455% e Amostra 3: 15,0225%. A experiência foi feita em duplicata para se ter uma melhor análise do vinagre, e a partir da 3 amostras, pode-se calcular a acidez do vinagre, fazendo uma relação diretamente entre o volume e massa das amostras. A acidez apresentou uma grande margem de erro, que pode ter sido causada por um erro de medição do vinagre antes de o mesmo ser diluído (Grupo E, Diagrama 2).

Segundo a literatura, a titulação é amplamente utilizada em química analítica para determinar ácidos, bases e muitas outras espécies. Desta forma, para descobrir o ponto de equivalência de uma solução de vinagre, solicitada pela professora, que seria utilizada para análise de teor ácido-básico posteriormente, optou-se por um método mais simples e rápido. Com o auxílio dos materiais disponíveis no laboratório (balão volumétrico, béquer, bureta, erlenmeyer, pipeta volumétrica, pêra e suporte universal), no final da prática, alcançamos o objetivo desejado. Verificou-se que dentre as amostras analisadas duas encontravam-se adulteradas e uma encontrava-se dentro da média estipulada. Logo com o desenvolvimento da

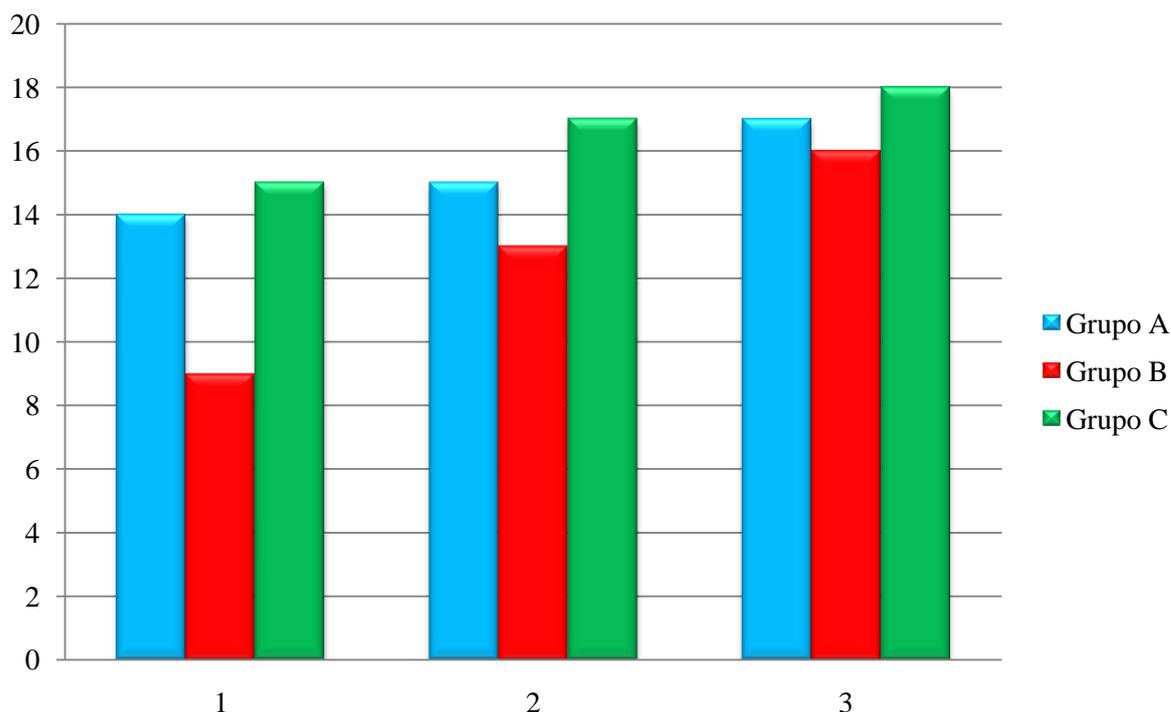
atividade experimental verificamos a importância do balanceamento de soluções em vários setores da sociedade (Grupo F, Diagrama 2).

Com a análise das *conclusões* expostas anteriormente, percebemos que o grupo D apresentou uma *conclusão* que incluía *fatos* relacionados ao vinagre, sua composição e sobre o método de análise, *conceitos* de ácidos e bases de acordo com a teoria de Arrhenius, e resultados da *metodologia*, que indicam os resultados obtidos com as análises e sua relevância. O grupo E, no entanto, apresentou *conclusão* baseada apenas na *metodologia*, e o grupo F elaborou uma *conclusão* que incluía *fatos* referentes ao método de análise e os resultados da *metodologia*. Podemos constatar que a elaboração das *conclusões* foram influenciadas pelas outras categorias do diagrama, uma vez que reúne os elementos que compõem o diagrama, por exemplo, no diagrama 3, percebemos que a dificuldade apresentada pelos grupos E e F na categoria *conceitos*, com a ausência de *modelos* adequados ao tema investigado, influenciou a *conclusão*, pois não apresentaram *conceitos* nesta categoria, suas *conclusões* apenas traziam os resultados da *metodologia* e os *fatos*.

Na categoria *referências*, que deveria apresentar as fontes bibliográficas utilizadas para a fundamentação teórica das categorias *fatos*, *conceitos* e *metodologia*, verificamos que o grupo D, no diagrama 1, relacionou as referências aos *fatos* e *metodologia*, enquanto nos diagramas 2 e 3 apenas aos *fatos*. Os grupos E e F conseguiram relacionar as *referências* com a categoria *fatos* nos três diagramas. Embora tenha sido explicitado aos alunos a relevância das informações serem referenciadas, observamos ausência de pesquisa em fontes bibliográficas sobre as atividades realizadas, o que pode ser confirmado com a pontuação que os grupos obtiveram nos diagramas, especialmente no diagrama 3, para o qual, na categoria *conceitos*, houve ausência de *modelos* adequadamente relacionados à atividade. A falta de referências pode sugerir falta de conhecimentos teóricos para respaldar as evidências coletadas por meio da experimentação.

6.1.3 Considerações sobre os diagramas produzidos nas turmas 1 e 2

De acordo com as pontuações dos diagramas dos grupos da turma 1, verificamos que eles obtiveram um desenvolvimento progressivo ao longo da realização das atividades experimentais, como exposto na Figura 9.

Figura 9 - Pontuações dos diagramas heurísticos dos grupos da turma 1.

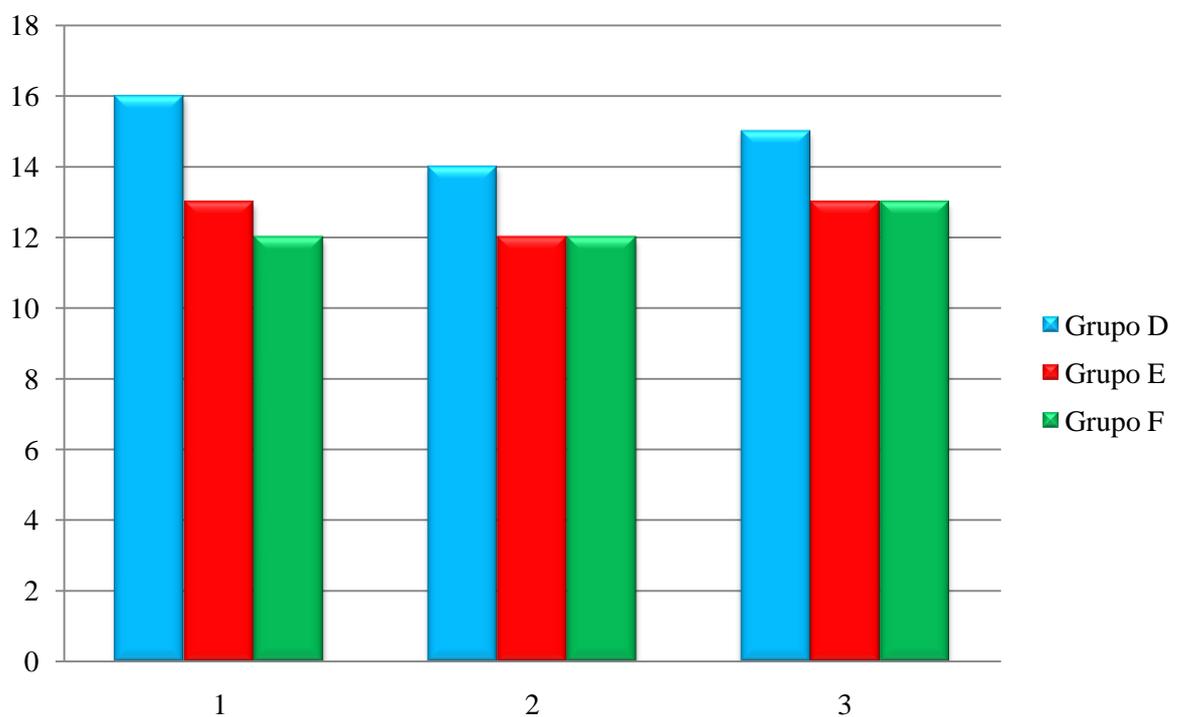
Conforme a Figura 9, podemos verificar que os grupos A, B e C obtiveram evolução na construção de seus diagramas. Acreditamos que a natureza das atividades tenham despertado dedicação e envolvimento por parte dos grupos ao longo do processo de aprendizagem, com o desenvolvimento de autonomia e autoconfiança, o que os tornou corresponsáveis por sua aprendizagem, conscientes de seu papel no desenvolvimento das atividades experimentais. De acordo com Jalil (2006), esse é fator essencial para os alunos aprenderem a resolver problemas, tanto em pesquisas científicas, quanto fora do laboratório. Podemos destacar, ainda, que a natureza do problema também influenciou no desenvolvimento dos grupos, pois demonstraram maior interesse em realizar atividades que tratavam de problemas mais concretos e ligados ao seu cotidiano, como por exemplo, na atividade experimental 3, em que teriam que realizar investigações sobre os *fatores que influenciam a velocidade de uma reação química* para explicar alguns acontecimentos do cotidiano, os quais geraram os diagramas mais bem avaliados para os três grupos.

Diante dos resultados obtidos na análise dos diagramas heurísticos, podemos afirmar que, embora os três grupos tenham apresentado dificuldades na elaboração dos diagramas, devido à falta de familiaridade com o instrumento e outros fatores concernentes à aprendizagem, eles obtiveram resultados satisfatórios e apresentaram evolução ao longo do processo. Assim, por meio dos diagramas, foi possível identificar o percurso metodológico e

os fundamentos científicos que os alunos utilizaram para resolver os problemas propostos nas atividades experimentais, sugerindo que esta metodologia possibilitou a interação entre os aspectos conceituais e metodológicos, favorecendo o desenvolvimento de certas habilidades científicas.

Para a turma 2, verificamos que os grupos não obtiveram um desenvolvimento progressivo ao longo do período, o que pode ser verificado de acordo com as pontuações dos diagramas heurísticos ilustradas na Figura 10.

Figura 10 - Pontuações dos diagramas heurísticos dos grupos da turma 2.



As pontuações dos diagramas (Figura 10) revelam que o diagrama que os grupos obtiveram maior pontuação foi o referente à atividade experimental 1 (*Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl*). Para o segundo diagrama, os alunos obtiveram menor pontuação e, no terceiro, conseguiram obter pontuação melhor que a anterior. Desse modo, podemos afirmar que o grupo F foi o que demonstrou uma pequena evolução ao longo do processo. Porém, de modo geral, os grupos obtiveram desempenho com poucas variações, o grupo D obteve melhor pontuação no diagrama 1; o grupo E, nos diagramas 1 e 3, obteve pontuações constantes; enquanto que o grupo F apresentou melhor desempenho no diagrama 3. Isso demonstra que os três grupos obtiveram menores pontuações no diagrama 2. Esse fato pode ser explicado pela natureza e nível das atividades propostas: como a atividade experimental 1 era considerada a mais simples por apresentar conceitos mais

básicos, uma vez que englobava processos de separação de misturas e sobre os quais os alunos supostamente possuíam conhecimentos prévios suficientes sobre o conteúdo, não sentiram grandes dificuldades para a realização da mesma.

A segunda atividade trazia um problema sobre *a acidez do vinagre*, que requeria conhecimentos sobre técnicas de titulação, conceitos de ácido, base, reações químicas, entre outros, os quais podem ser considerados pelos alunos como mais complexos e abstratos. Com relação ao último diagrama podemos justificar o melhor desempenho dos alunos pela relação mais evidente entre teoria e prática no problema proposto. Além disso, o desempenho dos alunos também pode ser justificado, como propõe Herreid (2013), pelo o grau de aprendizagem que depende de diversos fatores, dentre eles, podemos destacar o assunto e o tempo investido pelos alunos no estudo, o que é evidenciado com a análise dos diagramas, especialmente na categoria *referência* do diagrama, a qual indicou a falta de conhecimento teórico para respaldar as informações contidas nas categorias *fatos, conceitos e metodologia*.

Com a análise das pontuações dos diagramas produzidos pela turma 2, verificamos que embora os grupos D, E e F, não tenham adquirido pontuação máxima nos diagramas, eles obtiveram pontuação média nos três diagramas heurísticos, o que confere crédito aos mesmos, que foram capazes de organizar informações a respeito do problema, com a compreensão dos aspectos conceituais e metodológicos, propondo uma resolução para o problema. Assim, podemos ressaltar que mesmo com as dificuldades apresentadas na elaboração dos diagramas, por meio do instrumento, os grupos conseguiram comunicar seus resultados de modo a permitir a identificação da questão de pesquisa, dos aspectos conceituais e metodológicos envolvidos nas atividades experimentais.

Diante dos resultados obtidos na análise dos diagramas heurísticos produzidos pelas duas turmas, podemos inferir que, embora os grupos tenham explicitado dificuldades na elaboração dos diagramas, obtiveram resultados satisfatórios, especialmente se levarmos em consideração a falta de familiaridade com a metodologia pautada na PBL e o instrumento utilizado no registro e organização dos dados coletados durante a realização dos experimentos, bem como a afinidade com alguns temas que influenciou diretamente no desenvolvimento dos grupos. Dessa forma, analisando os diagramas heurísticos produzidos, os resultados sugerem que o instrumento possibilitou a integração dos aspectos conceituais e metodológicos concernentes a cada atividade experimental, o que influenciou na aprendizagem dos alunos. Logo, os resultados corroboram com as indicações de Moreira (2012) que o diagrama heurístico identifica o ponto central da aula, os conceitos básicos

envolvidos, a metodologia, os conhecimentos relevantes e o valor desses conhecimentos na formação dos graduandos.

Assim, propomos que a utilização do diagrama, principalmente em atividades de caráter investigativo, contribui positivamente no processo de construção da aprendizagem. Além disso, apresenta potencial como instrumento avaliativo, o qual possibilita verificar o nível da aprendizagem dos alunos, permitindo ao professor realizar a mediação do conhecimento de forma mais eficaz, corrigindo possíveis erros conceituais, o que influencia positivamente no processo de construção do conhecimento pelos estudantes.

6.2 Análise da estrutura dos argumentos

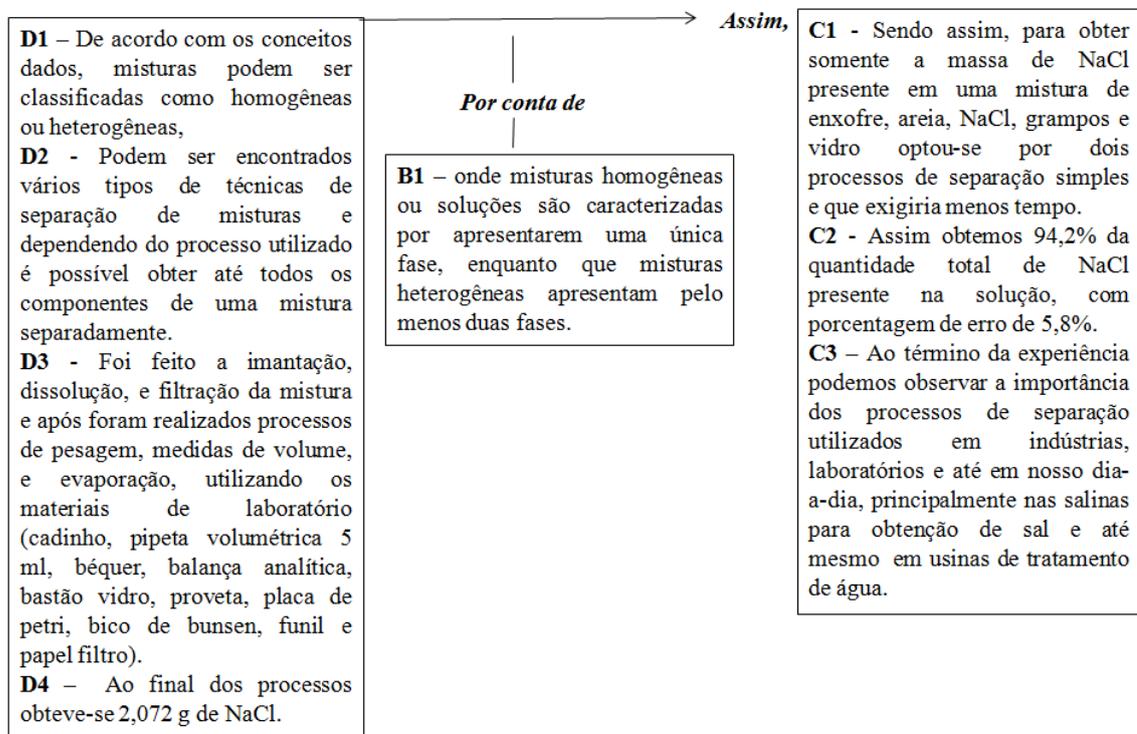
Foram tomadas como objeto de identificação e análise dos argumentos as respostas dos alunos para a categoria *conclusão* nos diagramas produzidos nas turmas 1 e 2. Conforme explicitado anteriormente, nesta categoria os alunos deveriam reunir todos os aspectos pertinentes ao processo de resolução do problema e a resposta para tal. Logo, partimos da hipótese de que na construção de suas *conclusões* os alunos 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.

Para essa análise fizemos uso do Padrão de Argumento de Toulmin (2006), a partir do qual procuramos identificar os seguintes componentes: dados (D), justificativa (J), conclusão (C), *backing* (B), refutação (R) e qualificador modal (Q). Vale salientar que esses componentes foram descritos no tópico “Referenciais teórico-metodológicos para a análise dos dados”, do capítulo “Metodologia” desta dissertação. Nos tópicos que seguem apresentamos os resultados da identificação e análise dos argumentos produzidos no item *conclusão* dos diagramas discutidos anteriormente, ou seja, aqueles produzidos pelos grupos A, B e C (turma 1) e pelos grupos D, E e F (turma 2).

6.2.1 Análise da estrutura dos argumentos produzidos na turma 1

Na Figura 11 a seguir temos 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*):

Figura 11 - 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 Toulmin (2006).



De acordo com a Figura 11, 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. Esses dados (D) são apoiados por *backing* (B1), que corresponde a conhecimentos teóricos sobre misturas homogêneas e heterogêneas. Assim, 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). Na Figura 12 a seguir temos a estrutura do argumento produzido pelo grupo B referente à mesma atividade.

Figura 12 - 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 Toulmin (2006).

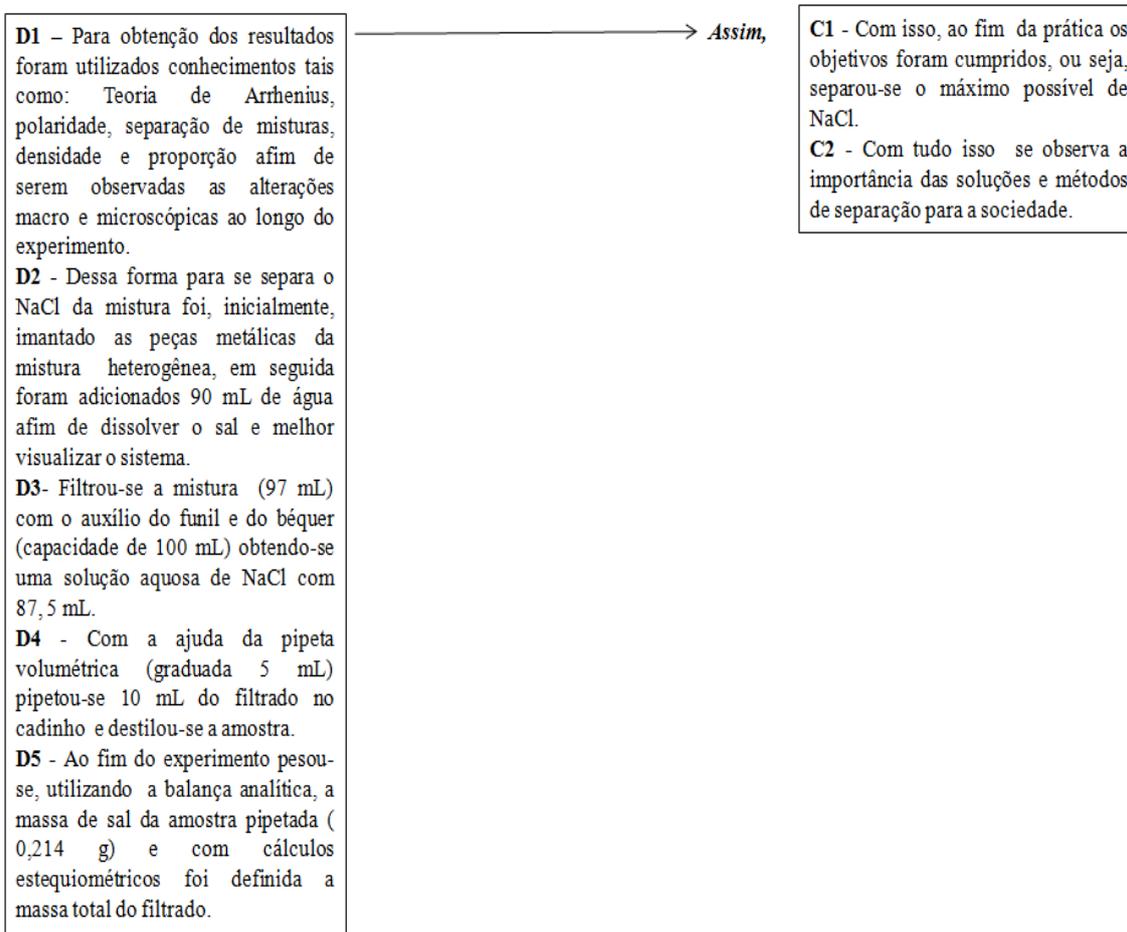
D1 – Baseado no que sabemos sobre misturas e sua aplicação diária, utilizou-se das técnicas de separação para a obtenção do NaCl

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 béquer, este foi pesado com e sem sal para determinar a massa do sal.

Conforme indica a Figura 12, 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, classificados como dados empíricos. Na *conclusão* produzida pelo grupo C sobre a resolução do problema proposto, identificamos os seguintes componentes (Figura 13):

Figura 13 - 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 Toulmin (2006).



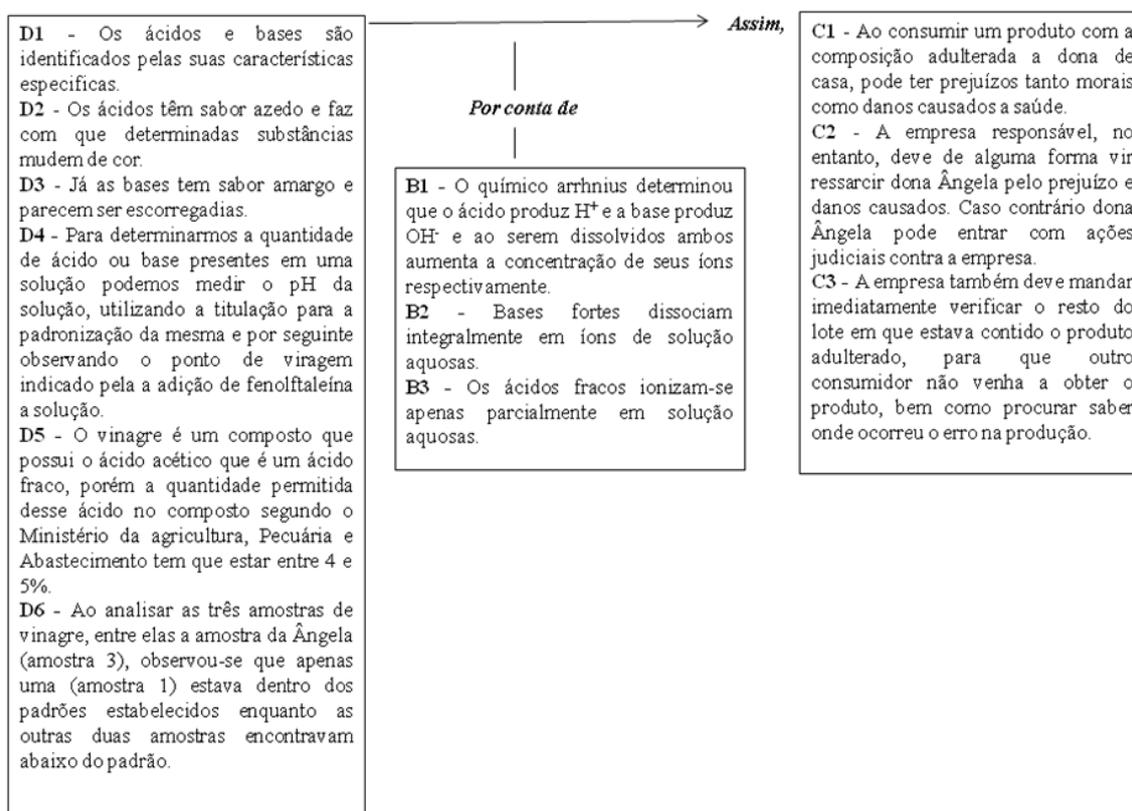
Como pode ser observado na Figura 13, a *conclusão* produzida no diagrama do grupo C para a atividade 1 indica a presença de dados empíricos, relacionados aos conhecimentos teóricos que utilizaram para a resolução do problema (D1), e a coleta e processamento dos dados (D2, D3, D4 e D5). Há, ainda, duas 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.

