

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:  
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE**

**RODRIGO ROZADO LEAL**

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM QUÍMICA NO  
ENSINO MÉDIO E SUAS POTENCIALIDADES PARA O EXERCÍCIO DA  
ARGUMENTAÇÃO E UM ENSINO CENTRADO NO ALUNO**

Porto Alegre, RS  
2019

**Rodrigo Rozado Leal**

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM QUÍMICA NO  
ENSINO MÉDIO E SUAS POTENCIALIDADES PARA O EXERCÍCIO DA  
ARGUMENTAÇÃO E UM ENSINO CENTRADO NO ALUNO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde do Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de doutor em Educação em Ciências.

Orientadora:  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Rosa Chitolina Schetinger

Porto Alegre, RS  
2019

## CIP - Catalogação na Publicação

Leal, Rodrigo Rozado

Experimentação Investigativa em Química no Ensino Médio e suas Potencialidades para o Exercício da Argumentação e um Ensino Centrado no Aluno / Rodrigo Rozado Leal. -- 2019.

222 f.

Orientadora: Maria Rosa Chitolina Schetinger.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Experimentação Investigativa. 2. Argumentação. 3. Ensino Médio. 4. Ensino de Química. I. Schetinger, Maria Rosa Chitolina, orient. II. Título.

Rodrigo Rozado Leal

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM QUÍMICA NO  
ENSINO MÉDIO E SUAS POTENCIALIDADES PARA O EXERCÍCIO DA  
ARGUMENTAÇÃO E UM ENSINO CENTRADO NO ALUNO**

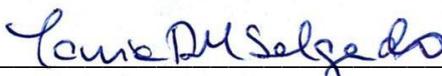
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde do Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de doutor em Educação em Ciências.

**Aprovado em 15 de março de 2019.**



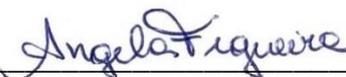
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Rosa Chitolina Schetinger – orientadora – UFRGS



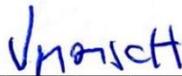
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tânia Denise Miskinis Salgado – UFRGS



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Angela Carine Moura Figueira – UFRGS



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Maria Melchiors Morsch – UFSM

Porto Alegre, RS  
2019

A todos os professores e professoras  
de Ciências que lecionam na Educação Básica no Brasil

## AGRADECIMENTOS

- Ao Criador, pela vida e por todo o aprendizado conquistado durante o desenvolvimento deste trabalho;
- Ao Wilian, pela parceria, amor, contribuições e por ser o meu maior incentivador para o alcance desta conquista.
- Ao companheirismo do Fabricio e Pacus, com muita energia positiva na fase final do trabalho;
- À minha mãe e irmã, sempre presentes, mesmo que fisicamente distantes;
- Aos meus alunos, que foram essenciais na condução e construção conjunta deste trabalho;
- Aos amigos próximos que sempre tinham palavras de carinho e incentivo para oferecer;
- À minha professora orientadora, Maria Rosa, pelo acolhimento, carinho e incentivo, principalmente nos momentos em que mais necessitei;
- Ao Colégio Politécnico da UFSM, que sempre incentiva seus servidores a buscarem qualificação;
- Aos colegas de trabalho, pelo apoio, amizade e incentivo;
- Aos colegas do PPG de Educação em Ciências da UFRGS pela parceria nos seminários, nas viagens e nas disciplinas cursadas;
- Aos professores que ministraram disciplinas, tanto no PPG em Educação em Ciências da UFRGS, como da UFSM;
- Aos membros da parte administrativa do PPG em Educação em Ciências da UFRGS, em especial ao pessoal da secretaria, sempre muito educados e prestativos;
- Às professoras da banca examinadora na qualificação e defesa – Tânia Salgado, Angela Figueira e Vera Morsch – pela rica colaboração, que impactaram na qualidade da estrutura deste trabalho.

*“Eu quero desaprender para aprender de novo.  
Raspar as tintas com que me pintaram. Desen-  
caixotar emoções, recuperar sentidos.”*

Rubem Alves

# EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO E SUAS POTENCIALIDADES PARA O EXERCÍCIO DA ARGUMENTAÇÃO E UM ENSINO CENTRADO NO ALUNO

AUTOR: Rodrigo Rozado Leal  
ORIENTADORA: Maria Rosa Chitolina Schetinger

## RESUMO

A pesquisa em educação em Ciências vem recomendando atenção às práticas argumentativas. O desafio é buscar atividades que estimulem esse tipo de prática para que os alunos falem Ciência, pois isso é considerado benéfico à compreensão conceitual e proporciona aos alunos a capacidade de pensar criticamente em um contexto científico. Neste trabalho de doutorado, é discutido como 20 atividades com experimentos investigativos em Química podem promover a argumentação em alunos do Ensino Médio no laboratório de Química do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Esse tipo de abordagem experimental oferece aos alunos a oportunidade de aprender e apreciar o processo da Ciência. As atividades foram categorizadas de acordo com o nível de proximidade à uma atividade investigativa e também com seu grau de abertura. Os discursos durante as atividades foram analisados a fim de identificar argumentos, segundo o padrão de argumentação de Toulmin. O estudo mostrou que a experimentação investigativa pode ser uma plataforma eficaz para estimular a produção de argumentos. Atividades com maior nível de investigação e abertura tiveram um impacto maior na produção de argumentos, especialmente os mais ricos, de acordo com a ferramenta de análise escolhida no estudo.

**Palavras-chave:** Experimentação Investigativa; Argumentação; Ensino Médio; Ensino de Química.

AUTHOR: Rodrigo Rozado Leal  
ADVISOR: Maria Rosa Chitolina Schetinger

### **ABSTRACT**

Research in Science Education has been recommending attention to argumentative practices. The challenge is to look for activities that can stimulate this type of practice so that the students talk science, since it is considered to be beneficial to conceptual understanding and provide students with the ability to think critically in a scientific context. In this doctoral dissertation, it is discussed how 20 activities with inquiry-type experiments in Chemistry can promote argumentation in high school students in the Chemistry laboratory of Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. This kind of experimentation approach give the students the opportunity to learn and appreciate the process of science. The activities were categorized according to the level of proximity to an investigative activity and also their degree of openness. The discourses during the activities were analyzed in order to identify arguments, according to Toulmin's argument pattern. The study showed that inquiry experimentation can be an effective platform to stimulate the production of arguments. Activities with a higher level of inquiry and openness had a greater impact on the production of arguments, especially those richer, according to the analysis tool chosen in the study.

**Keywords:** Inquiry Experimentation; Argumentation; High School; Teaching Chemistry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 2

Quadro 1: Colocação do Ensino Médio do Colégio Politécnico ENEM.....	23
--	----

### CAPÍTULO 3

Figura 1: Histograma dos escores médios por escola no ENEM 2013.....	37
Figura 2: Algumas vantagens ao se adotar o ensino centrado no aluno.....	41
Figura 3: Benefícios aos alunos e professores – ensino centrado no aluno.....	43
Figura 4: Metodologias de ensino modernas – ensino centrado no aluno.....	44
Figura 5: Contribuições da educação em Ciências para a cidadania.....	49
Figura 6: Esquema resumindo os aspectos na formação de competências.....	51
Figura 7: Esquema sobre metacognição na educação em Ciências.....	63
Figura 8: Padrão de argumento, segundo Toulmin (2006).....	72
Figura 9: Exemplo do padrão de argumento (TAP), Toulmin (2006).....	73
Quadro 2: Níveis de aproximação a uma atividade investigativa.....	64
Quadro 3: Níveis de abertura de atividades experimentais investigativas.....	66

### CAPÍTULO 4

Figura 10: Categorização das 20 atividades experimentais investigativas.....	83
Figura 11: Nivelamento do grau de argumentação, considerando o TAP.....	85
Quadro 4: Relação de atividades experimentais, assuntos e série do EM.....	81
Quadro 5: Relação de atividades experimentais investigativas e categorias.....	84

## CAPÍTULO 5

Figura 12: Média do tempo de fala do professor e dos alunos nas atividades.....	88
Figura 13: Média do tempo de diferentes falas/interações.....	89
Figura 14: Categoria (N2, A1) – Histogramas da ocorrência de argumentos.....	95
Figura 15: Categoria (N3, A1) – Histogramas da ocorrência de argumentos.....	95
Figura 16: Categoria (N3, A2) – Histogramas da ocorrência de argumentos.....	96
Figura 17: Categoria (N4, A1) – Histogramas da ocorrência de argumentos.....	97
Figura 18: Categoria (N4, A2) – Histogramas da ocorrência de argumentos.....	98
Figura 19: Categoria (N4, A3) – Histogramas da ocorrência de argumentos.....	99
Figura 20: Frequência da ocorrência de argumentos, em %.....	99
Figura 21: Frequência da ocorrência de argumentos nas diferentes séries.....	100
Quadro 6: Esquema genérico das ações, falas e tempo de aula.....	87
Quadro 7: Exemplos de argumentos de nível 1 (AR1) e seu componente.....	90
Quadro 8: Exemplos de argumentos de nível 2 (AR2) e seus componentes.....	91
Quadro 9: Exemplos de argumentos de nível 3 (AR3) e seus componentes.....	91
Quadro 10: Exemplos de argumentos de nível 4 (AR4) e seus componentes...	92
Quadro 11: Exemplos de argumentos de nível 5 (AR5) e seus componentes...	93

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EAD	Ensino à distância
EEE	Escore Enem da Escola
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IF	Instituto Federal
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
MEC	Ministério da Educação e Cultura
OCEM	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares
PPI	Projeto Político Institucional
PROEJA	Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica, na Modalidade de Jovens e Adultos
ProUni	Programa Universidade para todos
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
TAP	<i>Toulmin's Argument Pattern</i> (Padrão de Argumento de Toulmin)
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2 TRAJETÓRIA PESSOAL E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO .....</b>	<b>19</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>31</b>
3.1 Educação e seus indicadores: uma breve reflexão .....	31
3.2 Ensino centrado no aluno: um modelo ainda distante .....	38
3.3 Educação em Ciências, Química e Experimentação .....	46
3.4 Experimentação investigativa e curiosidade científica .....	56
3.5 Argumentação no ensino de Ciências .....	68
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>76</b>
4.1 Gênese, contexto e sujeitos da pesquisa .....	77
4.2 Situação estudada e coleta de dados .....	78
4.3 Atividades experimentais do estudo .....	80
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE A – MATERIAL DIDÁTICO ELABORADO.....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO A – Artigo – Revista REnCiMa .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO B – Artigo – Research, Society and Development .....</b>	<b>205</b>

## APRESENTAÇÃO

Esta tese está organizada em seis capítulos. O Capítulo 1 compreende a introdução, com a apresentação do trabalho, objetivos e questão de pesquisa. O Capítulo 2 relata a trajetória pessoal do pesquisador, que contextualiza o trabalho desenvolvido. O Capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica, com levantamento bibliográfico de diversos assuntos caros à educação em Ciências e Química, no contexto nacional e internacional. O Capítulo 4 explicita o caminho metodológico escolhido para o desenvolvimento do trabalho. No capítulo 5 são apresentados os resultados e discussão. E, por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais, contendo observações gerais e perspectivas futuras.

O Apêndice A traz na íntegra o material contendo as atividades experimentais investigativas elaboradas pelo autor, material que é destinado a professores que tenham interesse em adotar a metodologia experimental investigativa. Já os anexos A e B referem-se aos artigos publicados, frutos desse trabalho.

## 1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Entender o universo é algo que o homem, independente da cultura, busca desde os tempos mais remotos e ainda hoje não tem respostas para tudo. A curiosidade de saber quem somos, nossa origem e que mecanismos regem tudo o que nos rodeia continua alimentando a imaginação de cientistas, que por meio da Ciência e seus métodos estuda e explora: desde o mundo submicroscópico das partículas atômicas até massivos e distantes astros; desde o corpo humano até rochas e minerais; desde relâmpagos até forças invisíveis como a radiação e gravidade (GLEISER, 2006; CHALTON; MacARDLE, 2017).

Assim, a Ciência contribui diretamente com toda a humanidade e tem como objetivo central a buscar por

[...] uma compreensão e explicação do mundo por meios que nos permitem, se possível, prever alternativas adequadas para as situações que enfrentamos. A finalidade é sempre procurar “a” verdade, ou “mais” verdade ou “outra” verdade, dependendo do posicionamento epistêmico em que nos situamos (CACHAPUZ, 2015, p. 24).