Na perspectiva de Toulmin (2006), não podemos classificar as *conclusões* apresentadas pelos grupos A, B e C como argumentos, pois, para que sejam considerados como tal, deveriam apresentar os elementos básicos, como conclusão, dados e justificativa. Nas conclusões apresentadas pelos grupos A e B não foram apresentadas justificativas e, na produzida pelo grupo B, foram apresentados apenas dados. Ainda que no modelo de Toulmin

(2006) não se levem em conta outras combinações dos componentes para classificar determinado enunciado como argumento, reconhecemos como válida a combinação de elementos apresentada pelo grupo A na sua conclusão, uma vez que fizeram uso de conhecimentos básicos (*backings*) para sustentar seus dados e apoiar a conclusão.

Na Figura 14 a seguir temos a estrutura do argumento produzido na *conclusão* do diagrama 2 pelo grupo A, referente à atividade experimental sobre *acidez do vinagre*.

Figura 14 - Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin (2006).



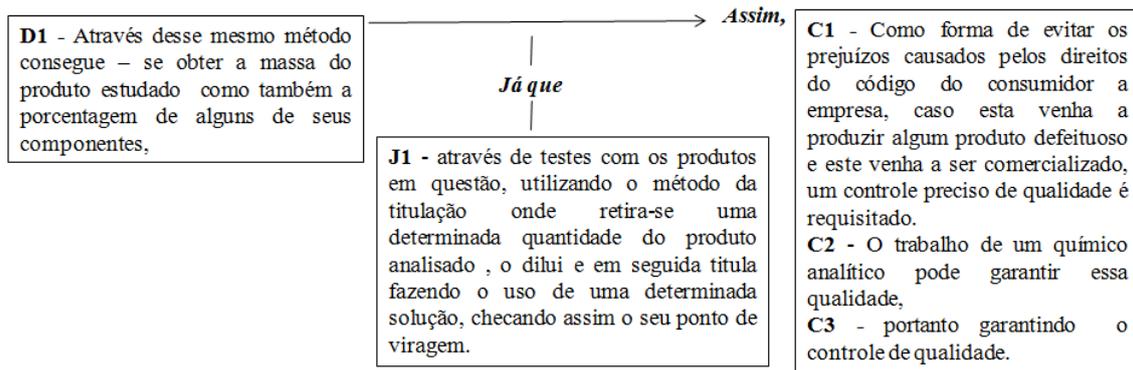
No esquema do argumento ilustrado na Figura 14 podem ser observados dados fornecidos (D1, D2, D3 e D5), os quais dizem respeito a definições sobre ácidos, bases e vinagre, e dados empíricos (D4 e D6), que trazem informações sobre o método de análise e resultados obtidos por meio da coleta dos dados. 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 ressarcí-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. 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.

A seguir, na Figura 15, temos a estrutura do argumento produzido pelo grupo B na *conclusão* do diagrama referente à atividade experimental 2 (*Acidez do vinagre*).

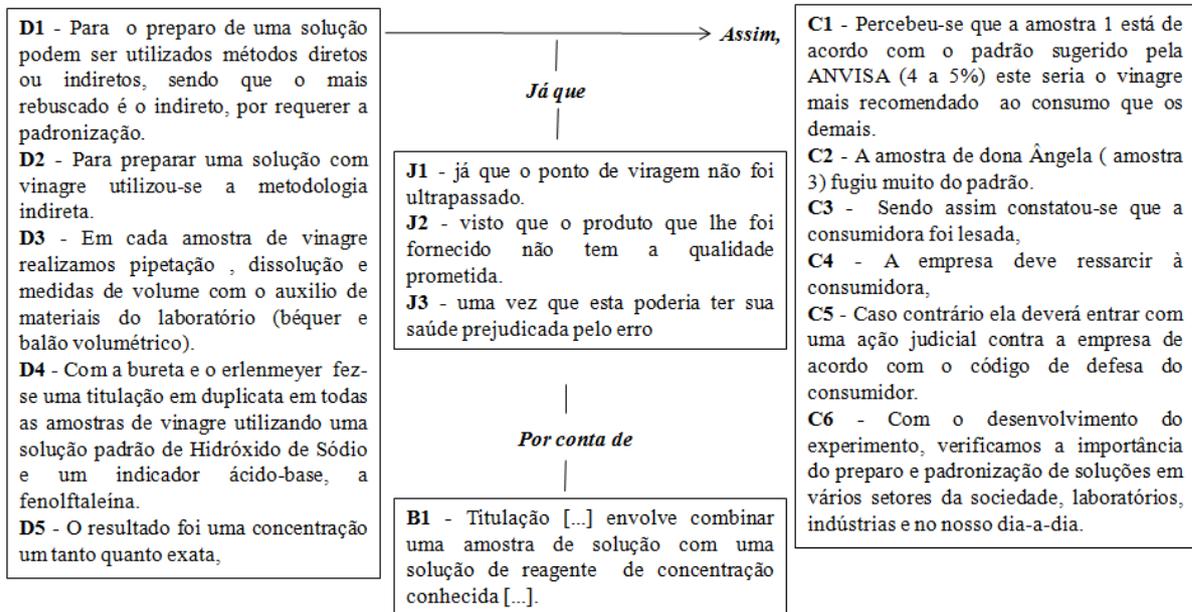
Figura 15 - Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin (2006).



Como é possível verificar a partir da Figura 15, o grupo B produziu um argumento com os componentes dados, justificativa e conclusão, elementos estes considerados por Toulmin (2006) como fundamentais na estrutura de um argumento. No referido argumento consta 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 nos permite inferir que o grupo forneceu um argumento técnico para o problema proposto, se restringindo apenas as análises das amostras, não emitindo juízo de

valor com relação ao problema da consumidora. Na Figura 16, apresentamos o esquema do argumento produzido pelo grupo C para a mesma atividade.

Figura 16 - Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade experimental 2 (*Acidez do vinagre*) segundo o modelo de Toulmin (2006).



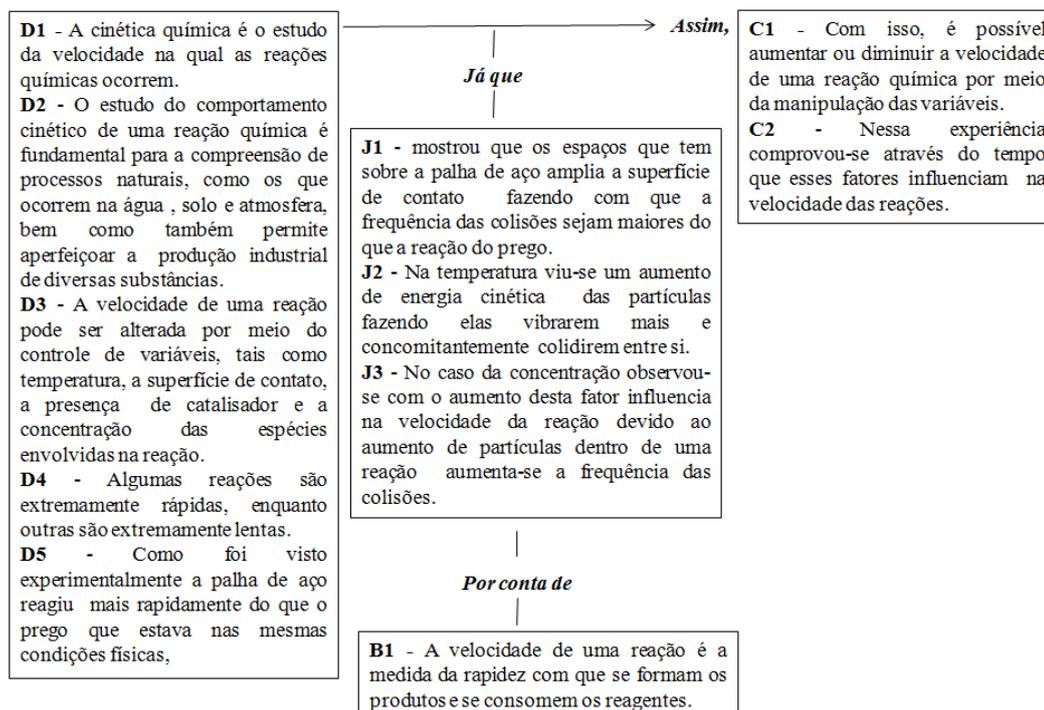
Como exposto na Figura 16, o grupo C apresentou na *conclusão* de seu diagrama, dado fornecido sobre o preparo e padronização de solução (D1), dados empíricos sobre a metodologia utilizada para investigar o teor de ácido acético nas amostras de vinagre (D2, D3, D4 e D5), sustentados por justificativas (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).

Com a análise das *conclusões* produzidas pelos grupos no diagrama referente à atividade experimental 2 verificamos 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 seja considerada própria de um argumento segundo o modelo de Toulmin (2006). 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 seguir na Figura 17, temos o esquema para o argumento produzido na conclusão do grupo A para a atividade experimental 3 (*Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*), a qual tratava de questionamentos sobre o comportamento de certos materiais frente a algumas variáveis que afetam a velocidade de reação.

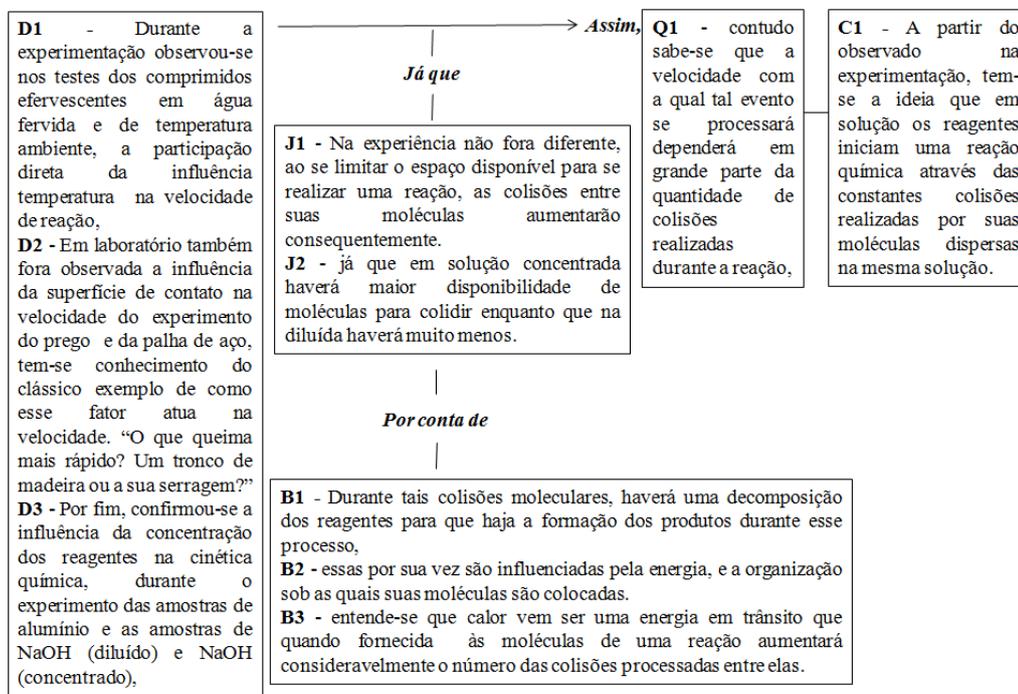
Figura 17 - Esquema do argumento do grupo A produzido na resolução da atividade experimental 3 (*Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*) segundo o modelo de Toulmin (2006).



No argumento do grupo A sobre a atividade 3 (Figura 17) podemos notar a presença de dados (D), justificativas (J), *backing* (B) e conclusão (C). Os dados fornecidos (D1, D2 e D4) estão relacionados sobre o que trata a cinética química e o estudo da velocidade das reações químicas; e os dados empíricos (D3 e D5) abordam como os fatores temperatura, superfície de contato e concentração influenciam a velocidade de uma reação, comprovados experimentalmente. No argumento há justificativas (J1, J2 e, J3) nas quais os alunos apresentaram razões para as situações em que foram observadas maiores velocidades de reação nas condições estudadas, utilizando termos como colisões e energia cinética das partículas para respaldá-las. Estas foram apoiadas por um *backing* (B1) que trazia uma definição sobre velocidade de reação. Foram apresentadas duas conclusões, nas quais os alunos relataram ter constatado que é possível modificar a velocidade de uma reação por meio

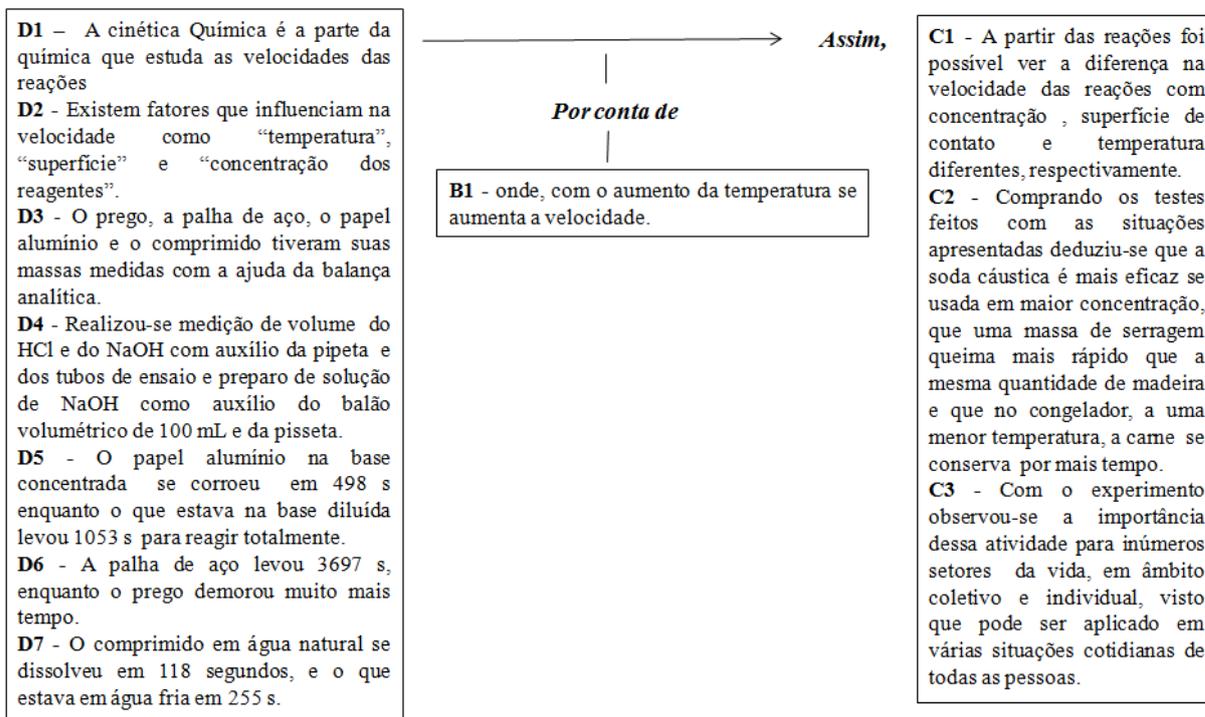
da manipulação de suas variáveis (C1 e C2). A Figura 18 traz o esquema para o argumento produzido na conclusão do grupo B para a mesma atividade experimental.

Figura 18 - Esquema do argumento do grupo B produzido na resolução da atividade experimental 3 (*Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*) segundo o modelo de Toulmin (2006).



O argumento do grupo B ilustrado na Figura 18 contém dados empíricos (D1, D2 e D3), todos referentes aos procedimentos executados no laboratório para observar os fatores determinantes da velocidade. As justificativas (J1 e J2) traziam explicações sobre os dados observados, especialmente relacionadas com as variações desses fatores, nas quais foram utilizados termos como colisões, energia e organização molecular. Estas justificativas foram fundamentadas com *backings* (B1, B2 e B3), relacionados à teoria das colisões, como também qualificador (Q1), que demonstrou a dependência da velocidade de reação com a frequência de choques entre as moléculas. Na única conclusão apresentada os estudantes apresentaram uma resposta sintética sobre a questão investigada (C1). Na Figura 19 apresentamos o esquema do argumento do grupo C referente à mesma atividade

Figura 19 - Esquema do argumento do grupo C produzido na resolução da atividade experimental 3 (*Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*) segundo o modelo de Toulmin (2006).



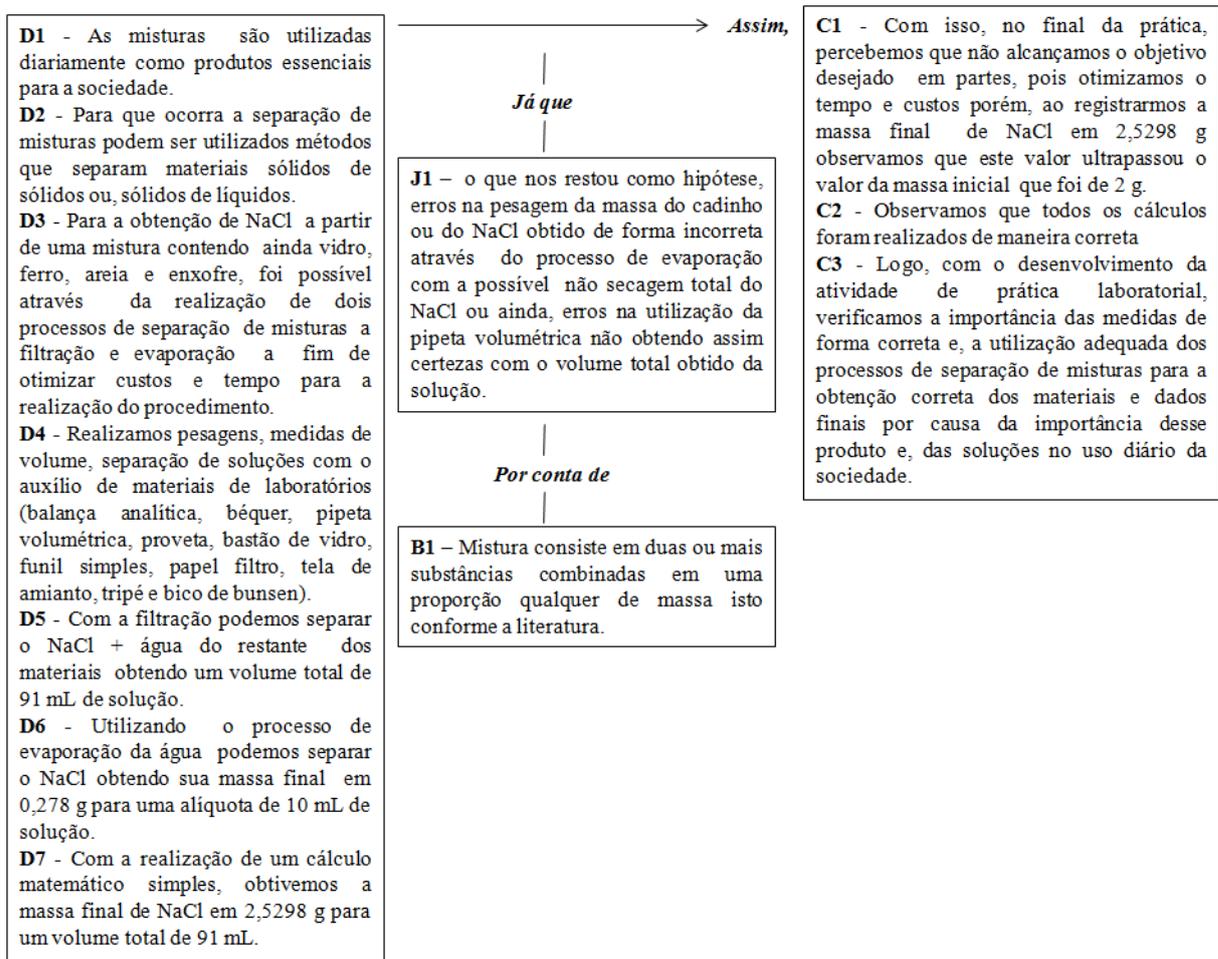
Como pode ser observado na Figura 19, no esquema do argumento estão presentes os componentes: dados, *backing* e conclusão. Os dados são classificados em dados fornecidos, relacionados à cinética química e aos fatores que influenciam a velocidade de uma reação (D1 e D2), e dados empíricos, referentes à coleta e processamento dos dados (D3, D4, D5, D6 e D7), fundamentados por *backing* (B1), que apoia os dados relacionados ao fator temperatura, com a emissão de três conclusões, as duas primeiras (C1 e C2) estão relacionadas à resolução do problema, e a terceira (C3) sobre a importância do experimento para a sociedade.

Com a análise das *conclusões* produzidas pelos grupos no diagrama referente à atividade experimental 3, verificamos que os grupos A e B produziram argumentos válidos segundo o modelo de Toulmin, pois na sua estrutura foram identificados dados, justificativas, conclusão e *backings*, os quais podemos classificar como argumentos complexos. No enunciado apresentado pelo grupo C foram identificados apenas dados, *backings* e conclusão, cuja combinação não representa um argumento válido para Toulmin (2006). Todavia, conforme explicitamos em exemplo anterior, consideramos a conclusão apresentada pelo grupo C como argumento, pois compreendemos o uso do conhecimento básico como componente que fundamenta os dados e apoia a conclusão.

6.2.2 Análise da estrutura dos argumentos produzidos na turma 2

Na Figura 20 a seguir temos a estrutura do argumento produzido pelo grupo D na conclusão do diagrama referente à atividade experimental 1 (*Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl*).

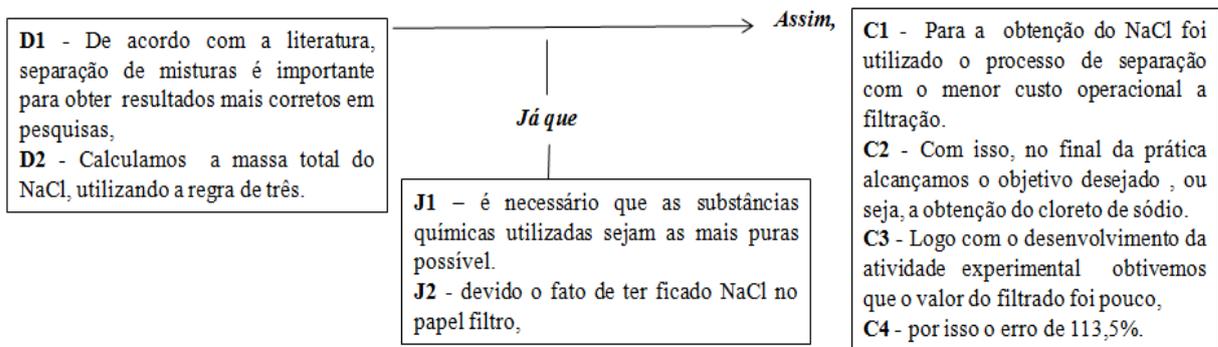
Figura 20 - Esquema do argumento do grupo D produzido na resolução da atividade experimental 1 (*Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl*) segundo o modelo de Toulmin (2006).



De acordo com a Figura 20, verificamos a presença de dados fornecidos (D1 e D2), referentes a misturas e processos de separação, e dados empíricos (D3, D4, D5 e D6), relacionados à coleta e processamento dos dados para a resolução do problema. Esses dados são sustentados por uma justificativa (J1), referente aos possíveis erros decorrentes da análise, e um *backing* (B1), conhecimento básico sobre mistura que sustenta os dados. Há, ainda, a

emissão de três conclusões, as duas primeiras (C1 e C2) com descrições dos resultados obtidos, e a terceira (C3), sobre a importância dos processos de separação de misturas para a sociedade. Com a análise da *conclusão* do grupo sobre a resolução do problema proposto, embora o grupo não tenha emitido juízo de valor sobre a situação fictícia concernente à contaminação de uma salina, percebemos que o mesmo preocupou-se em ressaltar a importância dos métodos de separação de misturas para a obtenção de matérias-primas utilizadas pela sociedade. Na Figura 21 a seguir temos a estrutura do argumento produzido na *conclusão* do diagrama 1 pelo grupo E, referente à mesma atividade.

Figura 21 - Esquema do argumento do grupo E produzido na resolução da atividade experimental 1 (Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl) segundo o modelo de Toulmin (2006).

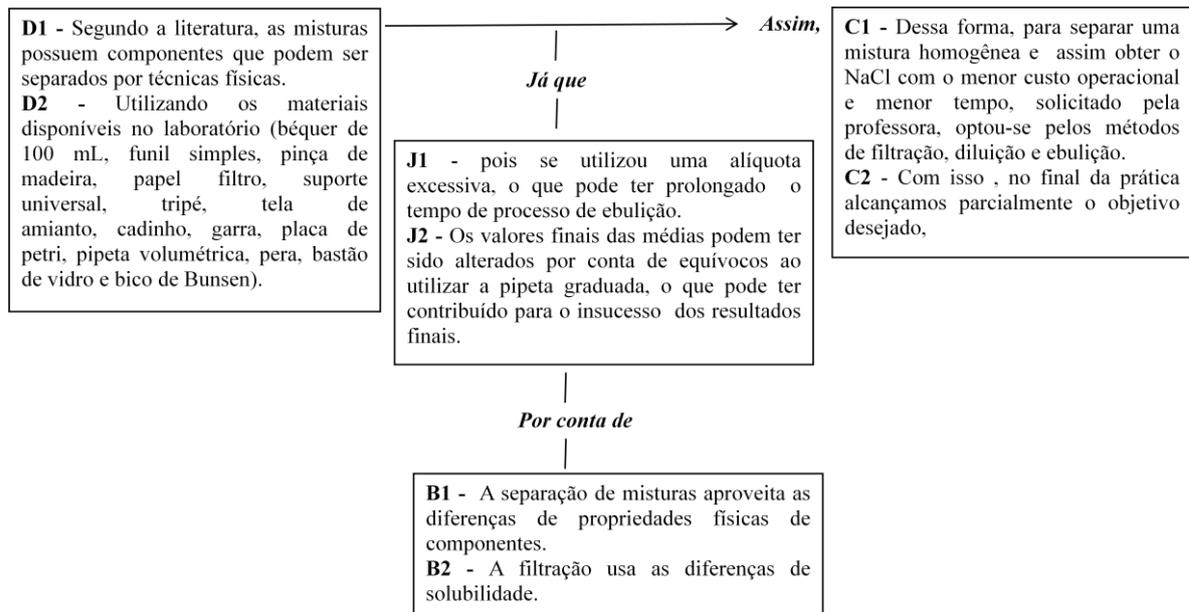


Conforme indica a Figura 21, no esquema do argumento do grupo E são identificados dado fornecido (D1) – sobre separação de misturas – e dado empírico (D2) – relacionado à atividade experimental. Estes são sustentados por duas justificativas (J1 e J2), uma de caráter mais geral, na qual os alunos procuraram explicar a necessidade de pureza de determinadas amostras, e outra mais diretamente relacionada ao experimento, em que os alunos buscaram justificar o percentual de cloreto de sódio obtido em virtude de parte da amostra ter ficado retida no papel de filtro. Foram elaboradas também quatro conclusões (C1, C2, C3 e C4), sobre os resultados obtidos no final da coleta e processamento de dados: a primeira (C1) é referente ao método utilizado para a obtenção do NaCl; a segunda (C2) está relacionada ao alcance do objetivo da atividade experimental, a terceira e quarta (C3 e C4) diziam respeito a ponderações sobre os resultados obtidos com a coleta de dados.