Essa constante busca e exploração do mundo através da Ciência é motivada pela curiosidade. Os humanos são seres naturalmente curiosos, assim como muitos animais também são, porém somente o homem é aquele que busca pela *razão* e *causa* de tudo aquilo que o rodeia. As crianças são ótimos exemplos de *curiosos*, visto que estão frequentemente questionando os adultos sobre tudo – principalmente seus pais e professores – e é através dessa busca por respostas que elas vão construindo o entendimento do próprio mundo (AZEVEDO; SCHNETZLER, 2001).

Mas será que esse *espírito curioso*, inato do ser humano, e que motiva a Ciência a progredir pode ser sentido no ambiente escolar? Será que o professor contemporâneo está preparado e motivado para trabalhar e aproveitar essa curiosidade natural dos alunos<sup>1</sup> com intuito de desenvolver com eles uma formação mais completa e significativa dentro da escola?

---

<sup>1</sup>Na área de educação muitos preferem utilizar o termo “estudante” ou “educando”, evitando o termo “aluno” sob a alegação equivocada de que, em sua origem, a palavra “aluno” significaria “sem luz”. Neste trabalho será utilizado o termo “aluno”, baseado na definição do dicionário etimológico de Castello e Mársico (2007): “Em geral, chamamos 'aluno' ao sujeito que estuda no âmbito de uma instituição. O termo foi, curiosamente, objeto de uma explicação etimológica disparatada que o faz derivar de um suposto a,'não' - remetendo a um alfa privativo próprio do grego - e *lúmen*, 'luz'. Aluno seria 'o que não possui luz', 'o que está no escuro', e que, portanto, busca "iluminar-se" mediante o estudo. Essa explicação, decerto, não

Sobre essa questão, Robinson (2012) aponta em seus estudos que a curiosidade infantil alimenta e desenvolve a criatividade, e que a maioria das crianças se considera altamente criativa, ao contrário de grande parte dos adultos. Há aí a evidência de uma involução da criatividade a medida que os indivíduos passam para a fase adulta. Isso é justificado pela falta de um trabalho escolar adequado com a curiosidade e com as características criativas, inventivas e imaginativas de crianças e jovens (ROBINSON; ARONICA, 2016; BRAUN; FIALHO; GOMEZ, 2017; OBREGON et al., 2011).

Esse tipo de trabalho seria ideal na escola, pois o exercício da criatividade é um elemento propulsor da aprendizagem (SENA; MARTINS, 2013) e deve ser estimulado para que seja uma constante na vida escolar, podendo desenvolver nas crianças e jovens uma postura inovadora, bem como facilitar o processo de transformação de problemas em oportunidades (ZILLI et al., 2010; AMABILE, 2012). Está aí o papel social da escola, de propiciar aos alunos um ambiente no qual eles possam se expressar, interagir, compartilhar, aprender a conviver com a diferença e decodificar o mundo.

Nessa perspectiva, pesquisas no ensino de Ciências têm buscado por formas de se trabalhar as potencialidades e capacidades dos alunos através da formação científica. Um dos possíveis caminhos está na utilização da experimentação investigativa na escola, que ao colocar os alunos no centro da aprendizagem, pode trabalhar diversos aspectos cognitivos e atitudinais deles, no exercício da criatividade, da argumentação lógica, desenvolvimento da autonomia, bem como a construção de uma imagem de Ciência. Apesar da abordagem oferecer uma série de vantagens, é pouco utilizada na prática escolar no contexto brasileiro por motivos que vão, desde desconhecimento da metodologia, até inseguranças por parte do professor em como aplicá-las (LECHTANSKI, 2000; AZEVEDO, 2004; LIMA, 2015; TOLEDO; FERREIRA, 2016).

---

resiste à menor análise histórica ou linguística. Basta pensar que teria de se tratar de um composto híbrido que apresentaria uma raiz puramente latina, *lúmen*, unida a um prefixo privativo grego *a-*. A rigor, o termo 'aluno' está aparentado semanticamente ao verbo educar (cf. § 1). Viu-se que uma das etimologias ligadas à ideia de educar se relaciona com 'alimentar'. Não é de se estranhar, então, que aquele que recebe o alimento seja o 'aluno'. Precisamente essa é a acepção do termo latino *alumnus*, que, assim como *alimentum*, está formado a partir da raiz *al*, encontrada no verbo *alere*, 'alimentar'. *Alumnus* tem, pois, uma primeira acepção de 'criança', literalmente 'o que é alimentado', e outra derivada e abstrata que ganha o sentido de 'discípulo' (cf. § 24)" (CASTELLO; MÁRSICO, 2007).

Dentre os benefícios apontados da adoção de atividades experimentais investigativas no ensino está a argumentação, que é uma ação de caráter social, intelectual e verbal, útil para justificar ou refutar opiniões (SANMARTÍ, 2003). No ensino de Ciências, Driver et al. (1999) destacam a importância de se trabalhar com argumentação em ambientes de ensino, e que sua prática pode fazer com que os estudantes tenham melhor entendimento da racionalidade da Ciência e maior compreensão de conceitos científicos.

Baseado na reflexão do que foi abordado, bem como a de sua própria prática com o ensino de Química, o autor conduziu este trabalho norteado pelos seguintes objetivos:

#### *Objetivo Geral*

Utilizar a metodologia de *ensino experimental investigativa* no laboratório de Química com alunos de Ensino Médio, a fim de verificar as contribuições dessa abordagem na promoção e exercício de habilidades argumentativas, bem como suas contribuições para um ensino de Química centrado no aluno.

#### *Objetivos Específicos*

Articulam-se com o objetivo geral abordado anteriormente:

- Elaborar atividades experimentais de Química de cunho investigativo para turmas de 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio;
- Aplicar as atividades elaboradas para grupos de alunos de uma mesma série, com reserva de um espaço da aula para a discussão e socialização de resultados entre os grupos;
- Verificar as contribuições das diferentes atividades para a construção de argumentos nas discussões;
- Verificar a ocorrência e qualidade de argumentos, que podem surgir no momento da aula reservado para as discussões.

Com o intuito de sintetizar e trabalhar o objetivo proposto, buscou-se responder à seguinte pergunta de pesquisa: *a partir da aplicação de atividades experimentais*

*investigativas de Química no Ensino Médio, com espaço para discussões entre os alunos, qual a ocorrência e qualidade dos argumentos construídos?*

A escolha do percurso metodológico da pesquisa, no sentido de alcançar os objetivos estabelecidos, permitiu o trabalho com ideias dos autores: Silva (2011), Tamir (1991) e Toulmin (2006). Silva (2011) é autora de uma categorização que nivela atividades experimentais investigativas de acordo com: objetivos; problematização, hipóteses, questões; e sistematização de conceitos. Tamir (1991), também nesse sentido, trabalha com a ideia de grau de “abertura” de atividades experimentais, propondo uma categorização em níveis que dependem se o *problema*, *procedimento* e *conclusão* são fornecidos pelo professor ou ficam a cargo dos alunos. Já o terceiro autor, Toulmin (2006) propõe um padrão de argumento, conhecido como TAP (*Toulmin’s Argument Pattern*) ou *Padrão de Argumento de Toulmin*, muito aplicado em pesquisas com argumentação no ensino de Ciências.

A partir da apropriação das ideias de Silva (2011) e Tamir (1991), o autor deste trabalho estabeleceu uma nova categorização de atividades experimentais investigativas, que atendessem às características das atividades elaboradas por ele. Já as ideias de Toulmin (2006) foram utilizadas para o levantamento da ocorrência e nível de argumentação presentes nas falas dos alunos, e na fase de discussão dos experimentos de cada atividade.

## 2 TRAJETÓRIA PESSOAL E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta tese de doutorado teve como motivação inicial a consciência do autor sobre a importância da constante análise e avaliação da sua própria prática docente e da necessidade de (re)significar a sua atuação como profissional. Desse processo surgiram inquietações e reflexões, principalmente no sentido de (re)conhecer melhor os seus próprios alunos, para então, atender às suas necessidades, aproveitar a motivação deles para os estudos e trabalhar ao máximo o potencial que eles evidenciam ter.

O autor é professor do quadro efetivo do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na carreira de Educação Básica, Técnica e Tecnológica, desde 2009, tendo atuado anteriormente na mesma instituição na condição de professor substituto, além de ter lecionado em uma escola particular de Ensino Médio por cinco anos.

Assim, dentre suas experiências como docente, a mais significativa ocorreu no Colégio Politécnico, onde tem a oportunidade de trabalhar com adolescentes de 14 a 17 anos em todas as séries do Ensino Médio regular, e também trabalhar com pessoas a partir de 17 anos na educação profissional de nível pós-médio nas áreas de Alimentos, Farmácia e Meio Ambiente. Na mesma instituição já teve experiência docente com PROEJA, que atendeu alunos de 18 anos até a 3ª idade.

A variedade de público discente, tanto no que se refere às faixas etárias quanto às diferentes modalidades de ensino, acaba por desafiar constantemente o profissional a adaptar sua prática, de modo a desenvolver um trabalho adequado e efetivo. Mas é no curso de Ensino Médio que a atuação do docente é mais ativa e constante, fazendo parte de diversos projetos, além de ter trabalhado na coordenação adjunta do curso de 2010 a 2017.

Assuntos relacionados ao Ensino da Química sempre chamaram a atenção do autor desta tese, desde quando era um aluno do curso de Licenciatura em Química, na UFSM. Esse interesse pelo ensino o levou, no mesmo período, a juntar-se a um grupo de Educação em Ciências, no qual foi bolsista de iniciação científica por dois anos, pesquisando sobre a ocorrência e eficiência da utilização de analogias em livros didáticos de Química para o Ensino Médio.

Ainda como aluno de graduação, deu início aos primeiros passos como professor, sendo voluntário em projetos de extensão que ofereciam aulas gratuitas a vestibulandos. Desde então, nunca parou de dar aulas.

Posteriormente à conclusão da graduação e paralelamente ao trabalho como professor, o seu gosto pela Química como Ciência o levou a cursar mestrado em Síntese Inorgânica, na UFSM. Isso o afastou temporariamente de estudos na área educacional, mas revelou-se como uma experiência enriquecedora que o propiciou vivenciar um pouco do mundo da produção científica naquela área. Já o ingresso no *Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências* da UFRGS, em nível de doutorado, o trouxe de volta às leituras na área de educação e a oportunidade de produzir um trabalho que atendesse as necessidades específicas de sua própria prática profissional.

Para o entendimento do contexto no qual o autor está inserido, que teve impacto direto no problema de pesquisa, escolha do público-alvo e perspectiva deste trabalho de doutorado, faz-se necessário agora registrar informações relevantes sobre o Colégio Politécnico, as quais tem como fonte principal o *Projeto Pedagógico Institucional (PPI)*, edição atualizada em 2018. Esse documento, construído coletivamente em reuniões gerais com todos os servidores do Colégio, contém informações sobre a estrutura e funcionamento da instituição, além de sinalizar e expressar como é trabalhada a educação nos diferentes cursos ofertados.

Fundado em 24 de janeiro de 1961 e inicialmente denominado *Escola Agro-técnica de Santa Maria*, o Colégio Politécnico da UFSM consolidou as suas bases de formação profissional em múltiplas áreas: Ambiente e Saúde, Gestão de Negócios, Informação e Comunicação, Infraestrutura, Produção Alimentícia e Recursos Naturais. São, atualmente, oferecidos treze cursos Técnicos presenciais, três cursos Técnicos na modalidade Educação a Distância (EAD), Ensino Médio, quatro cursos Tecnológicos (nível superior), uma Especialização e um Mestrado Profissional (PPI, 2018).

O Colégio Politécnico da UFSM busca desenvolver suas atividades com foco em uma proposta pedagógica adequada a sua realidade e sempre aberto a adaptações, considerando que num mundo em permanente mudança não é ideal engessar o modo de se trabalhar a educação. Para isso a escola deve aguçar a sua percepção e concentrar a sua atenção para visualizar e buscar novos rumos. Deseja-se

dessa forma uma construção coletiva e comprometida com o homem, com o indivíduo, independente da sua classe social ou cultura; que os professores do Colégio vivam a educação, saibam aprender com seus alunos; que não ignorem ou rejeitem a história, a política e a cultura dos agentes do processo educativo, bem como a sociedade mais ampla (WERLANG, 1999, 2000; PPI, 2018).