Com a análise da *conclusão* do grupo sobre a resolução do problema, percebemos que o grupo preocupou-se em escolher um método mais adequado de separação para a obtenção do NaCl com o intuito de otimizar o tempo. Assim, o grupo demonstrou maior preocupação em alcançar o objetivo da atividade experimental, do que com o problema

proposto, que envolvia a contaminação de uma salina. Na Figura 22 a seguir temos a estrutura do argumento produzido na *conclusão* do diagrama 1 pelo grupo F para a mesma atividade.

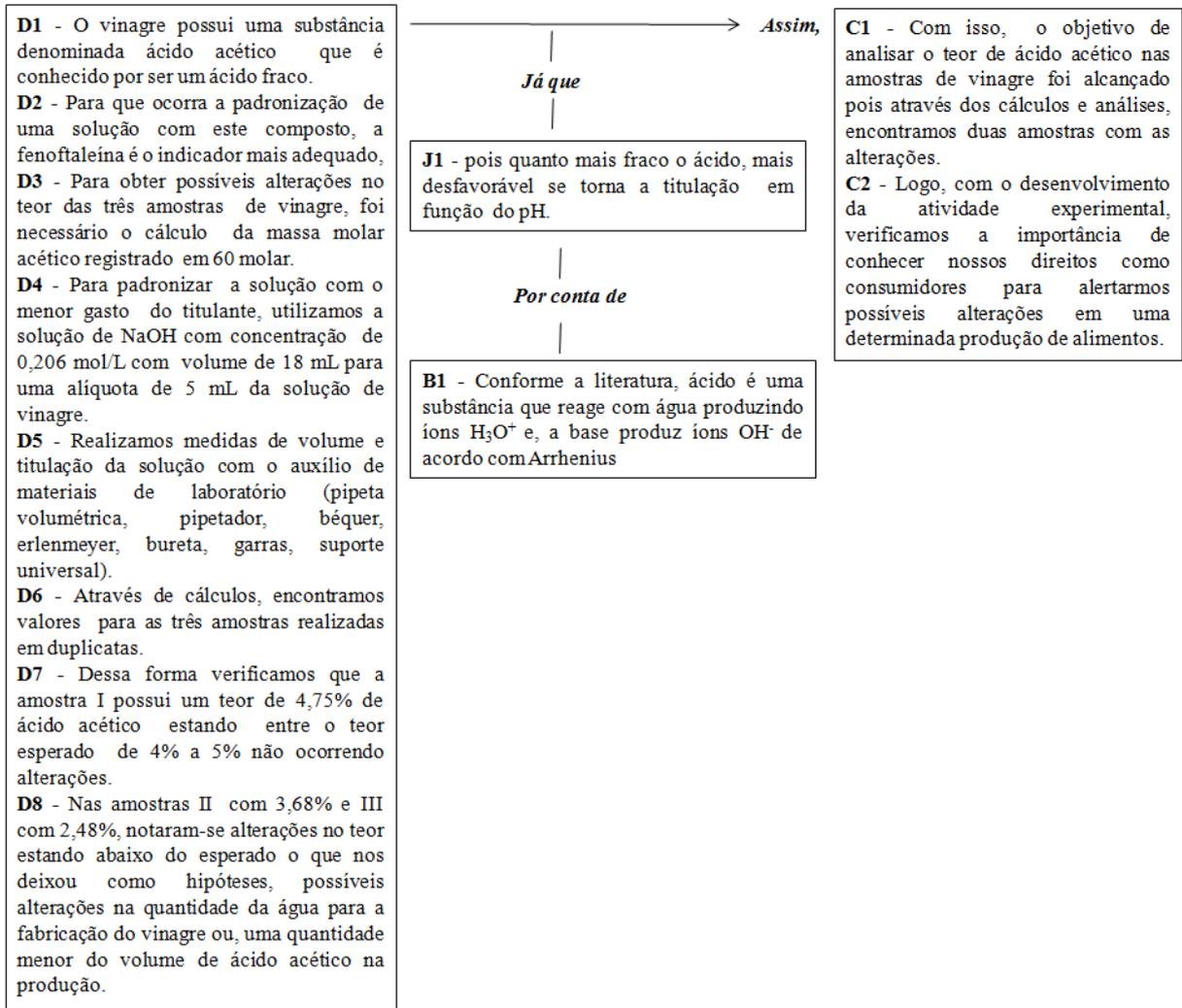
Figura 22 - Esquema do argumento do grupo F produzido na resolução da atividade experimental 1 (Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl) segundo o modelo de Toulmin (2006).



Na estrutura do argumento do grupo F (Figura 22), identificamos dado fornecido (D1), referente a uma definição sobre separação de misturas, e dado empírico (D2), indicando os materiais utilizados na resolução do problema proposto. Estes dados estão sustentados por duas justificativas (J1 e J2), relacionadas a erros ocorridos durante a realização do experimento os quais explicariam os resultados obtidos. Foram também utilizados dois *backings* (B1 e B2), referentes às técnicas de separação, além de duas conclusões (C1 e C2) sobre a atividade realizada, nas quais houve maior preocupação em cumprir o objetivo da atividade experimental do que com a situação fictícia que englobava a contaminação da salina, assim, o grupo não emitiu nenhum juízo de valor a respeito do problema.

De acordo com a análise das *conclusões* produzidas no diagrama referente à resolução da atividade experimental 1 verificamos que os três grupos produziram argumentos válidos segundo Toulmin (2006), o grupo E produziu um argumento básico, e os grupos D e F argumentos mais complexos. Na *conclusão* produzida pelo grupo D sobre a atividade 2, intitulada *acidez do vinagre*, identificamos os seguintes elementos representados no esquema do argumento da Figura 23:

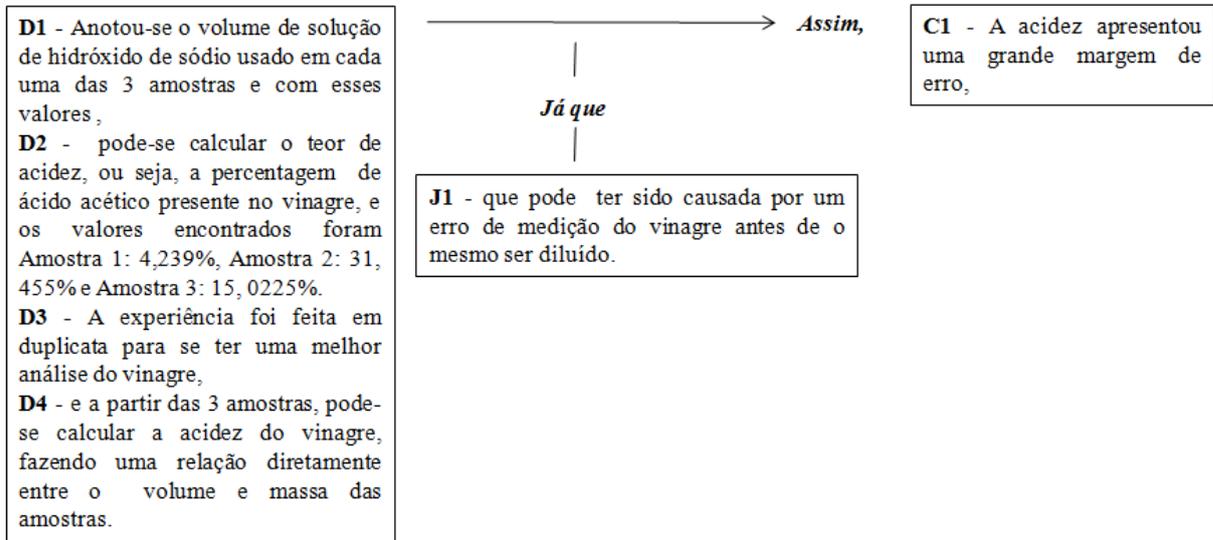
Figura 23 - Esquema do argumento do grupo D produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin (2006).



De acordo com a Figura 23, podem ser observados dados fornecidos (D1 e D2) sobre a composição do vinagre e o indicador mais adequado para a análise, e dados empíricos (D3, D4, D5, D6, D7 e D8), todos relacionados à metodologia utilizada para a resolução do problema. Esses dados são sustentados por uma justificativa (J1), na qual procuraram explicar a eficiência do método da titulação em função da força do ácido. Esta é fundamentada por um *backing* (B1), conhecimento básico sobre ácidos e bases segundo a teoria de Arrhenius. O grupo produziu duas conclusões: a primeira (C1) estava relacionada à finalidade da atividade experimental, e a segunda (C2) abordava a importância dos consumidores conhecerem seus direitos emitindo, assim, um juízo de valor sobre o problema. Com isso, percebemos que os alunos do grupo não se preocuparam apenas em alcançar o objetivo pretendido com a atividade experimental, mas demonstraram preocupação com o problema de adulteração do

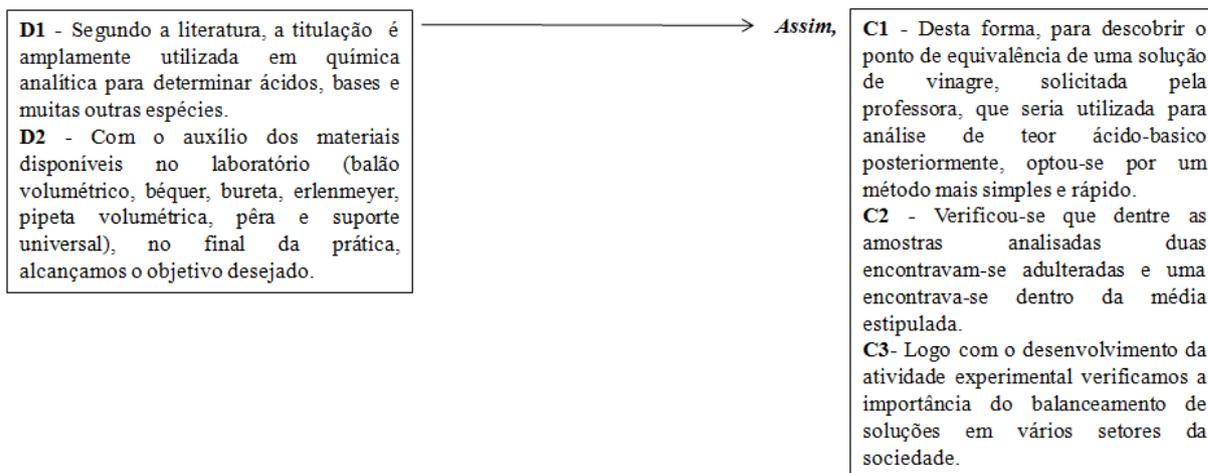
vinagre e suas consequências, levantando hipóteses sobre o baixo teor de ácido acético nas amostras de vinagre analisadas. Na Figura 24 a seguir apresentamos o esquema do argumento do grupo E para a mesma atividade experimental.

Figura 24 - Esquema do argumento do grupo E produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin (2006).



Como é possível verificar a partir da Figura 24, no esquema do argumento do grupo E são identificados dados, justificativa e conclusão. São apresentados dados empíricos (D1, D2, D3 e D4), os quais tratavam dos procedimentos experimentais utilizados na análise das amostras de vinagre e os resultados obtidos, os quais se encontram sustentados por uma justificativa (J1), na qual os alunos procuraram justificar variações nos resultados encontrados em função de um possível erro cometido durante a preparação da amostra que seria analisada. Há, ainda, uma conclusão (C1), relacionada ao resultado obtido com a análise das amostras de vinagre, na qual o grupo indica que a acidez do vinagre apresentou uma grande margem de erro. Assim, verificamos que na *conclusão* produzida os alunos do grupo E não apresentaram nenhum juízo de valor a respeito do problema, ficando as constatações exclusivamente relacionadas às análises realizadas. Na Figura 25 a seguir temos a estrutura do argumento produzido na *conclusão* do diagrama 2 produzida pelo grupo F referente à mesma atividade.

Figura 25 - Esquema do argumento do grupo F produzido na resolução da atividade experimental 2 (Acidez do vinagre) segundo o modelo de Toulmin (2006).

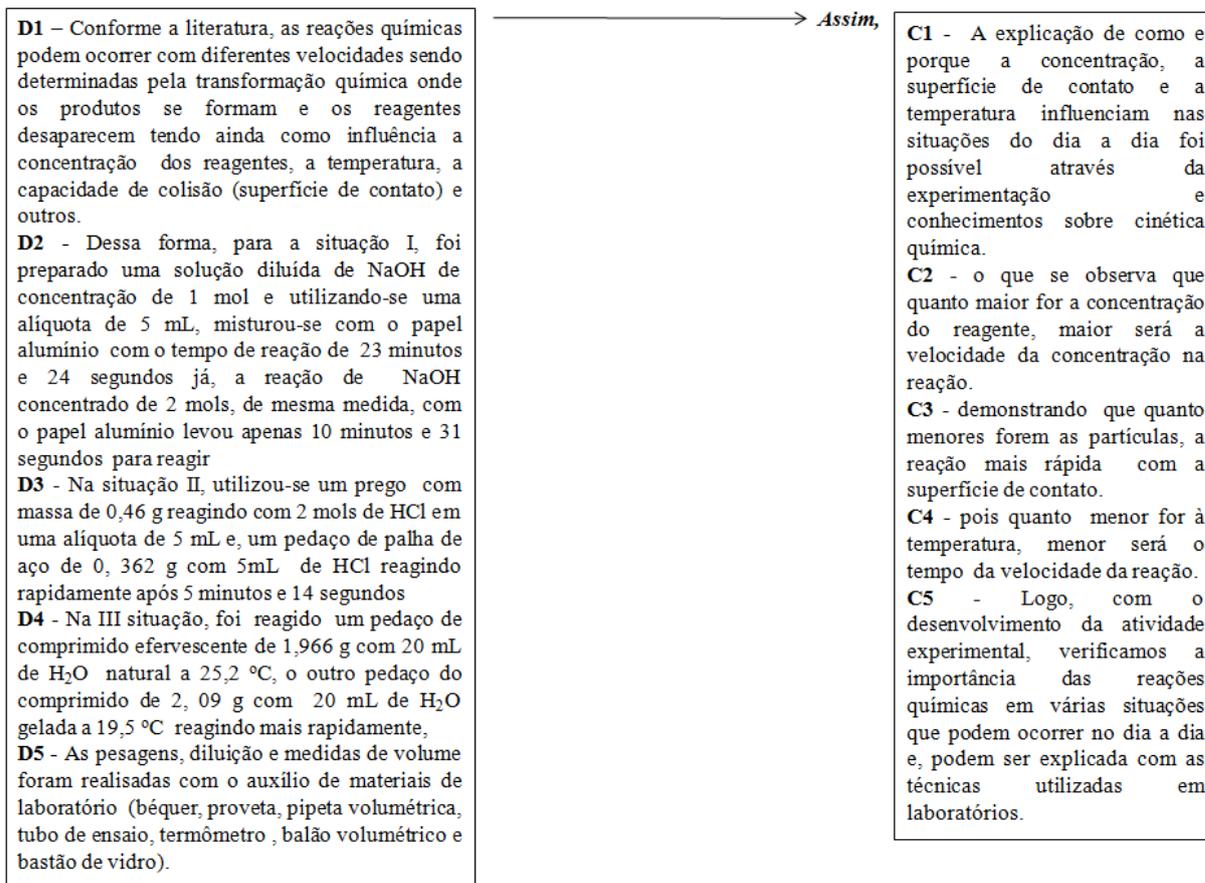


Conforme indica a Figura 25, podemos identificar dois dados, classificados como dado fornecido (D1), pertinente à utilização da titulação em análises químicas de ácidos e bases, e dado empírico (D2), referente aos materiais que foram utilizados na realização dos experimentos. Há, ainda, conclusões sobre os resultados obtidos com a atividade experimental (C1, C2 e C3): a primeira (C1) está relacionada ao método utilizado na análise; a segunda (C2) refere-se aos resultados obtidos com a análise das amostras; e a terceira (C3) diz respeito à importância dos conceitos estudados para a sociedade. A partir da observação da natureza das conclusões apresentadas pelo grupo, podemos sugerir que os alunos se concentraram em executar o experimento e cumprir o objetivo da atividade, sem emitir constatações mais específicas sobre a solução do problema apresentado pela consumidora.

Com análise das *conclusões* produzidas pelos grupos D, E e F, no diagrama 2, verificamos que apenas os grupos D e E produziram argumentos válidos segundo Toulmin (2006): o grupo D produziu um argumento mais complexo, enquanto o grupo E elaborou um argumento básico. O grupo F não produziu um argumento válido, pois na sua estrutura apenas estavam presentes dados e conclusões.

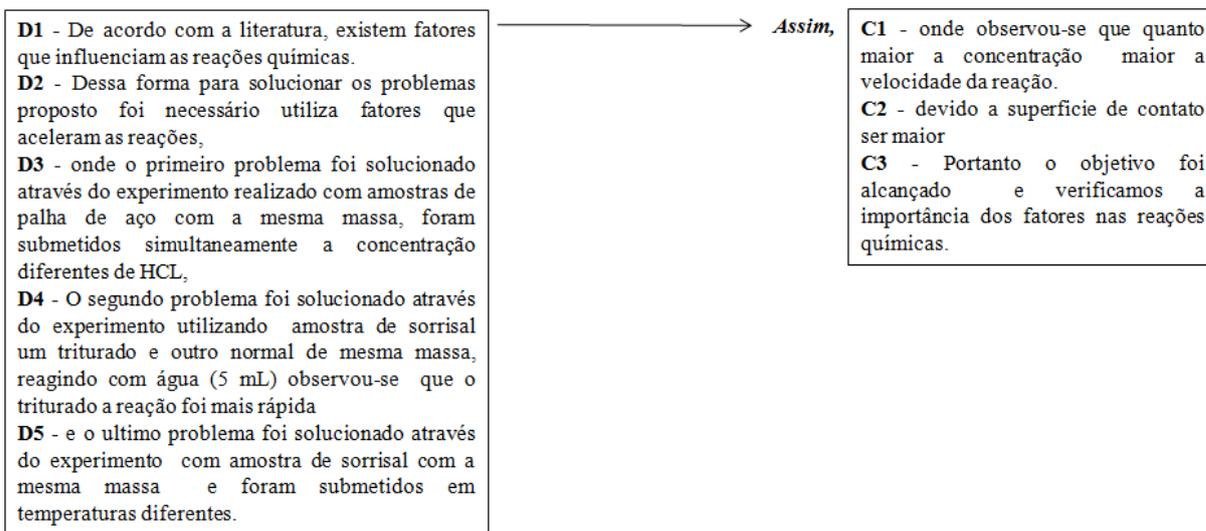
Sobre a atividade experimental 3, intitulada *Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*, expomos a seguir o esquema do argumento produzido pelo grupo D na *conclusão* do diagrama (Figura 26).

Figura 26 - Esquema do argumento do grupo D produzido na resolução da atividade experimental 3 (Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química) segundo o modelo de Toulmin (2006).



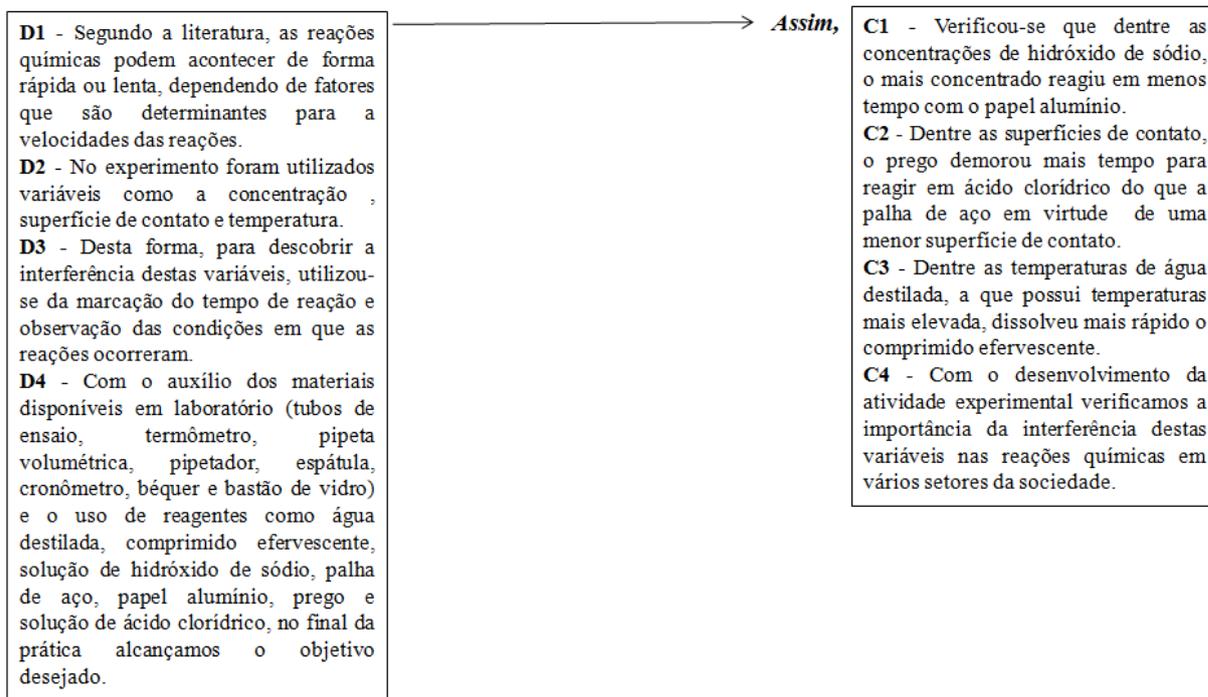
Na Figura 26 podemos observar a presença de apenas dois componentes no esquema do argumento: cinco dados, classificados como dado fornecido (D1), referente à velocidade das reações químicas, e dados empíricos (D2, D3, D4 e D5), todos relacionados à realização da coleta e processamento dos dados para a resolução do problema proposto. Há, ainda, cinco conclusões sobre a resolução do problema, as quatro primeiras (C1, C2, C3 e C4) relacionadas aos resultados obtidos, e a última (C5), sobre a importância das reações químicas para a sociedade, na qual ressaltaram que fatos do cotidiano podem ser explicados e resolvidos por meio de conhecimentos teóricos e práticos de química. A seguir apresentamos o esquema do argumento do grupo E para a mesma atividade experimental (Figura 27).

Figura 27 - Esquema do argumento do grupo E produzido na resolução da atividade experimental 3 (Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química) segundo o modelo de Toulmin (2006).



A partir da Figura 27 podemos identificar no argumento do grupo E a presença de um dado fornecido (D1), sobre a existência de fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, e dados empíricos, sobre a metodologia utilizada para a resolução do problema (D2, D3, D4 e D5). Há também três conclusões (C1, C2 e C3), a primeira refere-se a um resultado obtido com o experimento que lhes permite afirmar que quanto maior a concentração, maior será a velocidade da reação química (C1); a segunda diz respeito à uma conclusão sobre a superfície de contato (C2); e na terceira os alunos concluíram que o objetivo da atividade experimental foi alcançado (C3). A seguir, na Figura 28, temos o esquema do argumento do grupo F para a mesma atividade.

Figura 28 - Esquema do argumento do grupo F produzido na resolução da atividade experimental 3 (Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química) segundo o modelo de Toulmin (2006).



Na *conclusão* produzida pelo grupo F (Figura 28) identificamos quatro dados, sendo um dado fornecido (D1), sobre conceitos de reações químicas, e três dados empíricos (D2, D3 e D4), relacionados à coleta e processamento dos dados. Os alunos produziram também conclusões sobre os resultados obtidos na investigação, especialmente como cada variável influencia a velocidade das reações (C1, C2 e C3), e sobre a importância dos fatores que influenciam a velocidade de uma reação na sociedade (C4). De acordo com a análise das *conclusões* apresentadas pelos três grupos segundo Toulmin (2006), verificamos que nenhum deles apresentou um argumento válido, pois apenas identificamos a presença de dados e conclusões.

6.2.3 Considerações sobre os argumentos produzidos nas turmas 1 e 2

Os resultados da análise da estrutura dos argumentos da turma 1 sugerem que, embora os grupos tenham apresentado dificuldades na produção do primeiro argumento, referente à atividade experimental 1 – no qual o grupo A apontou uma estrutura CDB, o grupo B apresentou apenas dados, e o grupo C uma estrutura CD –, os três grupos obtiveram uma evolução na construção dos argumentos ao longo do processo de aprendizagem. Podemos

observar esta evolução na Tabela 6, em que estão explicitados os componentes presentes na estrutura dos argumentos das atividades 1, 2 e 3, elaborados pelos grupos A, B e C.

Tabela 6 - Componentes presentes na estrutura dos argumentos dos grupos A, B e C referentes às atividades experimentais 1, 2 e 3.