A ação pedagógica geral do Colégio Politécnico é alicerçada nos valores: Ética, Justiça, Educação, Cidadania, Democracia, Comprometimento e Solidariedade; tendo como missão “oportunizar educação de qualidade, gerando e difundindo Ciência e tecnologia com sustentabilidade” e visão de “ser referência em Ensino Médio, Profissional e Tecnológico, além de contribuir na geração e difusão de conhecimento, com responsabilidade social” (PPI, 2018, p. 54).

O quadro de servidores do Colégio Politécnico conta atualmente com 83 professores efetivos, 35 técnico-administrativos e 15 professores substitutos. Além disso, ingressam anualmente 710 alunos, perfazendo um total de mais de 1500 com matrícula ativa.

A excelente infraestrutura do Colégio é um ponto positivo para o desenvolvimento de um trabalho adequado. O Colégio tem uma excelente biblioteca e diversos laboratórios: Desenho Técnico, Desenvolvimento de Software, Hardware e Redes, Química, Carnes, Leite, Práticas Farmacêuticas, Hidroponia e Informática. Dispõe ainda de um auditório com capacidade de 150 lugares, banheiros equipados, todas as salas de aulas com projetor multimídia, dois ônibus para transporte de seus alunos e 12 setores de práticas para a formação profissional, além de diversas áreas de convivência, as quais contam com uma paisagem bastante acolhedora devido aos projetos dos cursos: Técnico em Meio Ambiente, Tecnólogo em Gestão Ambiental e Técnico em Paisagismo.

Tem-se observado a cada ano, pela manifestação dos egressos, um alto percentual de satisfação com o Colégio Politécnico. Os índices de empregabilidade são bastante satisfatórios, assim como o ingresso anual de mais de 90% dos alunos do Ensino Médio no Ensino Superior em Universidades Públicas.

Desde a fundação do Colégio, as turmas de Ensino Médio tinham formação concomitante ao Ensino Técnico, mas no ano de 2007 deu-se início a um novo ciclo no curso-foco deste trabalho, com o ingresso da primeira turma de Ensino Médio

“puro”, ou seja, que não é vinculado à formação profissional alguma. A decisão da instituição em separar o Ensino Médio do Técnico deveu-se a diversos fatores como: a matriz orçamentária do governo que não estimulava a continuidade da concomitância na época; e também porque a maioria dos alunos do Ensino Médio daquele período tinham foco no vestibular, o que acarretava em uma desistência grande nas disciplinas da parte profissional.

Assim, quanto ao objetivo geral de formação atual, o Colégio apresenta dois grupos distintos: um que busca o ensino profissional, em nível exclusivamente pós-médio, para desenvolver habilidades técnicas para o mundo do trabalho; e o outro que busca o Ensino Médio como preparação para a continuidade dos estudos – principalmente no ensino superior.

O Ensino Médio do Colégio, que teve seu corpo discente como público-alvo deste trabalho, é um grupo menor dentro da instituição, sendo formado por três turmas, uma para cada série, atendendo anualmente cerca de 110 alunos regularmente matriculados. O ingresso nessa modalidade ocorre por meio de prova seletiva, que segue o sistema de cotas e há um investimento forte das famílias a fim de preparar os filhos para a seleção, que oferta 35 vagas anualmente para a 1ª série. A relação candidato-vaga ultrapassa 20x1. Dessa forma, ingressam alunos com uma boa preparação em termos de conhecimento e que estão motivados para estudar e colaborar para uma educação de qualidade, tornando mais acessível o alcance do objetivo do Ensino Médio da instituição que é:

Consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, garantir a preparação básica para o trabalho e a cidadania, desenvolver os meios para continuar aprendendo, aprimorar o estudante como pessoa humana, desenvolver a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos e habilitar para a continuidade de estudos (PPI, 2018, p. 18).

Nesse sentido, o curso de Ensino Médio do Colégio procura oferecer aos jovens uma educação integral e significativa, em sintonia com a vida, com as necessidades e com os interesses deles. Essa ideia condiz com o que é explicitado no documento do governo federal de 2008 de *Reestruturação e Expansão do Ensino Médio no Brasil*:

Busca-se uma escola que não se limite ao interesse imediato, pragmático e utilitário. Uma formação com base unitária, no sentido de um método de pensar e de compreender as determinações da vida social e produtiva – que articule trabalho, ciência e cultura na perspectiva da emancipação humana (BRASIL, 2008, p. 8).

Portanto, o trabalho docente no Ensino Médio do Colégio não se restringe ao desenvolvimento intelectual de seus alunos, mas também ao desenvolvimento do físico, da responsabilidade, da criatividade e criticidade, do bem-estar, da busca de mais cuidados com a saúde, da valorização das Artes e das Ciências, da busca pela responsabilidade social e respeito à Natureza.

Um indicador parcial da qualidade buscada e alcançada pelo Ensino Médio da instituição são os resultados do desempenho de seus alunos no Exame Nacional do Ensino Médio, ENEM, nos últimos anos. Em 2009 foi alcançada a maior média geral nas provas daquele exame, dentre todas as escolas públicas do estado do Rio Grande do Sul. Essa média foi a segunda maior dentre toda a rede escolar do estado. Esse desempenho destacado no ENEM continuou nos anos seguintes, o que refletiu num aumento expressivo no número de inscrições nos processos seletivos para o ingresso no Ensino Médio da instituição. O Quadro 1 traz informações sobre a colocação do Ensino Médio do Colégio Politécnico da UFSM, relativa ao desempenho geral dos seus alunos nos exames do ENEM desde 2009.

Quadro 1: Colocação do Ensino Médio do Colégio Politécnico da UFSM, dentre escolas públicas e particulares, no ENEM.

<b>Ano</b>	<b>Colocação dentre Escolas Públicas do RS</b>	<b>Colocação Geral do RS (Públicas e Particulares)</b>
2009	1º	2º
2010	2º	2º
2011	2º	3º
2012	1º	1º
2013	1º	1º
2014	1º	1º
2015	1º	1º
2016	1º	1º
2017	1º	1º

Fonte: Ministério da Educação, MEC (<https://www.mec.gov.br/>)

Além dos excelentes resultados no ENEM mostrados no Quadro 1, destaca-se um bastante expressivo que foi o 1º lugar geral na região sul do Brasil e 1º lugar geral no país na área de Linguagens, resultados esses da edição de 2016.