	Descrição das atividades	Grupo A	Grupo B	Grupo C
1	Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl	CDB	D	CD
2	Acidez do vinagre	CDB	CDJ	CDJB
3	Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química	CDJB	CDJBQ	CDB

A partir da Tabela 6 é possível verificar que o grupo A apresentou a mesma estrutura de argumento nos diagramas produzidos para as atividades 1 e 2. Percebe-se, ainda, uma evolução de uma atividade para a outra, uma vez que os alunos apresentaram no segundo argumento (Figura 14) uma quantidade maior de *backings*, e no terceiro (Figura 17), incluíram justificativas, sendo considerado um argumento mais complexo na perspectiva de Toulmin (2006) e, conseqüentemente, de melhor qualidade, pois, de acordo com Sá e Queiroz (2007), as combinações que possuem um maior número de componentes são típicos de um argumento mais bem elaborado.

A mesma evolução 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 (2006), o qual apresentava apenas dados (Figura 12), o que coincide com os resultados sobre a avaliação do diagrama segundo Chamizo (2012), para o qual o grupo alcançou uma pontuação abaixo da média, devido a ausência de aspectos conceituais relevantes para o entendimento da atividade e fundamentação teórica do diagrama. No diagrama 2 o grupo apresentou os elementos fundamentais na estrutura de seu argumento (Figura 15) e, no diagrama 3, elaborou um argumento mais complexo que os demais, indicando a presença de um qualificador modal (Figura 18).

O grupo C, de acordo com a Tabela 6, demonstrou evolução se compararmos os argumentos elaborados para as atividades 1 e 2, partindo de uma estrutura CD para CDJB. Contudo, no diagrama 3, apenas foram identificados os componentes CDB (Figura 19). Desse modo, podemos ressaltar que os esquemas que apresentam apenas os elementos CDB não são considerados como argumento para Toulmin (2006), no entanto, conforme explicitamos anteriormente, embora não apresente justificativas, consideramos esse tipo de estrutura como

argumento uma vez que traz conhecimentos básicos que fundamentam os dados apresentados, o que o torna válido.

Na Tabela 7 apresentamos a classificação dos argumentos dos grupos D, E e F, da turma 2, de acordo com os componentes presentes.

Tabela 7 - Componentes presente na estrutura dos argumentos do grupo D, E e F referentes às atividades experimentais 1, 2 e 3.

	Descrição das atividades	Grupo D	Grupo E	Grupo F
1	Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl	CDJB	CDJ	CDJB
2	Acidez do vinagre	CDJB	CDJ	CD
3	Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química	CD	CD	CD

Os resultados da análise da estrutura dos argumentos da turma 2 sugerem que na *conclusão* do diagrama elaborado a partir da atividade experimental 1, os três grupos apresentaram argumentos válidos segundo os preceitos de Toulmin (2006).

Para a atividade 2, referente à *acidez do vinagre*, os grupos D e E produziram argumentos válidos para Toulmin (2006), sendo que o grupo D apresentou um argumento mais complexo que o grupo E, pois apresentava mais componentes. O grupo F, para a mesma atividade, não produziu um argumento válido, pois apresentaram apenas dados (D) e conclusão (C). Para a atividade 3, relacionada aos *fatores que influenciam a velocidade de uma reação química*, nos esquemas dos grupos D, E e F estavam presentes apenas dados (D) e conclusão (C), não sendo classificados como argumentos segundo Toulmin (2006).

De modo geral podemos afirmar que o grupo D obteve um melhor desenvolvimento na construção dos argumentos, pois na estrutura dos seus argumentos foram identificados mais componentes em comparação com os dos grupos E e F. O desempenho dos grupos E e F na construção dos argumentos foi semelhante entre si, sendo que na primeira atividade o grupo F produziu um argumento mais bem elaborado que o grupo E. Na atividade 2 o grupo E não conseguiu produzir um argumento válido segundo Toulmin (2006).

Em comparação com o desempenho dos grupos na produção dos diagramas heurísticos, percebemos que os resultados obtidos na pontuação segundo os critérios de Chamizo (2012) nem sempre são condizentes com os resultados da identificação dos componentes dos argumentos segundo Toulmin (2006), ou seja, o fato de terem sido apresentados na *conclusão* fatos, conceitos e aspectos metodológicos não garante a produção

de argumentos de maior complexidade. Por exemplo, em sua *conclusão* para o diagrama 3 o grupo D obteve pontuação máxima ao contemplar todos os aspectos segundo os critérios de Chamizo (2012), porém não produziu um argumento válido na perspectiva de Toulmin (2006).

Desse modo, acreditamos que, embora o diagrama seja construído para conduzir o aluno à produção de um argumento, nem sempre os alunos conseguem estabelecer uma relação entre esses elementos de modo que seus enunciados resultem em produção de argumentos. Esse fato também sinaliza uma possível falta de habilidade de os alunos analisarem e interpretarem seus dados para produzir conclusões, isto é, conseguem apresentar resultados obtidos na metodologia, porém não conseguem justificar seus resultados; podem até apresentar conceitos, contudo, estes nem sempre são apresentados como forma de apoiar os dados apresentados.

De modo geral, os resultados das análises da estrutura dos argumentos da turma 1 indicam que o aumento da familiaridade com a metodologia de ensino proposta ao longo das aulas tenha contribuído para que os alunos evoluíssem na construção dos argumentos explicitados, uma vez que podem ter adquirido maior autonomia e segurança para realizar as atividades e elaborar os diagramas sobre a solução das mesmas. A avaliação dos diagramas corrobora esse fato, cuja análise também demonstrou esse progresso. Essa maior familiaridade pode também ser atribuída ao fato de que no decorrer das aulas, mais conhecimento foi adquirido ao longo do processo, uma vez que as atividades foram elaboradas tendo em vista a aplicação dos conceitos trabalhados na disciplina.

A natureza dos problemas propostos influenciou o desenvolvimento das atividades experimentais e a produção dos diagramas tanto na turma 1, quanto na turma 2, pois a utilização de problemas com maior proximidade do mundo real, principalmente relacionados à formação profissional dos alunos, é fator motivacional, gerando interesse e engajamento dos alunos.

6.3 Análise da qualidade dos argumentos

Para analisar a qualidade dos argumentos identificados por meio do TAP recorreremos aos cinco níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004), apresentado na Tabela 3, no

capítulo Metodologia desta dissertação, pois o Padrão de Argumento de Toulmin (TAP) se limita apenas a analisar a estrutura dos argumentos. Como Velloso *et al.* (2009) afirmam, o modelo de argumento de Toulmin apenas é útil para verificar a estrutura do argumento, mas não sua validade. Do mesmo modo, o TAP também não permite avaliar os argumentos do ponto de vista epistêmico.

A seguir apresentamos a análise da qualidade dos argumentos produzidos sobre a resolução dos problemas propostos nas atividades 1, 2 e 3 dos grupos A, B e C da turma 1.

Tabela 8 - Análise da qualidade dos argumentos da turma 1, segundo os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004).

Atividade	Grupo A	Grupo B	Grupo C
1	Nível 2	-	Nível 1
2	Nível 2	Nível 2	Nível 2
3	Nível 2	Nível 3	Nível 2

De acordo com a Tabela 8, segundo os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004), o grupo A apresentou nos três diagramas argumentos de nível 2, nos quais foram identificados em sua estrutura, conclusão (C), dados (D), justificativas (J) ou/e *backing* (B). O grupo B, no primeiro diagrama não apresentou um argumento válido segundo Toulmin (2006) e, conseqüentemente, não podemos qualificá-lo, todavia, nos diagramas 2 e 3 seus argumentos foram qualificados nos níveis 2 e 3, respectivamente, pois consideramos o componente qualificador modal presente na estrutura do argumento do grupo B para a atividade 3 como um componente que atribui qualidade ao argumento, uma vez que lhe confere certa complexidade.

O grupo C, obteve argumento classificado no nível 1 para a primeira atividade e, para as demais atividades obteve qualificação de nível 2. Conforme explicitado nas discussões anteriores houve um desenvolvimento progressivo nos alunos no decorrer das atividades. Essa progressão não é surpreendente, muito pelo contrário, é esperada, especialmente se considerarmos maior familiaridade na realização das atividades e as instruções recebidas ao longo das aulas, além das experiências semelhantes apontadas na literatura. Campillo e Guerrero (2013) alcançaram resultados parecidos com relação à qualidade dos argumentos elaborados, os quais foram classificados no nível 2 por apresentarem conclusões, dados e justificativas.

A seguir apresentamos a análise da qualidade dos argumentos produzidos sobre a resolução dos problemas propostos nas atividades 1, 2 e 3 dos grupos D, E e F da turma 2.

Tabela 9 - Análise da qualidade dos argumentos da turma 2, segundo os níveis propostos por Erduran, Simon e Osborne (2004).

Atividade	Grupo D	Grupo E	Grupo F
1	Nível 2	Nível 2	Nível 2
2	Nível 2	Nível 2	Nível 1
3	Nível 1	Nível 1	Nível 1

Conforme a Tabela 9, podemos afirmar que os grupos não tiveram uma evolução na qualidade dos argumentos, pois embora nas atividades 1 e 2, os grupos D e E tenham apresentado argumentos qualificados com o nível 2, nos quais estavam presentes conclusão (C), dados (D), justificativas (J) e/ou *backing* (B), na atividade 3 obtiveram uma queda de qualidade em seus argumentos. Assim, nos argumentos produzidos sobre a resolução da atividade 3, os três grupos apenas indicaram dados (D) e conclusão (C), que qualifica os argumentos segundo Erduran, Simon e Osborne (2004) como nível 1. Contudo, acreditamos que, embora houvesse outros fatores que influenciaram na construção dos argumentos, o diagrama heurístico influenciou fortemente na elaboração dos argumentos, pelo fato de direcionar os alunos na construção de argumentos, os quais são construídos pela interação dos elementos/categorias que compõem o diagrama. Como indica Campillo e Guerrero (2013), as habilidades desenvolvidas pelos alunos na preparação dos diagramas lhes permitem compreender, ordenar e estruturar os diferentes componentes propostos por Toulmin (2006).

Com os resultados obtidos, observamos que os níveis de argumentos das turmas 1 e 2 foram semelhantes. A maioria dos grupos produziu argumentos nível 2, o que vai ao encontro do resultados obtidos no trabalho de Campillo e Guerrero (2013) e Fatareli, Ferreira e Queiroz (2014), nos quais a identificação mais frequente foi do argumento de nível 2, que apresenta a combinação dos elementos CDJ ou CDB ou ainda CDJB. Contudo, cabe destacar a evolução significativa de um dos grupos da turma 1, conseguindo produzir um argumento de nível 3, do tipo CDJBQ, ou seja, contendo os elementos conclusão(C), dados (D), justificativas (J), *backings* (B) e um qualificador (Q).

A turma 2, em comparação com a 1, não obteve evolução na qualidade de seus argumentos, pois, durante o processo de construção dos argumentos houve uma queda na qualidade de seus argumentos, de um nível 2 para 1. Várias podem ser as razões para tais

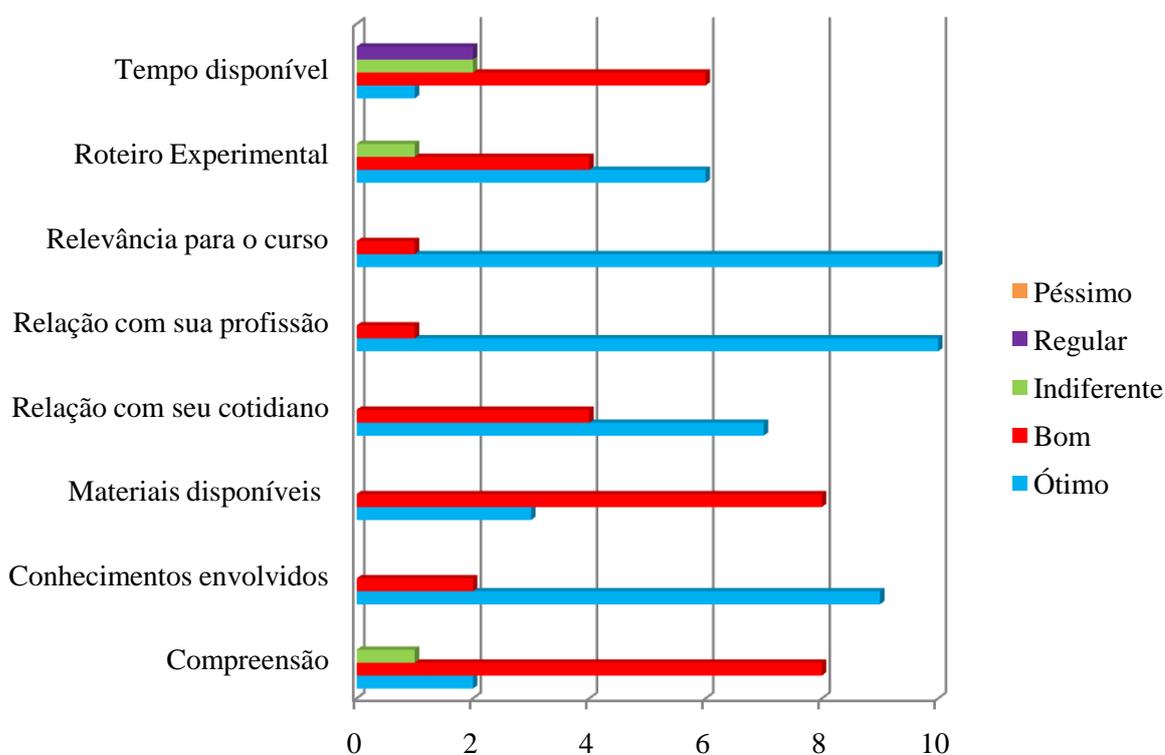
distinções, algumas podem ser explicadas no escopo do presente trabalho, outras ultrapassam as questões aqui discutidas. Ponderamos aqui dois aspectos que consideramos terem sido influentes na condução das atividades: o turno de realização das aulas e a natureza das disciplinas envolvidas. Com relação ao turno de realização, a disciplina da turma 1 aconteceu em turno vespertino e a da turma 2 em período noturno. Por diversas vezes foi observado que os alunos da turma 1 ultrapassaram o período de realização da aula para discutir os resultados com os colegas e o professor; para refazer algum experimento quando os resultados não foram por eles considerados coerentes ou mesmo porque necessitaram de mais tempo para estabelecer as estratégias de resolução do problema. Como na turma 2 esse avanço no tempo não era possível, acreditamos que isso tenha influenciado significativamente na qualidade do trabalho desenvolvido no laboratório. No que diz respeito à natureza das atividades envolvidas, a disciplina da turma 1, Química Geral Experimental, ocorria simultaneamente com outra disciplina de química, de caráter teórico, a qual era ministrada pelo mesmo professor. Por esse motivo, o tratamento teórico dos conceitos ocorria em concomitância com as atividades experimentais, o que permitiu aos alunos perceberem essa relação com maior clareza. A disciplina da turma 2, Laboratório de Química Experimental, por sua vez, era a única disciplina de química ofertada naquele período; as disciplinas de química teóricas relacionadas aos experimentos trabalhados foram cursadas pelos alunos em semestres anteriores. Embora os aspectos teóricos tenham sido discutidos, o tempo dedicado com esse fim foi consideravelmente menor em comparação ao da disciplina Química Geral Experimental, o que provavelmente dificultou que vislumbrassem tais relações e influenciou nos resultados apresentados.

6.4 Percepções dos alunos sobre a proposta de ensino aplicada

Avaliamos as percepções dos alunos sobre a proposta de ensino aplicada por meio de um questionário que versava sobre as impressões dos alunos sobre diversos aspectos da proposta de ensino aplicada (Apêndice H). Este era composto de três questões relacionadas a três aspectos principais: aos experimentos desenvolvidos; ao processo de construção dos diagramas e à metodologia realizada de modo geral. Para cada item que englobava a questão, os alunos escolhiam a alternativa (entre cinco opções) que melhor descrevia sua opinião.

Na primeira questão, os alunos deveriam emitir suas impressões sobre os experimentos realizados segundo os seguintes critérios: compreensão, materiais disponíveis, roteiro experimental, conhecimentos envolvidos, tempo disponível, relação com o cotidiano, relação com a profissão e relevância para o curso. Para cada um desses critérios os alunos escolheram uma entre as seguintes alternativas: Ótimo (5), Bom (4), Indiferente (3), Regular (2) e Péssimo (1). A Figura 29 a seguir representa a frequência das respostas para cada um dos critérios avaliados pelos estudantes.

Figura 29 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 sobre as atividades experimentais realizadas.



Conforme indica a Figura 29, podemos sugerir que os alunos da turma 1, de modo geral, forneceram opiniões positivas sobre as atividades, uma vez que, para todas as categorias, a maioria das respostas dizia respeito às opções “Bom” e “Ótimo”.

Dentre as categorias mais bem avaliadas temos aquelas em que os alunos foram unânimes em classificá-las entre as opções “Bom” e “Ótimo” (100%, somatório das duas opções). São elas: os materiais disponíveis, os conhecimentos envolvidos, a relação com o cotidiano, a relação com a profissão e a relevância para o curso. Dessa forma, podemos inferir que os estudantes reconheceram que as atividades propiciaram a aquisição de conhecimentos

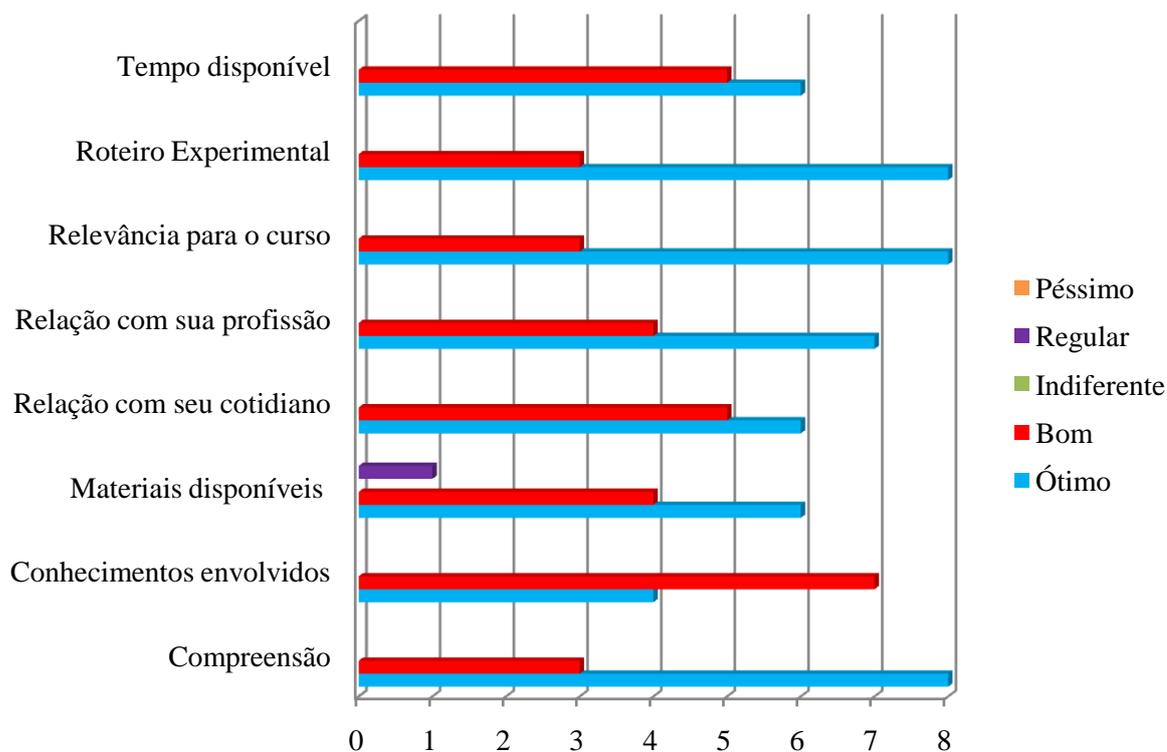
relevantes, assim como permitiram localizar esses conteúdos no cotidiano dos estudantes. Os resultados apontados por Hicks e Bevsek (2012) corroboram as opiniões dos alunos, pois relatam que atividades pautadas na PBL fornecem exemplos de problemas do mundo real, na qual os estudantes são capazes de construir sua compreensão de forma contextualizada sobre o problema.

Conforme indica Chamizo (2012), com o desenvolvimento de atividades que envolvem a resolução de problemas os alunos estão envolvidos ativamente no processo de aprendizagem, o que os permite estabelecer relações entre os problemas propostos e o conteúdo do curso e, conseqüentemente, com a sua profissão. Isso foi confirmado pelos estudantes, pois, reconheceram que a relação entre as atividades desenvolvidas e sua relevância para o curso, assim como para sua profissão.

No que se refere ao tempo disponível para a execução dos experimentos, de acordo com a Figura 29 os alunos dividiram opiniões: 36,36% das respostas foram avaliadas como regular e indiferente e 63,64% como bom e ótimo. De fato, conforme apontam Angelin e Ramström (2010), as atividades baseadas na PBL requerem tempo maior para a execução, o que permite que os alunos pensem e corrijam possíveis erros durante o processo.

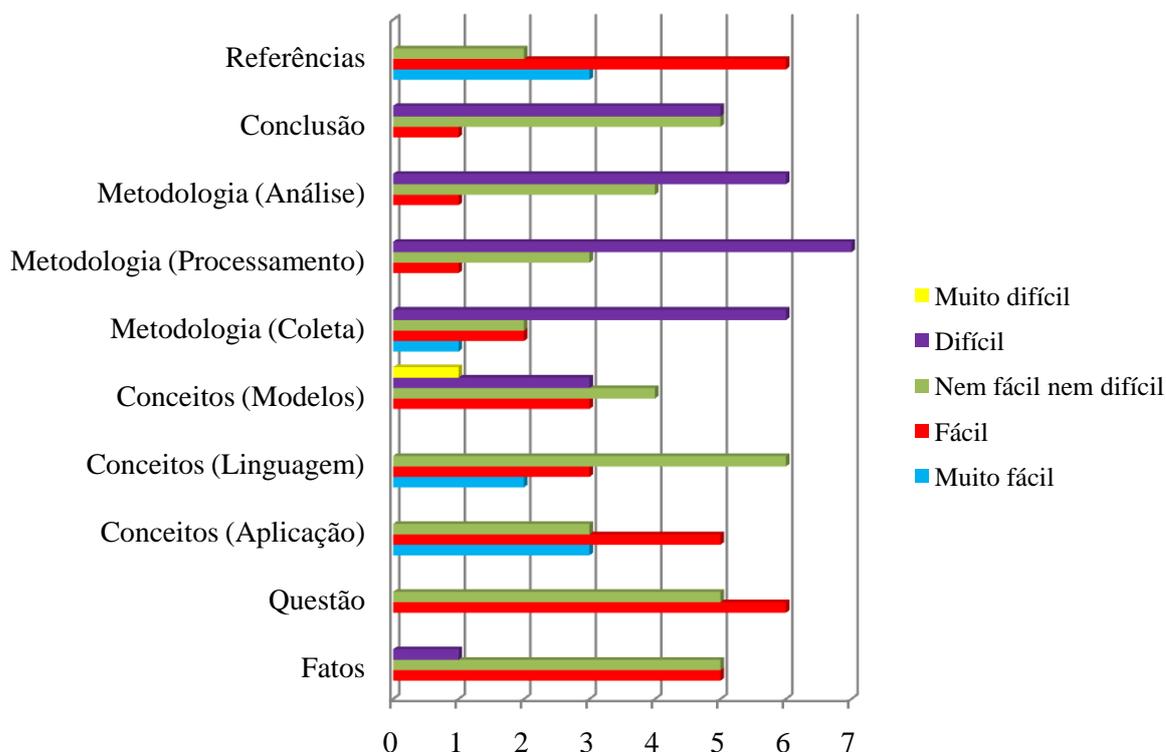
A frequência de respostas fornecidas pelos alunos da turma 2 também revelou resultados positivos para todos os quesitos que englobavam as atividades experimentais. Como podemos observar na Figura 30, as respostas dos alunos foram avaliadas entre as opções “Ótimo” e “Bom” para quase todos os pontos questionados.

Figura 30 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 sobre as atividades experimentais realizadas.



Na segunda questão os alunos deveriam apresentar opiniões sobre o processo de construção do diagrama heurístico, especialmente cada uma das categorias que o constitui. Para cada uma das categorias os alunos escolheram uma entre as seguintes alternativas: Muito fácil (5), Fácil (4), Nem fácil, nem difícil (3), Difícil (2) e Muito difícil (1). A Figura 31 a seguir representa a frequência das respostas para cada uma das categorias do diagrama avaliadas pelos estudantes.

Figura 31 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 sobre os níveis de dificuldade apresentados na elaboração do diagrama heurístico.



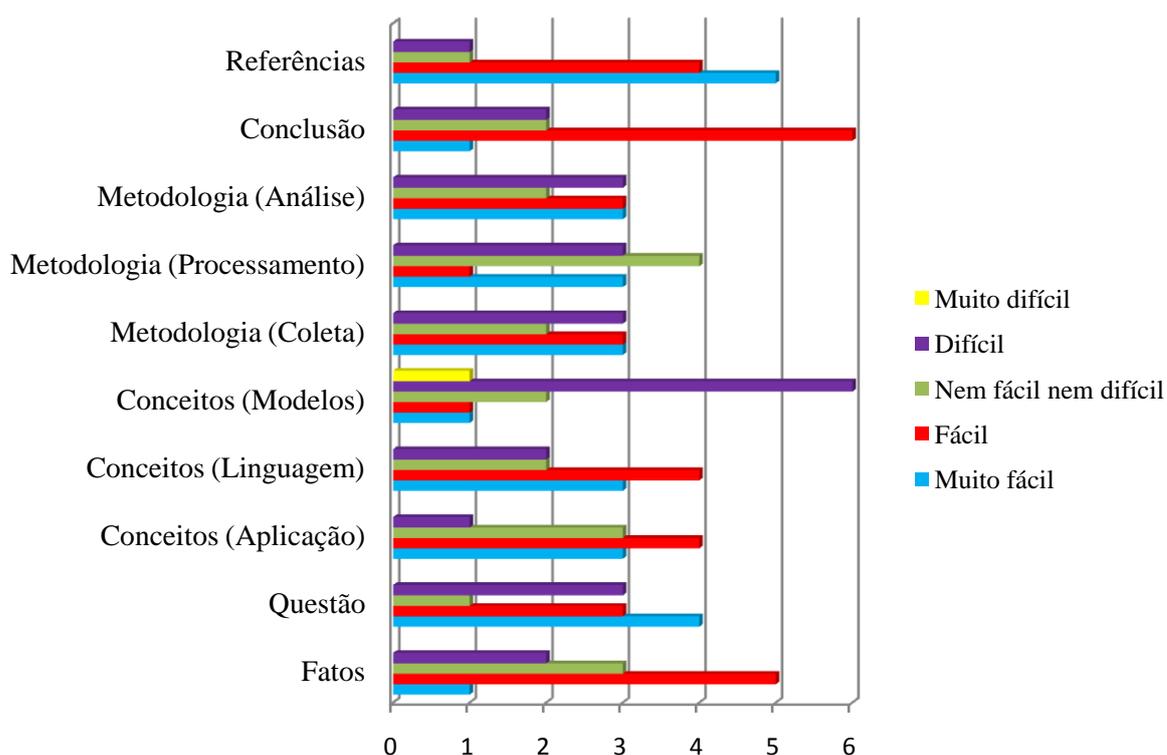
Como é possível observar na Figura 31, as partes do diagrama para as quais os alunos relataram apresentar menos dificuldade foram: *questão*, *conceitos (aplicação e linguagem)* e *referências*. No que diz respeito à categoria *questão*, as respostas dos alunos não são condizentes com os resultados da análise dos diagramas, os quais indicaram que os alunos obtiveram dificuldade em elaborar uma *questão* adequada sobre o tema de pesquisa. Os resultados obtidos por Chamizo (2012) corroboram esse fato, pois indicam que os estudantes têm dificuldade em construir uma *questão* adequada sobre o tema em pauta.

Os alunos da turma 1 identificaram as seguintes categorias como as mais difíceis de serem elaboradas no diagrama: *conceitos (modelos)*, *metodologia (coleta, processamento e análise dos dados)* e *conclusão*. Isso foi coerente com as análises dos diagramas heurísticos, as quais evidenciaram que as maiores dificuldades dos estudantes na elaboração dos diagramas estavam relacionadas à construção das categorias *conceitos (modelos)*, *metodologia (resultados/análises dos dados)* e *conclusão*. Esses resultados evidenciam as dificuldades dos alunos em relacionar aspectos teóricos (referentes aos *modelos*) com os aspectos metodológicos (*coleta, processamento e análise dos dados*), e esse fato implica consideravelmente a construção da *conclusão*, uma vez que esta é construída pela interação

entre esses aspectos de modo a responder a *questão*. Como os autores Mendonça, Cordeiro e Kiill (2014) inferem, se os *conceitos* utilizados forem inadequados ou incompletos, a construção do conhecimento ocorrerá com dificuldades. Da mesma forma, se houver dificuldades no registro e interpretação dos dados, não haverá a elaboração de juízos cognitivos, expressos na *conclusão*, o que conseqüentemente influenciará na construção do diagrama.

A Figura 32 traz os resultados sobre os níveis de dificuldades apresentados pelos alunos da turma 2 na elaboração dos diagramas heurísticos a partir das atividades experimentais.

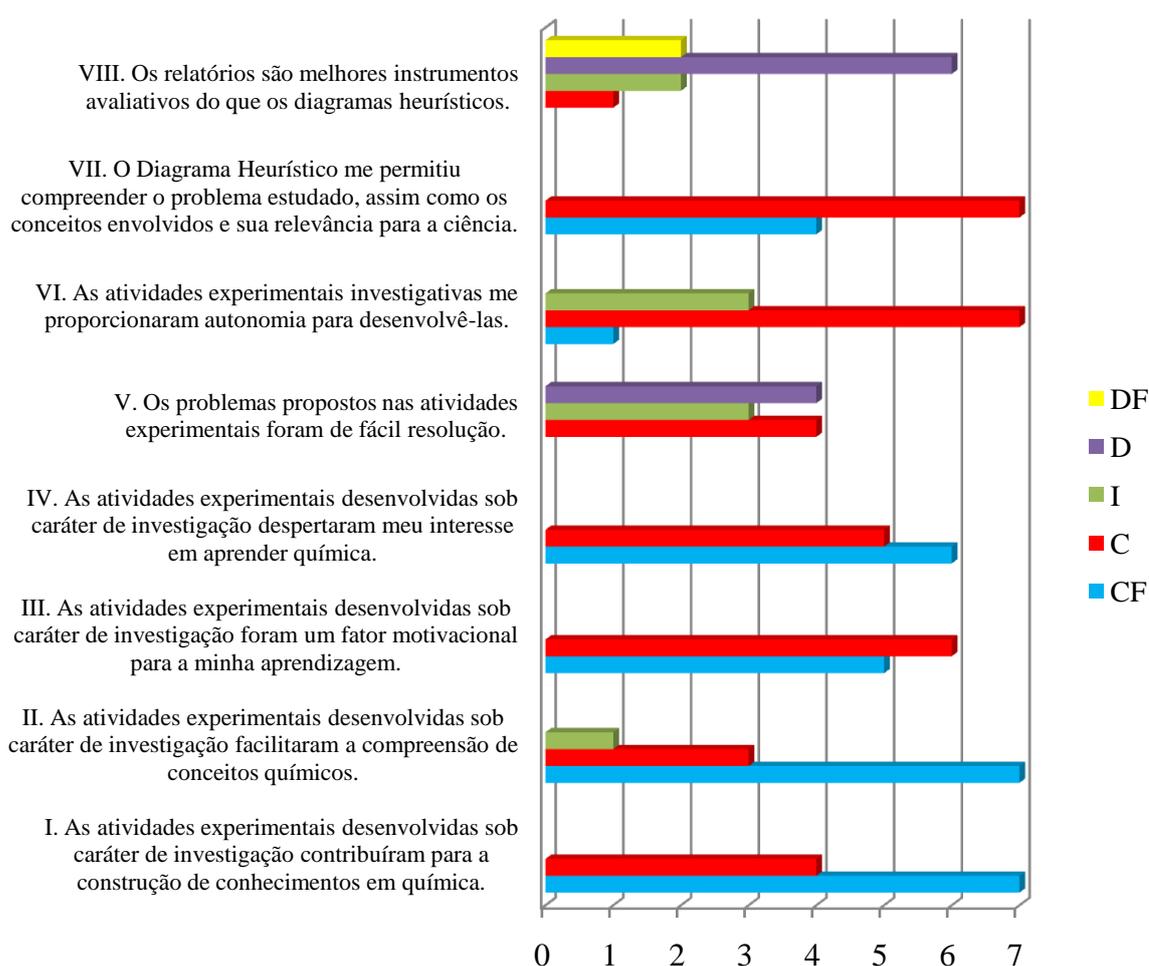
Figura 32 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 sobre os níveis de dificuldade apresentados na elaboração do diagrama heurístico.



Como é possível observar na figura 32, distintas foram as opiniões apresentadas pelos alunos da turma 2 em relação à construção do diagrama, os quais relataram maior nível de dificuldade. Esses resultados são condizentes com os resultados de desempenho dos alunos da turma 2 para todas as etapas da discussão dos resultados, se comparados à turma 1 e, de certo modo, nos ajudam a justificar as distinções observadas entre as duas turmas.

A terceira pergunta do questionário era composta por 16 afirmações concernentes a todo o processo de aplicação da proposta de ensino, para as quais os alunos deveriam escolher a alternativa que melhor descrevesse sua opinião, entre cinco níveis de concordância: Concordo Fortemente (CF), Concordo (C), Indeciso (I), Discordo (D) e Discordo Fortemente (DF). Na Figura 33 apresentamos a frequência de respostas dos alunos da turma 1 para as afirmações de I a VIII.

Figura 33 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada.



De acordo com a Figura 33, dentre as afirmações I a VIII, os alunos foram unânimes em classificar entre as opções “Concordo Fortemente” e “Concordo” (100%, somatório das duas opções) as afirmações I (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação contribuíram para a construção de conhecimentos em química), III (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação foram um fator motivacional para a minha aprendizagem), IV (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de

investigação despertaram meu interesse em aprender química) e VII (o Diagrama Heurístico me permitiu compreender o problema estudado, assim como os conceitos envolvidos e sua relevância para a ciência). Desse modo, podemos inferir que os alunos reconheceram que as atividades experimentais realizadas contribuíram, respectivamente, para a construção do conhecimento em química, foram um fator motivacional para a sua aprendizagem e conseqüentemente despertaram o interesse em aprender química. Eles também reconheceram que o diagrama foi relevante para a sua aprendizagem, pois o mesmo os permitiu compreender os conceitos envolvidos nas atividades experimentais e sua relevância para a ciência.

Sobre as afirmações II (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação facilitaram a compreensão de conceitos químicos) e VI (as atividades experimentais investigativas me proporcionaram autonomia para desenvolvê-las) verificamos que alguns alunos declararam estar indecisos a respeito. Com respeito à afirmação II, um aluno estava indeciso se as atividades experimentais, de fato, facilitaram a compreensão de conceitos químicos, enquanto o restante da turma estava de acordo com a afirmativa. No que se refere à afirmativa VI; 27,27% da turma se manifestou indecisa quanto ao fato de que desenvolveram autonomia por meio das atividades realizadas.

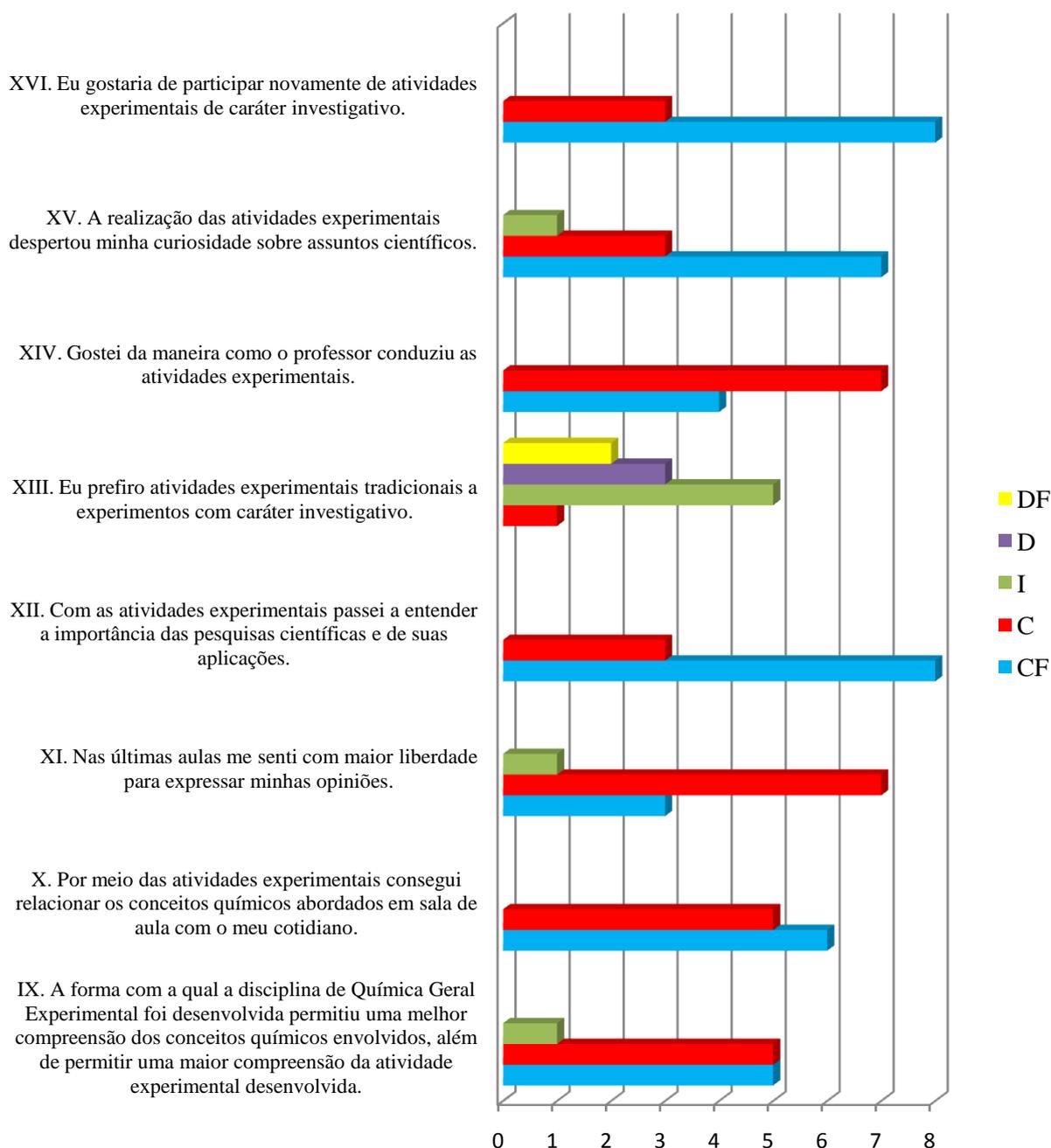
Conforme indica a Figura 33, os alunos dividiram opiniões com relação às afirmações V (os problemas propostos nas atividades experimentais foram de fácil resolução) e VIII (os relatórios são melhores instrumentos avaliativos do que os diagramas heurísticos). Sobre a afirmativa V, 36,36% concordaram que os problemas foram de fácil resolução; 36,36% discordaram e 27,27% declararam-se indecisos. Quanto à afirmativa VIII, 72,72% (somatório das opções “Discordo Fortemente” e “Discordo”) dos alunos discordaram sobre os relatórios serem melhores instrumentos avaliativos que os diagramas heurísticos, enquanto 18,18% consideraram-se indecisos e 9,09% concordaram com a afirmativa.

Esses resultados não são surpreendentes, especialmente se considerarmos que a experiência vivenciada pelos alunos é diferente do que estão acostumados, especialmente do ponto de vista da necessidade de trabalho ativo por parte dos alunos, o que implica em desenvolvimento de autonomia. Tais características também evidenciam as deficiências dos alunos em regular seu próprio processo de aprendizagem e construir seus conhecimentos, por esse motivo acabam considerando a atividade e/ou o problema “difíceis”. Os dados também

são condizentes com as dificuldades apresentadas para a construção dos diagramas, o que provavelmente está relacionada a dificuldades quanto à compreensão de conceitos químicos.

Na Figura 34 apresentamos a frequência de respostas dos alunos da turma 1 para as afirmações de IX a XVI.

Figura 34 - Frequência das respostas dos alunos da turma 1 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada.

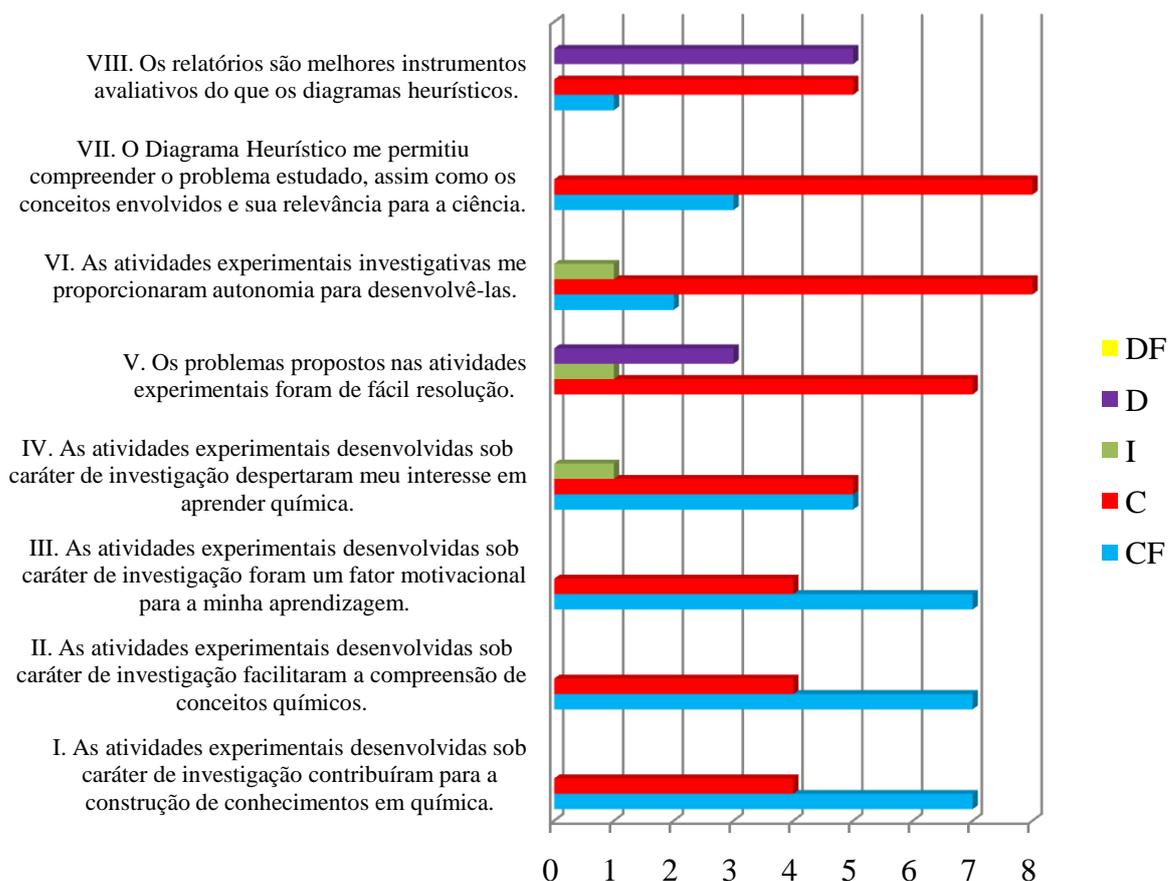


De acordo com a Figura 34, dentre as afirmações de IX a XVI, os alunos foram unânimes em classificar entre as opções “Concordo Fortemente” e “Concordo” (100%, somatório das duas opções) as afirmações X (por meio das atividades experimentais consegui relacionar os conceitos químicos abordados em sala de aula com o meu cotidiano), XII (com as atividades experimentais passei a entender a importância das pesquisas científicas e de suas aplicações), XIV (gostei da maneira como o professor conduziu as atividades experimentais.) e XVI (eu gostaria de participar novamente de atividades experimentais de caráter investigativo). Desse modo, podemos inferir que os alunos reconheceram que as atividades realizadas contribuíram para relacionar os conceitos químicos com o cotidiano, para compreender a importância de pesquisas científicas e suas aplicações e para despertar a curiosidade sobre assuntos científicos. Como também, expressaram que gostaram da forma que o professor os orientou nas atividades, e ainda, gostariam de participar novamente de atividades realizadas sob a mesma perspectiva. Tais afirmações revelam a boa receptividade da proposta entre os alunos e corroboram aspectos apontados na literatura sobre a possibilidade de atividades de ensino dessa natureza propiciarem visões mais adequadas sobre o fazer científico.

Vale destacar que, dentre as afirmações IX a XVI (Figura 34), os alunos dividiram opiniões com respeito à afirmação XIII (eu prefiro atividades experimentais tradicionais a experimentos com caráter investigativo); com a qual 9,09% concordaram; 45,45% (somatório das opções “Discordo Fortemente” e “Discordo”) discordaram e 45,45% declararam-se indecisos. De fato, como Chatterjee *et al.* (2009) afirmam, as atividades investigativas nem sempre são preferidas pelos estudantes, em razão da exigência cognitiva que atividades desse tipo necessitam para o seu desenvolvimento.

A seguir, na Figura 35, apresentamos a frequência de respostas dos alunos da turma 2 para as afirmações de I a VIII, referente às suas opiniões referentes à proposta de ensino desenvolvida.

Figura 35 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada.

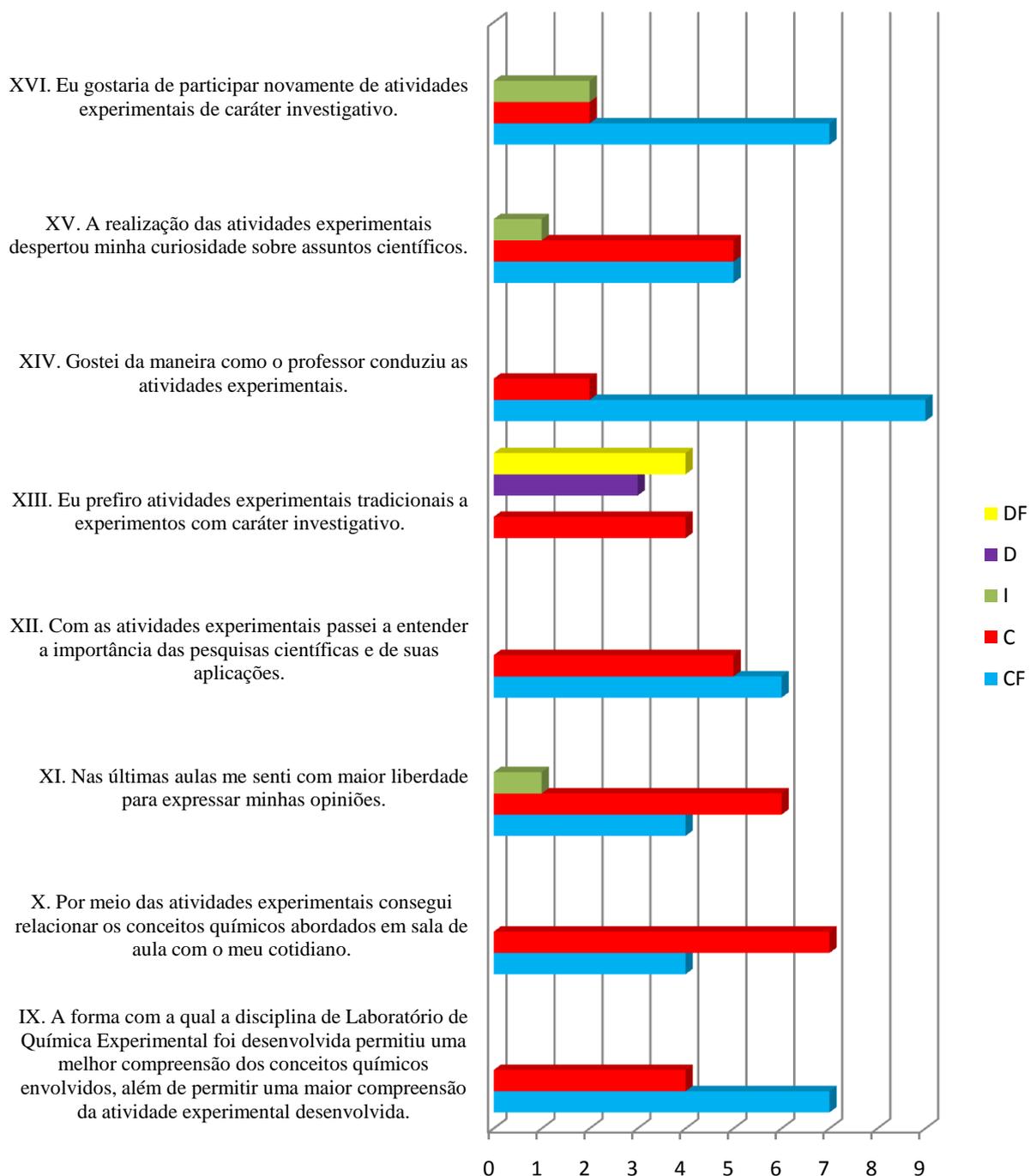


De acordo com a Figura 35, dentre as afirmações de I a VIII, os alunos foram unânimes em classificar entre as opções “Concordo Fortemente” e “Concordo” (100%, somatório das duas opções) as afirmações I (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação contribuíram para a construção de conhecimentos em química), II (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação facilitaram a compreensão de conceitos químicos), III (as atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação foram um fator motivacional para a minha aprendizagem) e VII (o Diagrama Heurístico me permitiu compreender o problema estudado, assim como os conceitos envolvidos e sua relevância para a ciência). Desse modo, podemos inferir que os alunos reconheceram que as atividades experimentais realizadas contribuíram, respectivamente, para a construção do conhecimento em química, facilitaram a compreensão de conceitos e foram um fator motivacional para a sua aprendizagem. Eles também reconheceram que o diagrama foi de suma importância para a sua aprendizagem.

Os alunos dividiram opiniões nas afirmações V (os problemas propostos nas atividades experimentais foram de fácil resolução) e VIII (os relatórios são melhores instrumentos avaliativos do que os diagramas heurísticos). Sobre a afirmativa V; 27,27% discordaram que os problemas foram de fácil resolução, 9,09% dos alunos relataram estar indecisos quanto a isso e 63,64% concordaram que os problemas foram de fácil resolução. Quanto à afirmativa VIII; 45,45% dos alunos da turma discordaram sobre os relatórios serem melhores instrumentos avaliativos que os diagramas heurísticos, enquanto 45,45% concordaram com a afirmativa e 9,09% escolheram a opção “Concordo Fortemente”. Conforme relatado anteriormente, esses resultados são semelhantes aos encontrados na turma 1 e podemos considerar as mesmas possíveis razões para tal: trata-se de uma proposta de ensino utilizada com pouca frequência, que requer autonomia e maior esforço cognitivo por parte dos alunos, a qual acaba por se tornar de maior dificuldade para eles. Esse fato, no entanto, não deve ser motivo de rejeição à atividade, muito pelo contrário, é necessário que mais atividades dessa natureza sejam implementadas no ensino superior de modo que tais dificuldades sejam cada vez mais reduzidas.

Na Figura 36 apresentamos a frequência de respostas dos alunos da turma 1 para as afirmações IX a XVI:

Figura 36 - Frequência das respostas dos alunos da turma 2 com relação a diversos aspectos referentes à proposta de ensino aplicada.