Nos desempenhos desse exame, destacam-se também, a cada ano, o excelente rendimento nas áreas de Ciências da Natureza e Redação. É importante ressaltar que nunca foi objetivo do Colégio alcançar tais resultados, mas que eles são o reflexo de uma série de fatores positivos, como a excelente infraestrutura do Colégio, a motivação dos alunos para o estudo, o apoio e contato frequente com as famílias, além da motivação, comprometimento e boa formação do corpo docente.

Em relação aos princípios didáticos, esses estão sustentados na observação e valorização do conhecimento. Já as ações didático-pedagógicas são fundadas no diálogo entre a realidade vivida e o que cada um irá encontrar no seu cotidiano, visando a construção do conhecimento e de uma educação voltada para um “ser sujeito cidadão” que tem um mundo em constante transformação.

A ênfase dos processos de ensino-aprendizagem desenvolvidos no cotidiano escolar está no conteúdo, porém em uma concepção mais ampla desse, que envolve os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (COLL e VALLS, 2000). Os conteúdos conceituais estão relacionados às disciplinas; os procedimentais estão ligados a um saber fazer, ou seja, a procedimentos e estratégias necessárias para atingir um objetivo; já os atitudinais relacionam-se ao saber ser, isto é, aos valores, atitudes e escolhas. Nesse sentido, busca-se proporcionar aos alunos de Ensino Médio uma formação mais abrangente e integrada, que envolve o saber, o saber fazer e o saber ser.

Com relação ao trabalho na área de Ciências da Natureza (Química, Física e Biologia), o currículo foi construído e sofre adaptações com base nos seguintes documentos oficiais para o Ensino Médio: Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1999), Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (BRASIL, 2002), Orientações curriculares para o ensino médio (BRASIL, 2006) e Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN) (BRASIL, 2013).

Em relação aos PCNs, destaca-se o objetivo de constantemente buscar atribuir significado ao conhecimento escolar, basicamente através da contextualização

e interdisciplinaridade. Isso se efetiva por meio de uma série de atividades extraclasses ofertadas aos alunos, tais como: projetos de iniciação científica interdisciplinar, bolsas de iniciação científica júnior em parceria com cursos superiores, olimpíadas estudantis em várias áreas, oficinas, projetos solidários de ação na comunidade e viagens de estudo.

Com essas atividades busca-se que o ponto de partida do processo de ensino-aprendizagem seja “o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade” (BRASIL, 1999, p. 23). Nesse sentido, busca-se desenvolver habilidades e competências tanto no âmbito da representação e comunicação, como também da investigação e compreensão, e contextualização sócio-cultural (BRASIL, 1999). Os PCN+ também apontam nesse sentido: a ideia de contextualização como central, relacionando-a com a problematização da realidade vivida (BRASIL, 2002).

Em relação à interdisciplinaridade, a ideia está em buscar, nos componentes curriculares que compõem a área das Ciências da Natureza, um conjunto de habilidades e competências comuns, de modo que cada uma delas trabalhe seus conhecimentos visando o desenvolvimento daquele conjunto de competências e habilidades. Essa questão é desafiadora e desejada pelo grupo de professores do Ensino Médio do Colégio, que busca estratégias para alcançar aquele objetivo, principalmente no desenvolvimento de projetos conjuntos, alguns deles com experimentação, atividades essas que propiciam um envolvimento dos alunos de forma mais efetiva.

Além disso, o fato de o Colégio ter vários setores e laboratórios de diferentes áreas de formação profissional propicia o diálogo e projetos do grupo do Ensino Médio com os colegas professores desses outros setores e cursos, enriquecendo o trabalho, no qual todos saem beneficiados, especialmente os discentes. Isso se alinha com o que é destacado nos PCN+ ao abordar a necessidade de estratégias de ensino-aprendizagem que envolvam o mundo vivencial, a concepção de mundo dos alunos, o sentido da experimentação e a resolução de problemas (BRASIL, 2002).

As *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* (OCEM) também reforçam a perspectiva da contextualização, sendo que uma das dimensões abordadas no documento é a que relaciona o conhecimento científico e o cotidiano, vista como um recurso para problematizar as situações vivenciadas pelo aluno, extraí-la do seu

contexto e projetá-la para a análise. Com isso, busca-se relacionar os conhecimentos teóricos que se almeja ensinar com as concepções destas situações reais que o aluno traz à sala de aula. Assim, a contextualização precisa ser vista também como um dos instrumentos tanto para favorecer a atribuição de significados pelo aluno no processo de ensino-aprendizagem, quanto para a concretização da ideia de interdisciplinaridade (BRASIL, 2006).

Já em relação às DCN, essas trazem a integração das dimensões do trabalho, da Ciência, da tecnologia e da cultura como base para a organização e desenvolvimento curricular no Ensino Médio em seus objetivos, conteúdos e metodologias (BRASIL, 2013). É com essas dimensões da formação humana que as disciplinas se articulam. E em relação à proposta curricular do curso de Ensino Médio do Colégio, além das disciplinas obrigatórias, são ofertadas: Filosofia e Sociologia em todas as séries; o ensino das Artes com projetos e iniciação musical; língua Inglesa e língua Espanhola; e atividades que abordem as temáticas da Cultura Afro-Brasileira e Indígena.

Em relação à concepção de trabalho como princípio educativo, presente nas DCN, há aí a necessidade da apropriação de conceitos científicos para uma intervenção consciente na realidade. O Colégio busca aproximar os alunos da realidade do mundo do trabalho ao realizar atividades de visita aos cursos de graduação da UFSM e palestras com profissionais de diversas áreas, também objetivando uma orientação vocacional para escolhas futuras ao sair do Ensino Médio.

No tocante às metodologias de ensino, é perceptível a ênfase dada àquelas com caráter inovador, que incluam não apenas conhecimentos, mas também sua contextualização, experimentação e vivências, apontando esse como um dos desafios do Ensino Médio. Nesse contexto, uma das possibilidades é o planejamento de atividades a partir das relações entre situações reais existentes nas práticas sociais concretas e os conteúdos das disciplinas. Isso é levado para o trabalho em sala de aula, bem como nas avaliações propostas.

Em 2018 o grupo docente do Ensino Médio do Colégio, juntamente com a Direção de Ensino, deu início aos estudos das propostas da *Base Nacional Comum Curricular*, BNCC, já que a Lei nº 13.415/2017 alterou a LDB estabelecendo que o currículo do Ensino Médio será composto por essa nova base curricular (BNCC) e pelos itinerários formativos. Essa nova proposta se alinha com o modo de trabalho

desenvolvido no Colégio Politécnico, principalmente no que se refere à flexibilidade da estrutura curricular ao ofertar atividades extraclasse para o aprofundamento acadêmico em uma ou mais áreas do conhecimento, atividades essas que são optativas e escolhidas pelos alunos da instituição, conforme seus gostos e aptidões.