De acordo com a Figura 36, dentre as afirmações de IX a XVI os alunos foram unânimes em classificar entre as opções “Concordo Fortemente” e “Concordo” (100%, somatório das duas opções) as afirmações IX (a forma com a qual a disciplina de Laboratório de Química Experimental foi desenvolvida permitiu uma melhor compreensão dos conceitos

químicos envolvidos, além de permitir uma maior compreensão da atividade experimental desenvolvida), X (por meio das atividades experimentais consegui relacionar os conceitos químicos abordados em sala de aula com o meu cotidiano), XII (com as atividades experimentais passei a entender a importância das pesquisas científicas e de suas aplicações) e XIV (gostei da maneira como o professor conduziu as atividades experimentais). Desse modo, podemos inferir que os alunos reconheceram que a forma com que a disciplina foi desenvolvida contribuiu para a compreensão de conceitos de química e das atividades experimentais realizadas, como também concordaram que as atividades experimentais realizadas contribuíram para relacionar os conceitos químicos com o cotidiano, para compreender a importância de pesquisas científicas e suas aplicações, assim como expressaram de forma positiva em relação à forma como o professor conduziu as atividades.

Dentre as afirmações de IX a XVI, observamos que alguns alunos declararam estar indecisos com relação às afirmações XI (nas últimas aulas me senti com maior liberdade para expressar minhas opiniões), XV (a realização das atividades experimentais despertou minha curiosidade sobre assuntos científicos) e XVI (eu gostaria de participar novamente de atividades experimentais de caráter investigativo). Com respeito às afirmações XI e XV, um aluno declarou-se indeciso. No que diz respeito à afirmativa XVI, se eles participariam novamente de atividades experimentais de natureza investigativa, 18,18% demonstraram indecisão quanto a essa possibilidade; os demais se declararam concordantes.

Cabe destacar que, dentre as afirmações IX a XVI (Figura 36), os alunos dividiram opiniões com respeito à afirmação XIII (eu prefiro atividades experimentais tradicionais a experimentos com caráter investigativo): 36,36% concordaram com a afirmativa, enquanto que 63,64% (somatório das opções “Discordo Fortemente” e “Discordo”) discordaram da afirmativa. Embora tenha havido divergência, ainda que pequena em nosso julgamento, podemos sugerir que a proposta foi bem vista pelos estudantes, os quais, em sua maioria, relataram ter preferência. Esse resultado vai ao encontro dos resultados da pesquisa de Kelly e Finlayson (2009), os quais inferem que os alunos, após passarem pela experiência de participar de uma disciplina desenvolvida sob os preceitos da PBL, em sua maioria, preferem aulas de laboratório dessa natureza a aulas convencionais.

Desse modo, podemos sugerir que a proposta de ensino desenvolvida nas disciplinas de química de natureza experimental teve boa receptividade entre os graduandos, tanto do curso de Bacharelado em Química, quanto do Curso de Ciências da Natureza, com algumas

ressalvas devido às dificuldades enfrentadas, especialmente na resolução dos problemas e na construção dos diagramas. Acreditamos que sejam caminhos para superar esses obstáculos, ensinar os alunos a analisar e interpretar dados, antes da realização de atividades pautadas na resolução de problemas, pois uma das maiores dificuldades observadas tanto no processo de resolução dos problemas, como na construção dos diagramas, foi a falta de habilidade dos alunos analisarem e interpretarem dados para chegarem a possíveis conclusões a respeito da resoluções dos problemas. É importante também que sejam realizados estudos de textos sobre as temáticas em aula e debates sobre as questões de pesquisa de modo a favorecer a construção de conhecimentos de forma mais aprofundada sobre as temáticas. Acreditamos que isso contribuiria tanto para a resolução dos problemas, como para a construção dos diagramas e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da argumentação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho nos propomos a investigar o potencial de atividades experimentais elaboradas nos moldes da Aprendizagem baseada em Problemas (*Problem Based Learning* – PBL), com o auxílio do diagrama heurístico proposto por Chamizo (2012) para promover a argumentação de estudantes de Química de nível superior. A análise dos registros escritos referentes às atividades, feitos a partir da construção dos diagramas heurísticos e das percepções expressas pelos alunos sobre aspectos pertinentes à proposta, nos permitiu tecer considerações relevantes a respeito do uso desse recurso como instrumento avaliativo e suporte para a construção de argumentos pelos estudantes sobre os problemas propostos e suas possíveis soluções.

Na análise dos diagramas segundo os critérios sugeridos por Chamizo (2012) verificamos seu potencial em fornecer informações relevantes sobre a compreensão dos alunos a respeito não apenas da aprendizagem conceitual, mas também de outros aspectos igualmente relevantes, como o tratamento e interpretação dos dados para a obtenção dos resultados, a construção de conclusões a partir desses aspectos, a identificação e uso da linguagem adequada e o reconhecimento de fatos que auxiliam nessa compreensão.

Essa análise revelou, ainda, dificuldades de diversas ordens por parte dos alunos, as quais foram identificadas ainda no início do processo de aplicação da proposta. Para tentar suprimi-las realizamos discussões sobre os primeiros diagramas apresentados. Esta intervenção, aliada ao aumento de familiaridade com o diagrama e com a natureza das atividades, progressivamente alcançada no decorrer da disciplina, pode ter influenciado na evolução observada em alguns diagramas. Como apontam Mendonça, Cordeiro e Kill (2014) o sucesso do diagrama é dependente da compreensão dos alunos sobre os significados de cada um de seus elementos e do significado da articulação entre os mesmos. Assim, sobre a evolução dos alunos na construção dos diagramas tomamos a ideias de Leboeuf e Batista (2013) os quais colocam que “o uso continuado (do diagrama) pode promover o aumento da complexidade do pensamento do aluno ao analisar uma atividade prática ou teórica” (p. 718).

Além disso, não podemos deixar de conferir crédito aos estudantes que, mediante as dificuldades encontradas em construir um material escrito distinto do que é comumente utilizado em salas de aula e laboratórios de ensino, conseguiram elaborar diagramas de maneira satisfatória, organizando as ideias referentes às atividades e construindo o

conhecimento a elas pertinente. Portanto, consideramos que as dificuldades encontradas reveladas na avaliação dos diagramas heurísticos, como também pelos próprios alunos em resposta ao questionário de impressão dos sujeitos (Apêndice H), fazem parte de um processo de tomada de conhecimento em relação a esse instrumento, o qual possui sua relevância exatamente em sua complexidade, uma vez que permite aos alunos explorarem aspectos que vão além da compreensão conceitual.

Logo, podemos sugerir que o diagrama heurístico se revelou um instrumento adequado para o registro das atividades experimentais estudadas, como também um bom instrumento para uso em atividades experimentais de caráter investigativo, que favorece a construção de argumentos de acordo com os preceitos de Toulmin (2006).

Na identificação e análise da estrutura dos argumentos segundo o modelo de Toulmin (2006) verificamos semelhanças em relação aos resultados observados para os diagramas construídos pelos alunos. Em ambos os casos houve evolução no processo de elaboração das respostas ao problema, ou seja, assim como os diagramas receberam maiores pontuações à medida que mais atividades foram sendo realizadas, foram também sendo construídas respostas mais elaboradas, que se configuraram argumentos com maior número de componentes, o que evidenciou aumento no nível de competência argumentativa dos alunos que, segundo a metodologia proposta por Erduran, Simon e Osborne (2004), nos permitiu vislumbrar a qualidade dos argumentos apresentados pelos grupos na *conclusão* dos diagramas heurísticos, a maioria deles apoiados com justificativas e/ou *backings*.

Podemos, do mesmo modo, sugerir as mesmas razões para a evolução na produção dos argumentos dos estudantes, como o aumento da familiaridade com a metodologia de ensino proposta ao longo das aulas, estágio mais avançado no trabalho com os conceitos relacionados às atividades e a natureza dos problemas propostos.

As distinções observadas entre as duas turmas, especialmente com relação à qualidade dos argumentos produzidos, conforme explicitado anteriormente, podem ter justificativa em razões de diferentes ordens, as quais ultrapassam os limites de espaço e tempo do contexto em que as atividades foram aplicadas. Porém, procuramos apresentar possíveis causas para tal, como o turno de realização das aulas e a natureza das disciplinas envolvidas. Consideramos que a turma 1, com relação a esses aspectos, encontrava-se em condição privilegiada, por dispor de mais tempo e de mais oportunidades de discussão sobre os

aspectos teórico-conceituais concernentes aos problemas estudados. Portanto, acreditamos que esses fatos nos ajudam a justificar os resultados mais favoráveis da turma 1 em relação à turma 2.

A partir da análise das respostas dos alunos fornecidas nos questionários sobre a aplicação da proposta de ensino, a frequência das respostas dos alunos indicou que houve uma boa receptividade da proposta nas turmas estudadas. Embora alguns alunos tenham declarado preferir atividades experimentais tradicionais, a maioria dos discentes destacou pontos positivos sobre as atividades experimentais pautadas na PBL e sobre o diagrama heurístico como instrumento avaliativo, destacando que durante as aulas sentiram-se com maior liberdade para expressar suas opiniões. As percepções expressas nos questionários também corroboraram aspectos observados na análise dos diagramas e dos argumentos produzidos, especialmente aquelas relacionadas às maiores dificuldades enfrentadas pelos alunos da turma 2 na construção dos diagramas, evidenciando coerência entre os resultados obtidos nos diferentes instrumentos de coleta de dados da pesquisa.

Com isso, defendemos que temáticas elaboradas na perspectiva PBL permitem que os alunos utilizem os conhecimentos científicos na resolução de um problema do mundo real, o que contribui significativamente para a formação dos educandos no nível tanto profissional quanto social, pois as temáticas pautadas na PBL possibilitam uma reflexão crítica com emissão de juízos de valor. Como sugerido por Conrado, Nunes-Neto e El-Hani (2014) as atividades baseadas na PBL fornecem um ambiente amplo de aprendizagem e promovem o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Logo, sugerimos que a metodologia de ensino baseada na PBL aliada ao diagrama heurístico contribuiu para o desenvolvimento da competência de resolver problemas, de habilidades críticas e reflexivas, de comunicar dados e de trabalhar em grupo, favorecendo a argumentação dos estudantes.

REFERÊNCIAS

- ACUÑA, M. E. C. Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p. 143-155, Abr. 2009.
- ADAMS, E.; SMITH, G.; HENTHORN, M.; WARD, T. J.; VANEK, D.; MARRA, N.; JONES, D.; STRIEBEL, J. Air toxics under the big sky: a real-world investigation to engage high school Science Students. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 2, p. 221-224, Feb. 2008.
- ALBE, V. When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. **Research in Science Education**, v. 38, p. 67-90, 2008.
- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- ANGELIN, M.; RAMSTRÖM, O. Making a chemical rainbow. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 5, p. 504-506, May. 2010.
- ARVOLA, A. O.; LUNDEGARD, I. 'It's her body' when students' argumentation shows displacement of content in a science classroom. **Research in Science Education**, v. 42, p. 1121-1145, 2012.
- BATISTA, I. L.; NASCIMENTO, E. G. União da história da ciência com o Vê de Gowin: um estudo na formação de professores das séries iniciais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 41-66, 2011.
- BERTELLE, A.; ROCHA, A.; DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M. D. Análisis de las discusiones de los estudiantes en una clase de laboratorio sobre el equilibrio químico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 114-134, 2014.
- BOUCHER, M. A. SPECHT, K. M. A forensic-themed case study for organic lab. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 7, p. 847-848, Jul. 2009.
- BRAVO, B.; PUIG, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Competencias en el uso de pruebas en argumentación. **Educación Química**, p. 137-142, Abr. 2009.
- BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
- BROIETTI, F. C. D.; ALMEIDA, F. A. S.; SILVA, R. C. M. A. Estudo de casos: um recurso didático para o ensino de química no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 89-100, 2012.

BRUCK, L. B.; TOWNS, M. H. Preparing students to benefit from inquiry-based activities in the chemistry laboratory: guidelines and suggestions. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 7, p. 820-822, Jul. 2009.

BRUCK, L. B.; TOWNS, M. H.; BRETZ, S. L. Faculty perspectives of undergraduate chemistry laboratory: goals and obstacles to success. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 12, p. 1416-1424, Dec. 2010.

BURKE, K. A.; GREENBOWE, T. J.; HAND, B. M. Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 7, p. 1032-1038, Jul. 2006.

CAMPANER, G.; DE LONGHI, A. L. La argumentación en educación ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 442-456, 2007.

CAMPILLO, Y. P.; GUERRERO, J. A. C. El ABP y el diagrama heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciências. **Ciência e Educação**, v. 19, n. 3, p. 499-516, 2013.

CAMPILLO, Y. P.; GUERRERO, J. A. C. Los museos: un instrumento para el aprendizaje basado en problemas (ABP). **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 312-322, 2011.

CETIN, P. S. Explicit argumentation instruction to facilitate conceptual understanding and argumentation skills. **Research in Science & Technological Education**, v. 32, n. 1, p. 1-20, 2014.

CHAMIZO GUERRERO, J. A. Historia y epistemología de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 1, p. 133-146, 2007.

CHAMIZO, J. A. Heuristic diagrams as a tool to teach history of science. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 745-762, 2012.

CHAMIZO, J. A. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 26-41, 2010.

CHAMIZO, J. A.; IZQUIERDO, M. Avaliação das competências de pensamento científico. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 4-8, Fev. 2008.

CHATTERJEE, S.; WILLIAMSON, V. M.; McCANN, K.; PECK, M. L. Surveying students attitudes and perceptions toward guided-inquiry an open-inquiry laboratories. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 12, p. 1427-1432, Dec. 2009.

CHOI, A.; NOTEBAERT, A.; DIAZ, J.; HAND, B. Examining arguments generated by year 5, 7, and 10 students in science classrooms. **Research in Science Education**, v. 40, p. 149-169, 2010.

CLOUGHERTY, R.; WELLS, M. Use of wikis in chemistry instruction for problem-based learning assignments: an example in instrumental analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 10, p. 1446-1448, Oct. 2008.

ÇOBAN, G. U. The effects of inquiry supported by argument maps on science process skills and epistemological views of prospective science teachers. **Journal of Baltic Science Education**, v. 12, n. 3, p. 271-288, 2013.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Aprendizagem baseada em problemas (ABP) na educação científica como estratégia para formação do cidadão socioambientalmente responsável. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 2, p. 77-87, 2014.

COQUIDÉ, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.10, n.1, p. 1-18, Jun. 2008.

DAWSON, V. M.; VENVILLE, G. Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. **Research in Science Education**, v. 40, p. 133-148, 2010.

DEMIRCIOĞLU, H.; DINÇ, M.; ÇALIK, M. The effect of storylines embedded within context-based learning approach on grade 6 students' understanding of 'physical and chemical change' concepts. **Journal of Baltic Science Education**, v. 12, n. 5, p. 682-691, 2013.

DETERS, K. M. Student opinions regarding inquiry-based labs. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 8, p. 1178-1180, Aug. 2005.

EICHLER, M. Os modelos abstratos na apreensão da realidade química. **Educación Química**, v. 12, n. 3, p. 138-148, 2001.

ERDURAN, S.; SIMON, S. OSBORNE, J. TAPping into Argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

ESKIN, H.; OGAN-BEKIROGLU, F. Argumentation as a strategy for conceptual learning of dynamics. **Research in Science Education**, v. 43, p. 1939-1956, 2013.

FATARELI, E. F.; FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de química: textos de divulgação científica desencadeando debates. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 3, p. 613-630, set./dez. 2014.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, Mai. 2010.

FLYNN, A. B.; BIGGS, R. The development and implementation of a problem-based learning format in a fourth-year undergraduate synthetic organic and medicinal chemistry laboratory course. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 1, p. 52-57, 2012.

FOLMER, V.; BARBOSA, N. B. V.; SOARES, F. A.; ROCHA, J. B. T. Experimental activities based on ill-structured problems improve brazilian school student's understanding of the nature of scientific knowledge. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 232-254, 2009.

FRANCISCO, W. El uso de un caso de investigación para el estudio de los métodos electrolíticos: una experiencia en la educación superior. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 419-439, 2013.

FRANCISCO, W.; FRANCISCO JUNIOR., W. E. Ensino de métodos anticorrosivos: experimentação com uso de problemas abertos. **Educación Química**, v. 24, n. 2, p. 480-484, Nov. 2013.

FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, G. A.; SILVA, M. G. L. Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no ensino de química. **Acta Scientiae**, v. 13, n. 1, p. 106-120, 2011.

GADDIS, B. A.; SCHOFFSTALL, A. M. Incorporating guided-inquiry learning into organic chemistry laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 5, p. 848-851, May. 2007.

GIANCARLO, L. C.; SLUNT, K. M. The dog ate my homework: a cooperative learning project for instrumental analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 6, p. 868-869, Jun. 2004.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 203-209, Ago. 2009.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T.; JUSTI, R. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 2, p. 187-207, 2008.

GOODNOUGH, K. Investigating pre-service science teachers' developing professional knowledge through the lens of differentiated instruction. **Research in Science Education**, v. 40, p. 239-265, 2010.

GOTT, R.; DUGGAN, S. A framework for practical work in science and scientific literacy through argumentation. **Research in Science & Technological Education**, v. 25, n. 3, p. 271-291, Nov. 2007.

GRANADOS, L. L. A.; CASTRO, J. M. M.; SERNA, D. J. M. Implementacion de la estrategia "Aprendizaje por Investigacion" mediante un problema experimental de estequiometria. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 55-66, Dec. 2010.

GROVE, N.; BRETZ, S. L. Sherlock Holmes and the case of the raven and the ambassador's wife: an inquiry-based murder mystery. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 10, p. 1532-1533, Oct. 2005.

GÜRSES, A.; AÇIKYILDIZ, M.; DOĞAR, C. SÖZBILIR, M. An investigation into the effectiveness of problem-based learning in a Physical Chemistry laboratory course. **Research in Science & Technological Education**, v. 25, n. 1, p. 99-113, Apr. 2007.

HAND, B.; CHOI, A. examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. **Research in Science Education**, v. 40, p. 29-44, 2010.

HENAO, B. L.; STIPCICH, M. S. Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 47-62, 2008.

HERREID, C. F. Conference on case-based studies in chemical education: the future of case study teaching in science. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 2, p. 256-257, 2013.

HICKS, R. W.; BEVSEK, H. M. Utilizing problem-based learning in qualitative analysis lab experiments. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 2, p. 254-257, Nov. 2012.

IBRAIM, S. S.; MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contribuições dos esquemas argumentativos de Walton para análise de argumentos no contexto do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 159-185, 2013.

JALIL, P.A. A procedural problem in laboratory teaching: experiment and explain, or vice-versa. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 159-163, Jan. 2006.

JOHNSTONE, A. H.; OTIS, K. H. Concept mapping in problem based learning: a cautionary tale. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 84-95, 2006.

KALIVAS, J. H. A service-learning project based on a research supportive curriculum format in the general chemistry laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 10, p. 1410-1415, Oct. 2008.

KATCHEVICH, D.; HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. Argumentation in the chemistry laboratory: inquiry and confirmatory experiments. **Research in Science Education**, v. 43, p. 317-345, 2013.

KELLY, O. C.; FINLAYSON, O. E. Providing solutions through problem-based learning for the undergraduate 1st year chemistry laboratory. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 8, n. 3, p. 347-361, 2007.

KELLY, O.; FINLAYSON, O. A hurdle too high? Students' experience of a PBL laboratory module. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 10, p. 42-52, 2009.

KIM, H.; SONG, J. The features of peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. **Research in Science Education**, v. 36, p. 211-233, 2006.

KINGIR, S.; GEBAN, O.; GUNEL, M. Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. **Research in Science Education**, v. 43, p. 1645-1663, 2013.

KNAGGS, C. M.; SCHNEIDER, R. M. Thinking like a scientist: using Vee-maps to understand process and concepts in science. **Research in Science Education**, v. 42, p. 609-632, 2012.

LANIGAN, K. C. Teaching analytical method development in an undergraduate instrumental analysis course. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 1, p. 138-140, Jan. 2008.

- LAREDO, T. Changing the first-year chemistry laboratory manual to implement a problem-based approach that improves student engagement. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 9, p. 1151-1154, 2013.
- LEBOEUF, H. A.; BATISTA, I. L. O uso do “V” de Gowin na formação docente em ciências para os anos Iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n.3, p. 697-721, 2013.
- LEITE, L.; ESTEVES, E. Análise crítica de actividades laboratoriais: um estudo envolvendo estudantes de graduação. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, s/p. 2005.
- LIORENS-MOLINA, J. A. El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratório. **Química Nova**, v. 33, n. 4, p. 994-999, 2010.
- LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 430-434, 2012.
- LOPES, R. M.; FILHO, M. V. S.; MARSDEN, M.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisas em Educação: abordagens qualitativas**. EPU: São Paulo, 1986. 99 p.
- MALHEIRO, J. M. S.; DINIZ, C. W. P. Aprendizagem baseada em problemas no ensino de ciências: mudando atitudes de alunos e professores. **Amazônia-Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 4, n. 8, p. 1-10, Jan./Jun. 2008.
- MARGEL, H.; EYLON, B.; SCHERZ, Z. From textiles to molecules – teaching about fibers to integrate students macro – and microscale knowlwdge of materials. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 10, p. 1552-1556, Oct. 2006.
- MARINELI, F.; SASSERON, L. H. A estrutura argumentativa e as características dos argumentos no texto que aborda a “nova teoria sobre luz e cores” de Isaac Newton. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 2, p. 107-124, 2014.
- MASSENA, E. P.; GUZZI FILHO, N. J.; SÁ, L. P. Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores. **Química Nova**, v. 36, n. 7, p. 1066-1072, 2013.
- MEJÍA, A. R.; ALQUISIRA, J. P. Elementos del aprendizaje experimental basado en un problema para la enseñanza superior en Fisicoquímica. **Educación Química**, v. 18, n. 3, p. 214-221, Jul. 2007.
- MENDONÇA, M. F. C.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Uso de diagrama V modificado como relatório em aulas teórico-práticas de Química Geral. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1249-1256, 2014.
- MILLÁN, G. H. Enseñanza experimental. ¿Cómo y para qué? **Educación Química**, v. 23, n. 1, p. 92-95, Mar. 2012.

MOLINÉ, M. R. G. Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 1, p. 59-72, 2007.

MOREIRA, M. A. Diagramas V e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 6, n. 2, p. 3-12, 2012.

MOREIRA, M. A. Una visión Toulminiana respecto a la disciplina investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 2, p. 181-190, 2005.

MOUTINHO, S.; TORRES, J.; VASCONCELOS, C. Aprendizagem baseada em problemas e ensino expositivo: um estudo comparativo. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v. 4, n. 1, p. 15-31, Jun. 2014.

NASCIMENTO, S. S.; VIEIRA, R. D. Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, s/p, 2008.

NIELSEN, J. A. Dialectical features of students' argumentation: a critical review of argumentation studies in science education. **Research in Science Education**, v. 43, p. 371-393, 2013.

NIELSEN, S. E.; SCAFFIDI, J. P.; YEZIERSKI, E. J. Detecting art forgeries: a problem-based Raman spectroscopy lab. **Journal of Chemical Education**, v.91, n. 3, p. 446-450, 2014.

OBAYA-VALDIVIA, A. Enseñanza experimental de la química. descubrimiento y solución de problemas. **Educación Química**, v. 16, n. 1, p. 44-51, Jan. 2005.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v.12, n.1, p.139-153, 2010.

OLIVEIRA, J. R. S.; BATISTA, A. A.; QUEIROZ, S. L. Escrita científica de alunos de graduação em química: análise de relatórios de laboratório. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p. 1980-1986, 2010.

OLIVER-HOYO, M. T.; PINTO, G.; LIORENS-MOLINA, J. A. The chemistry of self-heating food products: an activity for classroom engagement. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 11, p. 1277-1280, Nov.2009.

OZDILEK, Z. Learners' views about using case study teaching method in an undergraduate level analytical chemistry course. **Journal of Baltic Science Education**, v. 13, n. 5, p. 695-708, 2014.

PELLEH, M.; HABERMAN, B.; ROSENTHAL, T.; ENGLISH, J. Linking theory, practice and system-level perception: using a PBL approach in an operating systems course. **Issues in Informing Science and Information Technology**, v. 5, p. 395-408, 2008.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. O espaço para a argumentação no ensino superior de química. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p. 104-110, Abr. 2009.

- QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. Argumentação no ensino superior de química: investigando uma atividade fundamentada em estudos de casos. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, p. 1-5, 2005.
- REIGOSA, C. Un estudio de caso sobre la comunicación entre estudiantes en el laboratorio escolar. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 98-119, 2012.
- RÍOS, S. L.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Modelación computacional apoyada en el uso del diagrama V de Gowin para el aprendizaje de conceptos de dinámica newtoniana. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 202-226, 2011.
- ROMERO-ÁLVAREZ, J. G.; RODRÍGUEZ-CASTILLO, A.; GÓMEZ-PÉREZ, J. Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato. **Educación Química**, p. 195-200, Jul. 2008.
- SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de química. **Educación Química**, v. 24, n. 2, p. 522-528, Nov. 2013.
- SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino de química. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.
- SALVADOR, D. F.; ROLANDO, L. G. R.; OLIVEIRA, D. B.; VASCONCELLOS, R. F. R. R. Aplicando os princípios da aprendizagem baseada em problemas como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 242-317, 2014.
- SAMPSON, V.; CLARK, D. B. A comparison of the collaborative scientific argumentation practices of two high and two low performing groups. **Research in Science Education**, v. 41, p. 63-97, 2011.
- SANDI-URENA, S.; COOPER, M.; STEVENS, R. Effect of cooperative problem – based lab instruction on metacognition and problem solving skills. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 6, p. 700-706, 2012.
- SANTOS, J. R. O Uso do diagrama epistemológico “Vê de Gowin” no processo de investigação em geografia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 3, p. 52-60, 2005.
- SARACALOGLU, A. S.; AKTAMIS, H.; DELIOGLU, Y. The impact of the development of prospective teachers’ critical thinking skills on scientific argumentation training and on their ability to construct an argument. **Journal of Baltic Science Education**, v. 10, n. 4, p. 243-260, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. **Ciência e Educação**, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014.

SCHABER, P. M.; DINAN, F. J.; PHILLIPS, M. St.; LARSON, R.; PINES, H. A.; LARKIN, J. E. Juicing the juice: a laboratory-based case study for an instrumental analytical chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 4, p. 496-498, Apr. 2011.

SEFERIAN, A. E. Situaciones problemáticas de química diseñadas como pequeñas investigaciones en la escuela secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita que involucra reacciones ácido-base. **Educación Química**, v. 21, n. 3, p. 254-259, Jul. 2010.

SENOCAK, E.; TASKESENLIGIL, Y.; SOZBILIR, M. A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning. **Research in Science Education**, v. 37, p. 279-290, 2007.

SESEN, A. B.; TARHAN, L. Inquiry-based laboratory activities in electrochemistry: high school students' achievements and attitudes. **Research in Science Education**, v. 43, p. 413-435, 2013.

SILVA, O. B.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um estudo de caso para a educação química no nível médio. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 3, p. 185-192, Ago. 2011.

SMITH, M. J.; GRAY, F. M. Batteries, from cradle to grave. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 2, p. 162-167, Feb. 2010.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, s/p, 2008.

TARHAN, L.; ACAR, B. Problem-based learning in an eleventh grade chemistry class: 'factors affecting cell potential'. **Research in Science & Technological Education**, v. 25, n. 3, p. 351-369, Nov. 2007.

TARHAN, L.; ACAR-SESEN, B. Problem based learning in acids and bases: learning achievements and students' beliefs. **Journal of Baltic Science Education**, v. 12, n. 5, p. 565-578, 2013.

TATAR, E.; OKTAY, M. The effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics. **Research in Science & Technological Education**, v. 29, n. 3, p. 315-332, Nov. 2011.

TEKEŞ, H.; GÖNEN, S. Influence of V-diagrams on 10th grade turkish students' achievement in the subject of mechanical waves. **Science Education International**, v. 23, n. 3, p. 268-285, 2012.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006. 375 p.

TSAPARLIS, G.; GOREZI, M. Addition of a project-based component to a conventional expository Physical Chemistry Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 4, p. 668-670, Apr. 2007.

VALADARES, J.; FONSECA, F. Uma estratégia construtivista e investigativa para o ensino da óptica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 74-85, 2004.

VASCONCELOS, C. Teaching environmental education through PBL: Evaluation of a teaching intervention program. **Research in Science Education**, v. 42, p. 219-232, 2012.

VAT, K. H. Integrating industrial practices in software development through scenario-based design of PBL activities: a pedagogical re-organization perspective. **Issues in Informing Science and Information Technology**, v. 3, p. 687-708, 2006.

VELLOSO, A. M. S.; SÁ, L. P.; MOTHEO, A. J.; QUEIROZ, S. L. Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 593-616, 2009.

WALKER, J. P.; SAMPSON, V.; ZIMMERMAN, C. O. Argument-driven inquiry: an introduction to a new instructional model for use in undergraduate Chemistry Labs. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 8, p. 1048-1056, 2011.

WONG, K. K. H.; DAY, J. R. A comparative study of problem-based and lecture-based learning in junior secondary school science. **Research in Science Education**, v. 39, p. 625-642, 2009.

YALÇINKAYA, E.; TAŞTAN-KIRIK, Ö.; BOZ, Y.; YILDIRAN, D. Is case-based learning an effective teaching strategy to challenge students' alternative conceptions regarding chemical kinetics? **Research in Science & Technological Education**, v. 30, n. 2, p. 151-172, Jul. 2012.

YANG, S. P.; LI, C. C. Using student-developed, inquiry-based experiments to investigate the contributions of Ca and Mg to water hardness. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 4, p. 506-513, Apr. 2009.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

Artigos encontrados a partir da revisão bibliográfica sobre a PBL no ensino de química em ordem cronológica com que foram publicados (2004 a 2014)

NÚMERO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
1	DEWPRASHAD, B.; KOSKY, C.; VAZ, G. S.; MARTIN, C. L. Using clinical cases to teach General Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 83, n. 10, p. 1471-1472, Oct. 2004.
2	GIANCARLO, L. C.; SLUNT, K. M. The dog ate my homework: a cooperative learning project for Instrumental Analysis. Journal of Chemical Education , v. 81, n. 6, p. 868-869, Jun. 2004.
3	DETERS, K. M. Student opinions regarding inquiry-based labs. Journal of Chemical Education , v. 82, n. 8, p. 1178-1180, Aug. 2005.
4	GROVE, N.; BRETZ, S. L. Sherlock Holmes and the case of the raven and the ambassador's wife: an inquiry-based murder mystery. Journal of Chemical Education , v. 82, n. 10, p. 1532-1533, Oct. 2005.
5	KALIVAS, J. H. Realizing workplace skills in instrumental analysis. Journal of Chemical Education , v. 82, n. 6, p. 895-897, Jun. 2005.
6	MARGEL, H.; EYLON, B.; SCHERZ, Z. From textiles to molecules – teaching about fibers to integrate students macro – and microscale knowledge of materials. Journal of Chemical Education , v.83, n. 10, p. 1552-1556, Oct. 2006.
7	LOYO-ROSALES, J. E.; TORRENTS, A.; ROSALES-RIVERA, G. C. R.; RICE, C. P. Linking laboratory experiences to the real world: the extraction of octylphenoxyacetic acid from water. Journal of Chemical Education , v. 83, n. 2, p. 248-249, Feb. 2006.
8	AL-ASFOUR, S. V.; SILVA, E. Ap. S.; CHIERICE, G. O.; GARITA, R. M. S. Uma metodologia inovadora para avaliação em Laboratório de Química Analítica Qualitativa: uma análise da eficiência no processo ensino-aprendizagem. Experiências em Ensino de Ciências , p. 55-63, 2007.
9	GÜRSES, A.; AÇIKYILDIZ, M.; DOĞAR, C. SÖZBİLİR, M. An investigation into the effectiveness of problem-based learning in a physical chemistry laboratory course. Research in Science & Technological Education , v. 25, n. 1, p. 99-113, Apr. 2007.
10	KURZEL, F.; RATH, M. Project based learning and learning environments. Issues in Informing Science and Information Technology , v. 4, p. 503-510, 2007.
11	NEELAND, E. G. A one-hour practical lab exam for Organic Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 84, n. 9, p. 1453-1455, 2007.
12	SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. Química Nova , v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.
13	SENOCAK, E.; TASKESENLIGİL, Y.; SOZBİLİR, M. A study on teaching gases to prospective primary science teachers through problem-based learning. Research in Science Education , v. 37, p. 279-

	290, 2007.
14	TARHAN, L.; ACAR, B. Problem-based learning in an eleventh grade chemistry class: 'factors affecting call potential'. Research in Science & Technological Education , v. 25, n. 3, p. 351-369, Nov. 2007.
15	ADAMS, E.; SMITH, G.; WARD, T. J.; VANEK, D.; MARRA, N.; JONES, D.; HENTHORN, M. J.; STRIEBEL, J. Air toxics under the big sky: a real-world investigation to engage high school science students. Journal of Chemical Education , v. 85, n. 2, p. 221-224, Feb. 2008.
16	CORONEL, M. D. V.; CUROTTO, M. M. La resolución de problemas como estratégia de enseñanza y aprendizaje. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 7, n. 2, p. 463-479, 2008.
17	CLOUGHERTY, R.; WELLS, M. Use of wikis in chemistry instruction for problem-based learning assignments: an example in instrumental analysis. Journal of Chemical Education , v. 85, n. 10, p. 1446-1448, Oct. 2008.
18	KALIVAS, J. H. A service-learning project based on a research supportive curriculum format in the General Chemistry Laboratory. Journal of Chemical Education , v. 85, n. 10, p. 1410-1415, Oct. 2008.
19	LANIGAN, K. C. Teaching analytical method development in an undergraduate Instrumental Analysis course. Journal of Chemical Education , v. 85, n. 1, p. 138-140, Jan. 2008.
20	MALHEIRO, J. M. S.; DINIZ, C. W. P. Aprendizagem baseada em problemas no ensino de ciências: mudando atitudes de alunos e professores. Amazônia-Revista de Educação em Ciências e Matemáticas , v. 4, n. 8, p. 1-10, Jan./Jun. 2008.
21	ROMERO-ÁLVAREZ, J. G.; RODRÍGUEZ-CASTILLO, A.; GÓMEZ-PÉREZ, J. Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (ABP) en la asignatura de química de bachillerato. Educación Química , p. 195-200, Jul. 2008.
22	TARHAN, L.; AYAR-KAYALI, H.; UREK, R. O.; ACAR, B. Problem-based learning in 9 th grade chemistry class: 'Intermolecular Forces'. Research in Science Education , v. 38, p. 285-300, 2008.
23	BOUCHER, M. A. SPECHT, K. M. A forensic-themed case study for Organic Lab. Journal of Chemical Education , v. 86, n. 7, p. 847-848, Jul. 2009.
24	CHATTERJEE, S.; WILLIAMSON, V. M.; McCANN, K.; PECK, M. L. Surveying students attitudes and perceptions toward guided-inquiry an open-inquiry laboratories. Journal of Chemical Education , v. 86, n. 12, p. 1427-1432, Dec. 2009.
25	FOLMER, V.; BARBOSA, N. B. V.; SOARES, F. A.; ROCHA, J. B. T. Experimental activities based on ill-structured problems improve brazilian school student's understanding of the nature of scientific knowledge. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 8, n. 1, p. 232-254, 2009.
26	GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. Química Nova na Escola , v. 31, n. 3, p. 203-209, Ago. 2009.

27	OLIVER-HOYO, M. T.; PINTO, G.; LIORENS-MOLINA, J. A. The chemistry of self-heating food products: an activity for classroom engagement. Journal of Chemical Education , v. 86, n. 11, p. 1277-1280, Nov. 2009.
28	VELLOSO, A. M. S.; SÁ, L. P.; MOTHEO, A. J.; QUEIROZ, S. L. Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de química. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 8, n. 2, p. 593-616, 2009.
29	YANG, S. P., LI, C. C. Using student-developed, inquiry-based experiments to investigate the contributions of Ca and Mg to water hardness. Journal of Chemical Education , v. 86, n. 4, p. 506-513, Apr. 2009.
30	ANGELIN, M.; RAMSTRÖM, O. Making a chemical rainbow. Journal of Chemical Education , v. 87, n. 5, p. 504-506, May. 2010.
31	BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio-científicas com alunos do ensino médio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
32	CHILDS-DISNEY, J.; KAUFFMANN, A. D.; POPLAWSKI, S. G.; LYSIAK, D. R.; STEWART, R. J.; ARCADI, J. K.; DINAN, F. J. A metabolic murder mystery: a case-based experiment for the undergraduate Biochemistry Laboratory. Journal of Chemical Education , v. 87, n. 10, p. 1110-1112, Oct. 2010.
33	FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. Química Nova na Escola , v. 32, n. 2, p. 101-106, Mai. 2010.
34	GRANADOS, L. L. A.; CASTRO, J. M. M.; SERNA, D. J. M. Implementacion de la estrategia “Aprendizaje por Investigacion” mediante un problema experimental de estequiometria. Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias , v. 5, n. 2, p. 55-66, Dec. 2010.
35	LIORENS-MOLINA, J. A. El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el cambio metodológico en los trabajos de laboratorio. Química Nova , v. 33, n. 4, p. 994-999, 2010.
36	PINHEIRO, A. N.; MEDEIROS, E. L.; OLIVEIRA, A. C. Estudo de casos na formação de professores de química. Química Nova , v. 33, n. 9, p. 1996-2002, 2010.
37	SMITH, M. J.; GRAY, F. M. Batteries, from cradle to grave. Journal of Chemical Education , v. 87, n. 2, p. 162-167, Feb. 2010.
38	CAMPILLO, Y. P.; GUERRERO, J. A. C. Los museos: un instrumento para el aprendizaje basado en problemas (ABP). Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias , v. 8, n. 3, p. 312-322, 2011.
39	FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, G. A.; SILVA, M. G. L. Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no ensino de química. Acta Scientiae , v. 13, n. 1, p. 106-120, 2011.
40	LOPES, R. M.; FILHO, M. V. S.; MARSDEN, M.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. Química Nova , v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011.
41	SCHABER, P. M.; DINAN, F. J.; PHILLIPS, M. St.; LARSON, R.;

	PINES, H. A.; LARKIN, J. E. Juicing the juice: a laboratory-based case study for an Instrumental Analytical Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 88, n. 4, p. 496-498, Apr. 2011.
42	SILVA, O. B.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um estudo de caso para a educação química no nível médio. Química Nova na Escola , v. 33, n. 3, p. 185-192, Ago. 2011.
43	SOLAZ-PORTÉS, J. J.; LÓPEZ, V. S.; LÓPEZ, A. G. Aprendizaje basado en problemas en la educación superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales , n. 25, p. 177-186, 2011.
44	TATAR, E.; OKTAY, M. The effectiveness of problem-based learning on teaching the first law of thermodynamics. Research in Science & Technological Education , v. 29, n. 3, p. 315-332, Nov. 2011.
45	BROIETTI, F. C. D.; ALMEIDA, F. A. S.; SILVA, R. C. M. A. Estudo de casos: um recurso didático para o ensino de química no nível médio. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia , v. 5, n. 3, p. 89-100, 2012.
46	FIGUEIRA, A. C. M.; ROCHA, J. B. T. Açúcares redutores no ensino superior: atividades baseadas na resolução de problemas. Experiências em Ensino de Ciências , v. 7, n. 3, p. 79-85, 2012.
47	FLYNN, A. B.; BIGGS, R. The development and implementation of a problem-based learning format in a fourth-year undergraduate synthetic organic and medicinal Chemistry Laboratory course. Journal of Chemical Education , v. 89, n. 1, p. 52-57, 2012.
48	HICKS, R. W.; BEVSEK, H. M. Utilizing problem-based learning in Qualitative Analysis Lab Experiments. Journal of Chemical Education , v. 89, n. 2, p. 254-257, Nov. 2012.
49	LACERDA, C. C.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. Química Nova na Escola , v. 34, n. 2, p. 75-82, Mai. 2012.
50	REIGOSA, C. Un estudio de caso sobre la comunicación entre estudiantes en el laboratorio escolar. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 11, n. 1, p. 98-119, 2012.
51	SANDI-URENA, S.; COOPER, M.; STEVENS, R. Effect of cooperative problem-based lab instruction on metacognition and problem solving skills. Journal of Chemical Education , v. 89, n. 6, p. 700-706, 2012.
52	VASCONCELOS, C. Teaching environmental education through PBL: evaluation of a teaching intervention program. Research in Science Education , v. 42, p. 219-232, 2012.
53	YALÇINKAYA, E.; TAŞTAN-KIRIK, Ö.; BOZ, Y.; YILDIRAN, D. Is case-based learning an effective teaching strategy to challenge students' alternative conceptions regarding chemical kinetics? Research in Science & Technological Education , v. 30, n. 2, p. 151-172, Jul. 2012.
54	ALBA, J.; SALGADO, T. D. M.; PINO, J. C. D. Estudo de caso: uma proposta para abordagem de funções da química orgânica no ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia , v. 6, n.

	2, p. 76-96, 2013.
55	FRANCISCO, W. El uso de un caso de investigación para el estudio de los métodos electrolíticos: una experiencia en la educación superior. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 12, n. 3, p. 419-439, 2013.
56	FRANCISCO, W.; FRANCISCO JUNIOR., W. E. Ensino de métodos anticorrosivos: experimentação com uso de problemas abertos. Educación Química , v. 24, n. 2, p. 480-484, Nov. 2013.
57	HERREID, C. F. Conference on case-based studies in chemical education: the future of case study teaching in science. Journal of Chemical Education , v. 90, n. 2, p. 256-257, 2013.
58	LAREDO, T. Changing the first-year chemistry laboratory manual to implement a problem-based approach that improves student engagement. Journal of Chemical Education , v. 90, n. 9, p.1151-1154, 2013.
59	MASSENA, E. P.; GUZZI FILHO, N. J.; SÁ, L. P. Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores. Química Nova , v. 36, n. 7, p. 1066-1072, 2013.
60	SIMÕES NETO, J. E.; CAMPOS, A. F.; MARCELINO JÚNIOR, C. A. C. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. Investigações em Ensino de Ciências , v. 18, n. 2, p. 327-346, 2013.
61	TARHAN, L.; ACAR-SESEN, B. Problem Based Learning in acids and bases: learning achievements and students' beliefs. Journal of Baltic Science Education , v. 12, n. 5, p. 565-578, 2013.
62	BATINGA, V. T. S.; TEIXEIRA, F. M. A Abordagem de resolução de problemas por uma professora de química: análise de um problema sobre a combustão do álcool envolvendo o conteúdo de estequiometria. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia , v. 7, n. 1, p. 24-52, 2014.
63	CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na educação científica como estratégia para formação do cidadão socioambientalmente responsável. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências , v. 14, n. 2, p. 77-87, 2014.
64	MARLE, P. D.; DECKER, L.; TAYLOR, V.; FITZPATRICK, K.; KHALIQI, D.; OWENS, J. E.; HENRY, R. M. CSI-chocolate science investigation and the case of the recipe rip-off: using an extended problem-based scenario to enhance high school students' science engagement. Journal of Chemical Education , v. 91, n. 3, p. 345-350, 2014.
65	MOUTINHO, S.; TORRES, J.; VASCONCELOS, C. Aprendizagem Baseada em Problemas e ensino expositivo: um estudo comparativo. Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica , v. 4, n. 1, p. 15-31, Jun. 2014.
66	OZDILEK, Z. Learners' views about using case study teaching method in an undergraduate level analytical chemistry course. Journal of Baltic Science Education , v. 13, n. 5, p. 695-708, 2014.

67	SALVADOR, D. F.; ROLANDO, L. G. R.; OLIVEIRA, D. B.; VASCONCELLOS, R. F. R. R. Aplicando os princípios da aprendizagem baseada em problemas como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 13, n. 3, p. 242-317, 2014.
----	---

APÊNDICE B

Artigos encontrados a partir da revisão bibliográfica sobre argumentação no ensino de química em ordem cronológica com que foram publicados (2004 a 2014)

NÚMERO DO ARTIGO	REFERÊNCIA COMPLETA DO ARTIGO
1	ERDURAN, S.; SIMON, S. OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. Science Education , v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.
2	LEITE, L.; ESTEVES, E. Análise crítica de actividades laboratoriais: um estudo envolvendo estudantes de graduação. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 4, n. 1, s/p. 2005.
3	QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. Argumentação no ensino superior de química: investigando uma atividade fundamentada em estudos de casos. Enseñanza de las Ciencias , n. extra, p. 1-5, 2005.
4	KIM, H.; SONG, J. The features of Peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. Research in Science Education , v. 36, p. 211-233, 2006.
5	CAMPANER, G.; DE LONGHI, A. L. La argumentación en educación ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 6, n. 2, p. 442-456, 2007.
6	CHAMIZO GUERRERO, J. Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias , v. 25, n. 1, p. 133-146, 2007.
7	SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino de química. Química Nova , v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.
8	ALBE, V. When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. Research in Science Education , v. 38, p. 67-90, 2008.
9	HENAO, B. L.; STIPCICH, M. S. Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 4, n. 1, p. 47-62, 2008.
10	ACUÑA, M. E. C. Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química. Educación Química , v. 20, n. 2, p. 143-155, Abr. 2009.
11	ERDURAN, S.; VILLAMANAN, R. Cool argument: engineering students' written arguments about thermodynamics in the context of the peltier effect in refrigeration. Educación Química , v. 20, n. 2, p. 119-125, Abr. 2009.
12	QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. O espaço para a argumentação no ensino superior de química. Educación Química , v. 20, n. 2, p. 104-110, Abr. 2009.

13	VELLOSO, A. M. S.; SÁ, L. P.; MOTHEO, A, J.; QUEIROZ, S. L. Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de química. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 8, n. 2, p. 593-616, 2009.
14	BRITO, J. Q. A.; SÁ, L. P. Estratégias promotoras da argumentação sobre questões sócio científicas com alunos do ensino médio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , v. 9, n. 3, p. 505-529, 2010.
15	HAND, B.; CHOI, A. examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in Organic Chemistry Laboratory classes. Research in Science Education , v. 40, p. 29-44, 2010.
16	OLIVEIRA, J. R. S.; BATISTA, A. A.; QUEIROZ, S. L. Escrita científica de alunos de graduação em química: análise de relatórios de laboratório. Química Nova , v. 33, n. 9, p. 1980-1986, 2010.
17	SAMPSON, V.; CLARK, D. B. A comparison of the collaborative scientific argumentation practices of two high and two low performing groups. Research in Science Education , v. 41, p. 63-97, 2011.
18	WALKER, J. P.; SAMPSON, V.; ZIMMERMAN, C. O. Argument-driven inquiry: an introduction to a new instructional model for use in undergraduate chemistry labs. Journal of Chemical Education , v. 88, n. 8, p. 1048-1056, 2011.
19	HAND, B.; NAM, J.; CHOI, A. Argument-based General Chemistry Laboratory investigations for pre-service science teachers. Educación Química , v. 23, p. 96-100, Mar. 2012.
20	CAMPILLO, Y. P.; GUERRERO, J. A. C. El ABP y el diagrama heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciências. Ciência e Educação , v. 19, n. 3, p. 499-516, 2013.
21	ÇOBAN, G. U. the effects of inquiry supported by argument maps on science process skills and epistemological views of prospective science teachers. Journal of Baltic Science Education , v. 12, n. 3, p. 271-288, 2013.
22	IBRAIM, S. S.; MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contribuições dos esquemas argumentativos de Walton para análise de argumentos no contexto do ensino de Ciências. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências , v. 13, n. 1, p. 159-185, 2013.
23	KATCHEVICH, D.; HOFSTEIN, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. Argumentation in the Chemistry Laboratory: inquiry and confirmatory experiments Research in Science Education , v. 43, p. 317-345, 2013.
24	MCDONALD, C. V. An examination of pre service primary teachers' written arguments in an open inquiry laboratory task. Science Education International , v. 24, n. 3, p. 254-281, 2013.
25	SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de química. Educación Química , v. 24, n. 2, p. 522-528, Nov. 2013.
26	SOUZA, D. D. D.; ARROIO, A. Construção de argumentos escritos: a influência da metodologia de ensino e do gênero do discurso. Investigações em Ensino de Ciências , v. 18, n. 2, p. 283-297, 2013.

27	BERTELLE, A.; ROCHA, A.; DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M. Análisis de las discusiones de los estudiantes en una clase de laboratorio sobre el equilibrio químico. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias , v. 11, n. 2, p. 114-134, 2014.
28	CETIN, P. S. Explicit argumentation instruction to facilitate conceptual understanding and argumentation skills. Research in Science & Technological Education , v. 32, n. 1, p. 1-20, 2014.
29	FATARELI, E. F.; FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de química: textos de divulgação científica desencadeando debates. Acta Scientiae , v. 16, n. 3, p. 613-630, set./dez. 2014.
30	SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências , v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.

Questionário de caracterização dos sujeitos



Universidade Federal do Piauí
 Centro de Ciências da Natureza
 Programa de Pós-graduação em Química
 Núcleo de Pesquisa em Ciências Básicas

Prezado(a) aluno(a),

Por favor, responda com atenção cada uma das questões abaixo.

Nome

completo: _____

Idade: _____ Cidade/Estado de Origem: _____

Bloco 1: Formação Estudantil

Ensino Fundamental: () Escola Pública () Escola Privada () Outro:

Ensino Médio: () Escola Pública () Escola Privada () Outro:

Bloco 2: Informações Profissionais

Você já lecionou ou leciona? () Sim () Não

Se sim, qual o nível de ensino?

Ensino Fundamental: () Escola Pública () Escola Privada () Outro:

Ensino Médio: () Escola Pública () Escola Privada () Outro:

Bloco 3:

1) Em sua opinião o que significa “argumentar”?

2) Para você qual a importância da argumentação na prática social?

3) Quais os requisitos que você considera necessários para que um indivíduo esteja apto a argumentar?

Bloco 4:

1) Quantos livros você lê, em média, por ano? () menos de 1; () 1 a 3; () 3 a 6; () mais de 6

2) No seu cotidiano, você lê mais frequentemente: () livros; () jornais; () revistas; () outros. Quais?

3) Você tem interesse por trabalhos relacionados à Ciência (divulgação de novas descobertas, aspectos históricos, formas de produção, etc.)? Se sim, quais tipos de trabalhos dessa natureza você já leu? Lembre de algum que tenha chamado a sua atenção?

- 4) A produção e a divulgação do conhecimento científico envolvem diversas formas de comunicação. Algumas delas estão citadas abaixo. Assinale aquelas que você conhece:
() Artigos de divulgação científica; () Livros didáticos de Ciências; () Relatórios de pesquisa;
() Artigos científicos; () Trabalhos apresentados em reuniões científicas; () Projetos de pesquisa; () outros. Quais?
- 5) Você já participou de algum evento científico? Se sim, qual(is)?
- 6) Que gênero de leitura você prefere?
- 7) Na maioria das vezes, com que finalidade você lê?
- 8) Acha importante a leitura? Por quê? Você tem tempo para ler durante o seu dia?
- 9) Você assina ou lê, frequentemente, alguma revista ou jornal? Se sim, qual(is)? Essa leitura representa alguma contribuição para você? Se sim, qual(is)?
- 10) Você lia revistas infantis? Relate brevemente as leituras mais marcantes que realizou na sua infância.
- 11) Já ganhou livro de presente? Qual(is)? Se não ganhou, o que sentiria se ganhasse?
- 12) Já deu livro a alguém? Qual(is)?
- 13) Quais os últimos livros que você leu?
- 14) Tem algum livro que você gostaria de ler, mas não leu? Por quê?
- 15) Há alguma coisa que você tenha lido e nunca mais tenha esquecido? Por que não esqueceu? Qual o título e o autor?
- 16) Você relê um texto/livro quando gosta dele?
- 17) Você para na banca de jornal para ler as manchetes do dia?
- 18) Gosta de escrever? Escreve o que e onde?
- 19) Quando vai estudar como é a sua relação com a leitura? Quando lê com outro propósito o faz da mesma maneira?

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E.)