Quanto ao ensino de Química no Colégio Politécnico da UFSM, o autor deste trabalho ministra aulas para todas as turmas do Ensino médio em razão de ser o único docente formado na área, na instituição. Seu trabalho busca desenvolver o currículo de Química de maneira atualizada e contextualizada, no sentido de trazer para as discussões de aula assuntos e temas relevantes. Nessa forma de trabalho, a articulação de conteúdos permite buscar não só a ampliação do conhecimento químico dos jovens, mas também introduzir uma forma de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo (DRIVER et al., 1999).

Muitos alunos ingressantes no Colégio e suas famílias acreditam que o foco principal do Ensino Médio da instituição é a preparação para o ENEM e vestibulares. Para desfazer essa ideia equivocada e comum na comunidade local, diálogos com as turmas e até mesmo com os pais são realizados, a fim de mostrar que:

A extrema complexidade do mundo atual não mais permite que o ensino médio seja apenas preparatório para um exame de seleção, em que o estudante é perito, porque treinado em resolver questões que exigem sempre a mesma resposta padrão. O mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso (BRASIL, 2006, p. 106).

Trabalhando a Química com essa consciência mais ampla do objetivo da educação no Ensino Médio, há também a busca de se fazer reconhecer a importância da linguagem na educação, tanto escrita quanto falada, e como os alunos podem expressar-se corretamente ao “falar Química”. As OCEM de 2006 observam que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9.394/1996 não define os três anos de Ensino Médio como última etapa da educação básica só porque compreendem o final de uma longa caminhada escolar, mas porque

[...] para os estudantes, em ritmo de escolarização regular, aqueles que seguem seus estudos sem interrupções e/ou reprovações, os três anos desse grau de ensino coincidem com a maturidade sexual dos adolescentes, compreendida também como uma importante etapa da vida para a maturidade intelectual (BRASIL, 2006, p. 102).

Tendo isso em vista, busca-se um ensino de Química que seja atraente junto aos alunos do Ensino Médio do Colégio, para assim tirar bom proveito dessa fase de maturidade intelectual deles, que se constitui na plena capacidade para o pensamento abstrato e a consciência do próprio conhecimento. Isso é apontado por Vigotsky (2001), que também sinaliza que uma adequada aprendizagem naquela fase dos adolescentes permite maior capacidade de abstração e tem potencialidade para produção de um pensamento coerente e fundamentado em argumentos a respeito de contextos específicos ou mais amplos. Essa capacidade não é inata nem desenvolvida espontaneamente, portanto precisa ser concebida na relação pedagógica (VIGOTSKY, 2001).

É preocupação do autor desenvolver com seus alunos um trabalho de ensino-aprendizagem da Química que não seja exclusivamente disciplinar, isto é, que seja vinculado a outros componentes curriculares de forma interdisciplinar, principalmente com aquelas da área de Ciências da Natureza. Isso é apontado nas OCEM, ao afirmar que o ensino puramente disciplinar pouco contribui para a qualidade da aprendizagem e que avaliações sobre o ENEM

[...] mostram que os alunos não têm conseguido produzir respostas coerentes a partir de um conjunto de dados que exigem interpretação, leitura de tabelas, quadros e gráficos, e não conseguem fazer comparações ou fundamentar seus julgamentos (BRASIL, 2006, p. 104).

A atenção a esses itens não é negligenciada no Ensino Médio do Colégio. O ensino da Química na instituição procura esses diálogos com as outras disciplinas e também as conexões existentes entre os componentes curriculares dentro de determinados temas. Isso é levado em consideração nas avaliações propostas, que vão além de testes objetivos. Os instrumentos de avaliação valorizam: as respostas dadas pelos alunos; a interpretação sobre o conhecimento trabalhado em aula; e o estabelecimento das relações sociais, históricas, econômicas e ambientais com o conhecimento químico. Testes objetivos fazem parte da avaliação proposta, porém são elaborados de forma a avaliar a aprendizagem e não somente comprovar memorização.

O autor, ao longo da sua trajetória docente, sempre esteve ciente da importância de abordar o caráter experimental da Química com seus alunos. Em sala de aula contextualiza os tópicos estudados com a química prática, exhibe vídeos com

reações químicas, simulações em computador ou rápidas demonstrações de alguns fenômenos para as turmas. O autor também entende que, relativo à experimentação, é

[...] importante considerar que ela, por si só, não assegura a produção de conhecimentos químicos de nível teórico-conceitual significativos e duradouros, mas cumpre papel essencial, ajudando no desenvolvimento de novas consciências e de formas mais plenas de vida na sociedade e no ambiente (BRASIL, 2006, p. 123).

Em laboratório de Química utiliza atividades experimentais diversificadas, que vão desde simples e rápidos experimentos demonstrativos até experimentos investigativos, os quais exigem maior atuação dos alunos. Essa última abordagem experimental teve seu início com o desenvolvimento deste trabalho de doutorado. Com essa ideia de trabalho, entende-se que

O aspecto formativo das atividades práticas experimentais não pode ser negligenciado a um caráter superficial, mecânico e repetitivo, em detrimento da promoção de aprendizados efetivamente articuladores do diálogo entre saberes teóricos e práticos dinâmicos, processuais e relevantes para os sujeitos em formação (BRASIL, 2006, p. 123).

As aulas em laboratório de Química para o ensino médio são optativas, ofertadas e conduzidas pelo próprio professor em horário extraclasse – na parte da tarde – e as turmas são divididas em grupos menores, entre doze e dezesseis alunos. Há grande adesão a essas aulas, os alunos mostram-se motivados e frequentemente solicitam um maior número de atividades naquele ambiente. Cada grupo de alunos tem a oportunidade de participar de, em média, oito aulas experimentais por ano. São planejados experimentos que abordam diversos assuntos estudados na teoria, que possam colaborar na aprendizagem de assuntos mais complexos.