Eu,, tendo sido convidad(o,a) a participar como voluntári(o,a) do estudo **Atividades experimentais pautadas na PBL para a promoção da argumentação no ensino superior de química**, recebi da **Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira** (Pesquisadora Orientadora), do **Prof. Dr. Janildo Lopes Magalhães** (Pesquisador Coorientador) e da **Cleane da Costa Paz** (Pesquisadora PPGQ), do **Departamento de Química da Universidade Federal do Piauí**, responsáveis por sua execução, as seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- Que o estudo se destina à aplicação de uma metodologia (PBL) para ensino de disciplinas de caráter experimental em química;
- Que a importância deste estudo é desenvolver e avaliar uma metodologia de ensino que venha a contribuir significativamente para a promoção da argumentação científica no ensino superior de química;
- Que os resultados que se deseja alcançar são os seguintes: avaliar as potencialidades de uma proposta de atividade experimental em desenvolver a capacidade de avaliar fenômenos, fazer análises críticas baseadas em fundamentos científicos e promover a argumentação dos estudantes envolvidos;
- Que esse estudo começará em Agosto de 2015 e terminará em Setembro de 2015;
- Que o estudo será feito da seguinte maneira: Aplicação de questionários para a caracterização e impressões dos participantes da pesquisa, desenvolvimentos de atividades experimentais pautadas na ABP e de atividades escritas relacionadas aos experimentos;
- Que eu participarei das seguintes etapas: Conhecimento e consentimento para participar voluntariamente da pesquisa, da caracterização e impressões por meio de questionários como participante da pesquisa, do desenvolvimento das atividades experimentais realizadas e produção das atividades escritas referentes às atividades experimentais realizadas no ambiente de aprendizagem;
- Que a pesquisa em questão apresenta incômodos mínimos à minha participação, os quais poderão surgir quando estiver respondendo aos questionários, podendo eu recusar-me a

responder a perguntas que me causem incômodo, bem como não participar desta etapa da pesquisa, o que não ocasionará nenhum prejuízo;

- Que a minha participação no estudo oferece riscos mínimos à minha saúde física e psicológica, pois todas as atividades experimentais desenvolvidas no decorrer desta pesquisa foram elaboradas previamente pelos pesquisadores, e medidas preventivas de segurança serão adotadas durante sua realização para evitar qualquer tipo de risco, zelando pela minha saúde integral;
- Que deverei contar com a seguinte assistência: Esclarecimento dos termos da pesquisa, assim que solicitado, assistência nas atividades experimentais e escritas, sendo responsáveis por ela: **Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira** (Pesquisadora Orientadora) e **Cleane da Costa Paz** (Pesquisadora PPGQ), no Departamento de Química da Universidade Federal do Piauí;
- Que os benefícios que deverei esperar com a minha participação, mesmo que não diretamente são: conhecimento sobre alguns termos e conceitos da química e sua aplicação no meio em que estou inserido, os quais são relevantes para o meu desenvolvimento profissional enquanto graduando; desenvolvimento da minha capacidade de argumentar cientificamente sobre conhecimentos químicos importantes para a minha formação enquanto sujeito, podendo contribuir de forma significativa no meio social ao qual faço parte;
- Que a minha participação será acompanhada do seguinte modo: Assiduidade e participação ativa nas atividades referentes à pesquisa, bem como desenvolvimento de atividades experimentais e escritas;
- Que, sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo;
- Que, a qualquer momento, eu poderei recusar a continuar participando do estudo e, também, que eu poderei retirar este meu consentimento, sem que isso me traga qualquer penalidade ou prejuízo;
- Que as informações adquiridas por meio da minha participação não permitirão a identificação da minha pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto;
- Que o estudo não acarretará nenhuma despesa para o participante da pesquisa;
- Que eu serei indenizado por qualquer dano que venha a sofrer com a participação na pesquisa, podendo ser encaminhado para o **Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade**

Federal do Piauí-Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Pró Reitoria de Pesquisa, CEP: 64.049-550-Teresina-PI;

- Que eu receberei uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Finalmente, tendo eu compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

Dados do participante-voluntári(o,a)

Nome:

RG:

Contato/email/telefone:

Outra informação relevante:

Endereço d(os,as) responsável(is) pela pesquisa:

Instituição: UFPI/ Departamento de Química/ Centro de Ciências da Natureza

Endereço: Campus Ministro Petrônio Portella – CEP. 64.049-550-Teresina / PI

Contato: kleanepaz@hotmail.com/luciananobre@ufpi.edu.br/janildo@ufpi.edu.br

Teresina, _____ de _____ de 2015.

Assinatura do Voluntário ou responsável

Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira

Prof. Dr. Janildo Lopes Magalhães

Cleane da Costa Paz

Atividade Experimental 1: Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl

1. Introdução

A grande maioria dos materiais encontrados na natureza estão na forma de misturas que devem ser separadas para que possam ser utilizadas como matéria prima na fabricação dos variados tipos de produtos. Para cada tipo de mistura existe um processo de separação diferente. A escolha do processo está principalmente ligada a questões econômicas, pois quanto mais barato for, menor será o custo final para a produção da matéria prima.

Métodos de separação de misturas são utilizados, por exemplo, em salinas, onde há a produção de sal pela evaporação da água do mar ou de lagos de água salgada. Entretanto, o processo não se resume a evaporação da água, uma vez que a água do mar não apresenta apenas o cloreto de sódio (NaCl), popularmente conhecido como sal de cozinha, mas também outros compostos que precisam ser retirados para a obtenção do produto final. E é por meio de técnicas de separação que esse processo é realizado.

Mário Viana, responsável técnico de uma salina na cidade de Macau-RN, se deparou com uma situação inusitada: após um processo de evaporação em alguns de seus tanques, observou a presença de pedaços de vidro e ferro em quantidades significativas. Uma análise de amostras da água coletada revelou também traços de enxofre. Após investigar com sua equipe as possíveis causas para essa contaminação, descobriu haver alguns carros abandonados no fundo do lago marinho após desmanche.

A fim de obter o cloreto de sódio a partir da amostra contaminada, Mário solicitou aos analistas de controle de Qualidade da salina que propusessem um método para separar essa mistura (limalha de ferro, areia, enxofre, cloreto de sódio e vidro) com o menor custo operacional e o maior rendimento de NaCl possível. Suponha que vocês fazem parte do Laboratório de Controle de Qualidade da salina e terão a missão de propor o método mais eficaz de separação dessa mistura. Para isto, vocês dispõem de funil, tripé, tela de amianto, suporte universal, Erlenmeyer, bastão de vidro, placa de Petri, béquer, pinça de madeira, pipeta volumétrica, proveta, cadinho, imã, água e papel filtro.

2. Objetivo

Separar uma mistura que será fornecida pelo professor, utilizando processos de separação com o menor custo operacional.

3. Segurança

1. Usar os EPI (Equipamento de proteção individual) necessários para a execução da atividade experimental, como jaleco, sapato fechado e luvas (se necessário);
2. Não beba e nem cheire nenhum reagente.

4. Questionário pré-laboratório

1. O que você entende por mistura?
2. Você sabe a diferença entre uma mistura homogênea e uma mistura heterogênea? Qual é?
3. Dê exemplos de misturas homogêneas e heterogêneas presentes em nosso cotidiano.
4. O que você entende por solubilidade?
5. Você sabe a diferença entre solução saturada, insaturada e supersaturada?
6. Para você, o que permite que substância seja solúvel em outra?

5. Materiais e Reagentes

Materiais

Béquer de 100 mL
Funil simples
Pinça de madeira ou metálica

Papel filtro
Suporte universal
Tripé
Tela de amianto
Cadinhos
Garras
Placa de Petri
Pipeta volumétrica
Proveta
Bastão de vidro
Imã

Reagentes

Água destilada
Mistura: limalha de ferro, areia, enxofre (S), água, vidro e cloreto de sódio (NaCl)

6. Orientações experimentais

Parte A: Questões para direcionar a solução do problema

1. Qual é o principal objetivo do experimento?
2. Faça um julgamento da gravidade do problema descrito.
3. Que medidas podem ser tomadas para a resolução do problema?

4. Você acredita que as medidas tomadas são suficientes para resolver o problema? Que outras medidas vocês consideram importantes e que poderiam ser tomadas? Justifique
5. Que medidas vocês acharam mais adequadas para a resolução do problema? Explique detalhadamente as vantagens e desvantagens da opção (ou opções) escolhida.
6. Estabeleça um plano de ação com a medida que acharam mais adequada para a resolução do problema.
7. Qual a importância dos processos de separação de misturas para a ciência e a sociedade? Dê exemplos.

Parte B: Dicas para a solução do problema

1. Para separar uma mistura que contém limalha de ferro, você deverá realizar o processo de separação conhecido como imantação;
2. A separação de componentes sólidos de uma mistura heterogênea pode ser feita por filtração;
3. O enxofre é insolúvel na água;
4. Para a obtenção de substância sólida presente em uma mistura, pode ser realizada o processo de evaporação.

7. Referências

BRADY, J.; SENESE, F.; JESPERSEN, N. D. **Química geral:** a matéria e suas transformações. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

CRUZ, R.; FILHO, E. G. **Experimentos de química:** microescala com materiais de baixo custo e do cotidiano. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; GIBIN, G. B.; OLIVEIRA, R. C. **Contém química:** pensar, fazer e aprender com experimentos. São Carlos: Pedro e João Editores, 2011.

8. Atividade Pós-Laboratório

Construa um diagrama heurístico sobre a atividade experimental que você realizou.

Atividade Experimental 2: Acidez do vinagre

1. Introdução

Para realizar uma determinada análise química é necessário conhecer a natureza dos reagentes que estão sendo utilizados, por exemplo, se o reagente é um ácido ou base. Na química, considera-se que a propriedade de ser ácido ou base não é algo inerente à substância, ou seja, uma substância só é considerada ácida ou básica em função das possíveis interações com outras substâncias. Arrhenius definiu ácido e base como um comportamento em relação a outra espécie, e não como uma propriedade que depende unicamente da constituição da substância. Para ele, ácido é toda substância que em água produz íons H^+ e base é aquela que produz íons OH^- . Com isso, a partir da teoria de Arrhenius, várias outras teorias ácido-base foram propostas, como as de Bronsted-Lowry e Lewis. Todas elas apresentam o mesmo caráter relacional, definem ácido e base como um comportamento de uma espécie em relação a outras espécies.

Na identificação de ácidos e bases é possível utilizar indicadores ácido-base que, segundo a literatura pertinente, são ácidos ou bases fracas capazes de assumir colorações diferentes de acordo com a acidez ou basicidade do meio, ou seja, mudam de cor de acordo com a concentração de íons hidrogênio na solução.

Das transformações que envolvem ácidos e bases, a reação de neutralização constitui um excelente exemplo da aplicação desses conceitos. Esta acontece quando interagem ácido e base tendo como produtos sal e água. Este tipo de reação possui variações, as quais são decorrentes da força das espécies ácidas e básicas pertencentes. A partir do conhecimento sobre o volume e a concentração das soluções ácidas e básicas envolvidas em uma reação de neutralização, é também possível, por meio do estabelecimento de suas relações estequiométricas, determinar suas quantidades.

Diante de tais informações, nos deparamos com a seguinte situação: Dona Ângela é dona de casa e diariamente prepara as refeições de sua família. Preocupada com a saúde e consciente de que uma boa alimentação é essencial para tal, ela inclui no cardápio vegetais crus, os quais costuma temperar com azeite e vinagre. Ao abrir um recipiente novo de vinagre Dona Ângela logo percebeu que o odor característico do vinagre não era o mesmo e ao prová-

lo, verificou que o sabor não estava acentuado como o de sempre. Conhecedora de seus direitos de consumidora, Dona Ângela imediatamente entrou em contato com o Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) constante no rótulo do vinagre e registrou sua reclamação. O responsável pelo SAC da empresa fabricante do vinagre rapidamente informou o problema ao controle de qualidade da empresa, que acionou o analista responsável a confirmar o problema no lote envolvido e a também investigar se o mesmo problema ocorreu nos outros dois lotes produzidos no mesmo dia. Supondo que vocês fazem parte da equipe de controle de qualidade da empresa fabricante do vinagre, proponham e executem um método de identificação das amostras adulteradas, considerando a urgência em relação à retirada dos lotes adulterados das prateleiras, além da otimização do tempo e dos custos.

2. Objetivo

Analisar amostras de vinagre com a finalidade de identificar possíveis alterações em seu teor.

3. Segurança

1. Usar EPI (Equipamento de Proteção Individual) necessários à execução da atividade experimental, como jaleco, sapato fechado e luvas (se necessário);
2. Não beba e nem cheire nenhum reagente;
3. Descartar os resíduos gerados na atividade experimental em um local apropriado indicado pelo professor ou monitor;
4. Comunique ao instrutor qualquer acidente, por menor que tenha sido.

4. Questionário pré-laboratório

1. Identifique substâncias ácidas e básicas presentes em seu dia a dia.
2. O vinagre é uma substância ácida ou básica? Justifique sua resposta.
3. Você sabe qual a diferença entre um ácido forte e um ácido fraco. E a diferença entre uma base forte e uma base fraca? Justifique sua resposta e apresente exemplos para cada um.
4. Você conhece algum indicador ácido-base?
5. Qual o indicador ácido-base indicado para a análise volumétrica de um ácido fraco com uma base forte? Justifique sua resposta.
6. Você considera importante conhecermos o caráter ácido e básico das substâncias presentes no nosso cotidiano? Explique.

5. Materiais e reagentes

Materiais

Balão volumétrico
Béquer
Bureta
Erlenmeyer
Garra
Pipeta graduada
Pipeta de Pasteur
Pipeta volumétrica
Pipetador ou pêra
Suporte universal

Reagentes

Água destilada (H₂O)
Fenolftaleína
Solução de hidróxido de sódio (NaOH)
Vermelho de metila
Vinagre

6. Orientações

Parte A: Questões para direcionar a solução do problema

1. Qual é o principal objetivo do experimento?
2. Faça um julgamento da gravidade do problema descrito.
3. Que medidas podem ser tomadas para a resolução do problema?
4. Você acredita que as medidas tomadas são suficientes para resolver o problema? Que outras medidas vocês consideram importantes e que poderiam ser tomadas? Justifique
5. Que medidas vocês acharam mais adequadas para a resolução do problema? Explique detalhadamente as vantagens e desvantagens da opção (ou opções) escolhida.
6. Estabeleça um plano de ação com a medida que acharam mais adequada para a resolução do problema.
7. Qual a importância dos processos de separação de misturas para a ciência e a sociedade? Dê exemplos.

Parte B: Dicas para a solução do problema

1. Vinagre de vinho ou simplesmente vinagre é o produto obtido pela fermentação acética do vinho, apresentando cerca de 4 a 5% de ácido acético, sendo os outros componentes proporcionais à matéria-prima usada em sua elaboração. De acordo com a matéria-prima que lhe deu origem, o vinagre pode ser classificado como vinagre de vinho tinto ou branco;
2. O ácido acético é um ácido fraco e é amplamente usado em Química Industrial na forma de ácido acético glacial (densidade de 1,053g/cm³ e 99,8%) ou em soluções de diferentes concentrações;

3. As características de vinagres estão definidas nos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
4. Hidróxido de Sódio (NaOH) é uma base;
5. Fenolftaleína e o Alaranjado de Metila são indicadores ácido-base;
6. O NaOH reage quantitativamente com o ácido acético presente no vinagre;
7. Na reação entre um ácido e uma base, a neutralização acontece quando o número de mols das duas espécies se igualam. Após isso, um pequeno excesso de uma das espécies indicará o meio predominante (ácido ou básico), o qual será identificado pela cor que o indicador adquirir;
8. A fenolftaleína em meio ácido não apresenta coloração, sendo, portanto incolor, mas em meio básico apresenta coloração rosada;
9. O alaranjado de metila em meio ácido apresenta coloração vermelha, enquanto que em meio básico apresenta coloração amarela.

7. Referências

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. S.; BARONE, J. S. **Química analítica quantitativa elementar**. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

CONSTANTINO, M. G.; SILVA, G. V. J.; DONATE, P. M. **Fundamentos de Química Experimental**. São Paulo: USP, 2004.

CRUZ, R.; FILHO, E. G. **Experimentos de química**: microescala com materiais de baixo custo e do cotidiano. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; GIBIN, G. B.; OLIVEIRA, R. C. **Contém química**: pensar, fazer e aprender com experimentos. São Carlos: Pedro e João Editores, 2011.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas**. v. 1 e 2. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de química analítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

8. Atividades pós-laboratório

Construa um diagrama heurístico sobre a atividade experimental que você realizou.

Atividade experimental 3: Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química

1. Introdução

O estudo do comportamento cinético de uma reação química é fundamental para a compreensão de processos naturais, como os que ocorrem na água, solo ou atmosfera, mas também permite aperfeiçoar a produção industrial de diversas substâncias. Por exemplo, quando guardamos alimentos na geladeira para retardar as reações que levam à decomposição ou usamos uma panela de pressão para aumentar a velocidade de cozimento dos alimentos. No entanto, você provavelmente já notou que algumas reações acontecem mais rápido do que outras. Por exemplo, a ferrugem de uma ponte leva anos, enquanto que as bananas em sua cozinha ficam estragadas em uma questão de dias. Algumas reações são extremamente rápidas como a reação de combustão instantânea entre os gases hidrogênio e oxigênio (gases utilizados como propulsores no lançamento de ônibus espaciais, por exemplo), enquanto que outras são extremamente lentas, como a fermentação do suco de uva para a produção do vinho, o que pode demorar meses para ocorrer.

A velocidade de uma reação química pode ser alterada por meio do controle de variáveis, tais como a temperatura, a superfície de contato, a presença de catalisador e a concentração das espécies envolvidas na reação. É possível aumentar ou diminuir a velocidade de uma reação química por meios da manipulação das variáveis. Este controle está diretamente relacionado às condições necessárias para a ocorrência de uma reação química (FERREIRA *et al.*, 2011).

Após realizar um estudo teórico sobre cinética química em sala de aula, um professor realizou uma avaliação prática sobre os assuntos discutidos, em especial alguns fatores que influenciam a velocidade das reações, como superfície de contato, concentração e temperatura. Na ocasião solicitou aos alunos que por meio de experimentos, demonstrassem e explicassem como a superfície de contato, a concentração e a temperatura poderiam influenciar na velocidade de uma reação. Para orientá-los, o professor propôs que solucionassem três situações problema:

1. A soda cáustica (NaOH) comumente é utilizada em residências, por exemplo, quando se deseja desentupir pias. Isto é possível porque a soda cáustica reage com a gordura

presente no encanamento formando sabão. Este, por ser solúvel em água, dissolve-se no fluxo desse solvente. Em que situação a ação do NaOH usado no desentupimento de pias é mais eficiente: concentrado ou diluído?

2. O que queima mais rápido: 1Kg de madeira ou 1Kg de serragem?
3. Em qual dos locais um pedaço de carne se conserva por mais tempo: sobre a pia, na geladeira ou no congelador?

Suponha que vocês são alunos da disciplina e tenham que resolver os problemas acima por meio de atividade experimental, dispondo apenas dos seguintes materiais: prego, palha de aço, ácido clorídrico (HCl), comprimido efervescente (antiácido), papel alumínio e hidróxido de sódio(NaOH).

2. Objetivos

Explicar, por meio da experimentação e de conhecimentos sobre cinética química, como e por que as variáveis concentração, superfície de contato e temperatura influenciam a velocidade de reação.

3. Segurança

1. Use EPI (Equipamento de Proteção Individual) necessários à execução da atividade experimental, como jaleco, sapato fechado e luvas (se necessário);
2. Não beba e nem cheire nenhum reagente;
3. Mantenha os frascos tampados depois de usados;
4. Descarte os resíduos gerados na atividade experimental em um local apropriado, indicado pelo professor ou monitor.

4. Questionário pré-laboratório

1. Para você o que a cinética química estuda?
2. O que você entende por velocidade de uma reação química? E como podemos estudar a velocidade de uma reação?
3. Quais fatores você considera que afetam a velocidade de uma reação química e de que forma? Justifique.
4. Descreva situações em que você precisou controlar a velocidade de uma reação química (acelerando ou retardando) em seu dia a dia.
5. Em sua opinião, qual a importância do estudo das velocidades das reações para a ciência e a sociedade? Dê exemplos.

5. Materiais e Reagentes

Materiais

Almofariz
Balão volumétrico
Bastão de vidro
Béquer
Bico de Bunsen
Cronômetro
Espátula
Estande para tubos de ensaio
Pipeta graduada
Pipeta volumétrica
Pipetador ou pêra
Pisseta
Pistilo
Tela de amianto
Termômetro
Tripé
Tubos de ensaio

Reagentes

Água destilada (H_2O)
Comprimido efervescente
Palha de aço
Papel alumínio
Prego
Solução de ácido clorídrico (HCl)
Solução de hidróxido de sódio (NaOH)

6. Orientações

Parte A: Questões para direcionar a solução do problema

1. Qual é o objetivo da atividade experimental?
2. Faça um julgamento da relevância do problema descrito.
3. Que medidas podem ser tomadas para a resolução do problema?
4. Você acredita que as medidas tomadas são suficientes para resolver o problema? Que outras medidas vocês consideram importantes e que poderiam ser tomadas? Justifique.
5. Estabeleça um plano de ação com as medidas que acharam mais adequadas para a resolução do problema. Quais são as vantagens e desvantagens da opção (ou opções) escolhida?

Parte B: Dicas para a solução do problema

1. Para determinar a influência de uma variável, deve-se fixar todos os outros aspectos que influenciam a reação;
2. A reação entre hidróxido de sódio e alumínio (papel alumínio) pode ser evidenciada pelo desprendimento de gás hidrogênio (H_2);
3. Prego e palha de aço são compostos de ferro metálico;
4. A reação entre ácido clorídrico e ferro desprende gás hidrogênio (H_2);

5. A reação que ocorre quando se adiciona o comprimido efervescente à água produz gás carbônico (CO₂);
6. Recomenda-se marcar o tempo das reações para facilitar o registro de observações e a tomada de conclusões.

7. Referências

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução de Ricardo Bicca de Alencastro. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BRADY, J.; SENESE, F.; JESPERSEN, N. D. **Química geral**: a matéria e suas transformações. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- COSTA, T. S.; ORNELAS, D. R.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Experimentos com Alumínio. **Química Nova na Escola**, n. 23, p. 38-40, Mai. 2006.
- CRUZ, R.; FILHO, E. G. **Experimentos de química**: microescala com materiais de baixo custo e do cotidiano. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; GIBIN, G. B.; OLIVEIRA, R. C. **Contém química**: pensar, fazer e aprender com experimentos. São Carlos: Pedro e João Editores, 2011.
- KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas**. v. 1 e 2. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

8. Atividades pós-laboratório

Construa um diagrama heurístico sobre a atividade experimental que você realizou.

Questionário de impressões sobre as atividades realizadas



Universidade Federal do Piauí
 Centro de Ciências da Natureza
 Programa de Pós-graduação em Química
 Núcleo de Pesquisa em Ciências Básicas

Informações: Dados coletados referente ao projeto de pesquisa “*Atividades experimentais pautadas na PBL para a promoção da argumentação no ensino superior de química*”

Instruções: Marque a opção correspondente à sua opinião a respeito das questões propostas a seguir.

1. Com relação aos *experimentos* realizados na disciplina, qual sua opinião sobre:

DESCRIÇÃO	Ótimo (5)	Bom (4)	Indiferente (3)	Regular (2)	Péssimo (1)
Compreensão sobre a execução dos experimentos					
Materiais disponíveis					
Roteiro Experimental					
Conhecimentos envolvidos					
Tempo disponível para a execução					
Relação com seu cotidiano					
Relação com sua profissão					
Relevância para o seu curso					

2. Com relação aos Diagramas heurísticos elaborados a partir das atividades experimentais, julgue cada seção de acordo com o nível de dificuldade apresentada.

DESCRIÇÃO	Muito fácil (5)	Fácil (4)	Nem fácil nem difícil (3)	Difícil (2)	Muito difícil (1)
Fatos					
Questão Problema					
Conceitos (Aplicação)					
Conceitos (Linguagem)					
Conceitos (Modelo)					
Metodologia (Coleta de dados)					
Metodologia (Processamento de dados)					
Metodologia (Análise dos dados)					
Conclusão					
Referências					

3. Por favor marque o seu nível de concordância expressando sua opinião sobre a pesquisa desenvolvida, utilizando a escala abaixo:

(5) Concordo Fortemente (4) Concordo (3) Indeciso (2) Discordo (1) Discordo Fortemente

- I. As atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação contribuíram para a construção de conhecimentos em química.
- Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente
- II. As atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação facilitaram a compreensão de conceitos químicos.
- Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente
- III. As atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação foram um fator motivacional para a minha aprendizagem.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

IV. As atividades experimentais desenvolvidas sob caráter de investigação despertaram meu interesse em aprender química.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

V. Os problemas propostos nas atividades experimentais foram de fácil resolução

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

VI. As atividades experimentais investigativas me proporcionaram autonomia para desenvolvê-las.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

VII. O Diagrama heurístico me permitiu compreender o problema estudado, assim como os conceitos envolvidos e sua relevância para a ciência.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

VIII. Os relatórios são melhores instrumentos avaliativos do que os diagramas heurísticos.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

IX. A forma com a qual a disciplina foi desenvolvida permitiu uma melhor compreensão dos conceitos químicos envolvidos, além de permitir uma maior compreensão da atividade experimental desenvolvida.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

X. Por meio das atividades experimentais consegui relacionar os conceitos químicos abordados em sala de aula com o meu cotidiano.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

XI. Nas últimas aulas me senti com maior liberdade para expressar minhas opiniões.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

XII. Com as atividades experimentais passei a entender a importância das pesquisas científicas e de suas aplicações.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

XIII. Eu prefiro atividades experimentais tradicionais a experimentos com caráter investigativo.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

XIV. Gostei da maneira como o professor conduziu as atividades experimentais.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

XV. A realização das atividades experimentais despertou minha curiosidade sobre assuntos científicos.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

XVI. Eu gostaria de participar novamente de atividades experimentais de caráter investigativo.

Concordo Fortemente Concordo Indeciso Discordo Discordo Fortemente

4. Se existem comentários que você deseja fazer, que não foram inseridos nas questões anteriores, faça-os a seguir.

Dados do colaborador:

Nome completo: _____

E-mail: _____

Obrigada pela sua colaboração!