Com essa forma de trabalho em sala de aula e em laboratório de Química os alunos têm oportunidade de desenvolver um conhecimento que os fazem interpretar o mundo de forma diferente, bem como, para alguns, a descoberta de aptidões para Ciências e Química. O autor deste trabalho não incita seus alunos a buscarem um futuro profissional na área da Química, apenas desenvolve seu trabalho aos moldes do que foi explicitado, mas orgulha-se de, desde o início de sua carreira, ter 30 ex-alunos que buscaram a área da Química como formação profissional. Esses alunos afirmam que encontraram nas aulas de Química do Ensino Médio uma vocação.

As escolhas em cursos superiores desses 30 ex-alunos foram: 15 para Engenharia Química, 9 para Química Industrial, 4 para Química Licenciatura e 2 para Química Bacharelado, sendo hoje a maioria deles formados, trabalhando na área ou em programas de pós-graduação em Química e Educação em Ciências. O tipo de trabalho em aula que levou esses jovens a descobrir a Química e optar por uma vida profissional nela vai ao encontro do que é objetivado no PPI do Colégio Politécnico: “orientar o educando a descoberta e ao desenvolvimento das aptidões vocacionais, na escolha e oportunidades de trabalho ou de estudos ulteriores” (PPI, 2018).

Ao longo dos anos, a trajetória docente no Colégio Politécnico da UFSM, o conhecimento do perfil dos alunos do Ensino Médio e o ingresso num curso de doutorado na área de Educação em Ciências – leituras da bibliografia na área, aulas no programa de pós-graduação, seminários e discussões – sensibilizaram o autor a uma reflexão sobre a própria prática docente e o fizeram sentir a necessidade de conhecer e explorar metodologias de ensino específicas para o laboratório de Química. A cativante exploração deu origem a este trabalho!

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capítulo anterior apresentou a trajetória pessoal do pesquisador, que de certa forma justifica e contextualiza o trabalho realizado. Já neste capítulo serão abordados tópicos e reflexões teóricas que fundamentam o trabalho.

Inicialmente, este capítulo traz uma reflexão sobre educação e seus indicadores, localizando brevemente a situação da educação no Brasil e no mundo. Esse tópico vai ao encontro do que foi abordado anteriormente, em referência aos bons resultados no ENEM do Colégio Politécnico.

Na sequência serão abordados tópicos envolvendo educação em Ciências, a necessidade de um ensino centrado no aluno – tendência mundial – bem como tópicos sobre experimentação no ensino de Ciências, experimentação investigativa – que é central neste trabalho – e argumentação.

#### 3.1 Educação e seus indicadores: uma breve reflexão

A Educação é um setor de extrema importância para o desenvolvimento de uma nação, visto que a produção de conhecimento reflete no crescimento econômico, na promoção da igualdade, na renda e qualidade de vida das pessoas. É uma das maneiras de uma sociedade manter sua estrutura e fundamento.

A constituição da educação pelo mundo não se dá de forma igual, pois seu desenvolvimento tem estreita relação com as culturas dos diferentes povos. Nesses cenários, as diferentes políticas, com seus interesses próprios, também impactam em como a educação se desenvolve, tornando-a um constante desafio, pois a educação é um processo complexo, que vai muito além de conhecimentos específicos. O neurocientista português António Damásio (DAMÁSIO, 2018) indica a educação como a saída urgente para as crises humanitárias atuais, sugerindo que uma educação massiva é necessária para evitar o aniquilamento da espécie humana.

Damásio defende que é necessário que as pessoas aprendam a aceitar uns aos outros e a valorizar mais os sentimentos, como a dor, o sofrimento ou o prazer antecipado, já que a vida emocional e sentimental é o pano de fundo provocador da nossa cultura. Dessa forma o autor sugere um olhar mais sensível à formação humana na educação.

Já no que se refere ao desempenho na educação escolar, há indicadores evidenciando que determinados países, regiões ou cidades têm um desenvolvimento educacional melhor que outros (OLIVEIRA; ARAUJO, 2005). Exemplo disso são as avaliações do PISA, como será abordado na sequência. Mas vale ressaltar que avaliar o alcance ou não dos objetivos da educação e da aprendizagem não é algo simples, tendo em vista que

A educação tem por finalidade o desenvolvimento de novos conhecimentos ou comportamentos, sendo mediada por um processo que envolve a aprendizagem. Comumente, diz-se que alguém aprende quando adquire competência para resolver problemas e realizar tarefas, utilizando-se de atitudes, habilidades e conhecimentos que foram adquiridos ao longo de um processo de ensino-aprendizagem. Ou seja, aprendemos quando somos capazes de exibir, de expressar novos comportamentos que nos permitem transformar nossa prática e o mundo em que vivemos, realizando-nos como pessoas vivendo em sociedade (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 141).

Os alunos das “boas” escolas têm melhor desempenho em provas, concluem o ensino médio e ingressam em uma carreira acadêmica. Mas esses resultados não são consequência de somente um corpo docente qualificado, boa gestão escolar e recursos financeiros adequados. Geralmente essas instituições são procuradas por alunos que pertencem a famílias que tiveram acesso à educação de melhor qualidade e estão associadas a redes que enfatizam a importância do sucesso escolar e conhecem as melhores estratégias para alcançar essa condição (CARNOY, 2009).

Por exemplo, na década de 60, nos Estados Unidos, a obtenção de bom desempenho pelos alunos era algo desejável, porém não decisivo em relação às oportunidades da vida. Os concluintes do ensino médio, geralmente do sexo masculino e brancos, encontravam baixa concorrência por bons empregos em fábricas com remuneração tão boa quanto aquela paga a pessoas com formação superior. As crianças que estudavam em bairros ricos frequentavam boas escolas, pois suas famílias pagavam mais impostos sobre suas propriedades. Já as crianças negras do sul dos EUA frequentavam escolas segregadas e carentes, encaradas como ambientes não propensos à aprendizagem de matemática avançada, por exemplo (CARNOY, 2009). Isso evidencia que, apesar de o desempenho escolar não ter sido tão valorizado no passado, mostrava relações com uma boa estrutura escolar e familiar.

Essa visão de educação mudou mundialmente e o sucesso escolar tem sido mais valorizado, o que demanda melhorias na qualidade do ensino. Hoje, de maneira geral, mais jovens estão terminando as etapas média e superior de educação, há

mais competição por empregos e empregados qualificados, além de mulheres e minorias ingressando cada vez mais em escolas e universidades (CARNOY, 2009; OLIVEIRA; ARAUJO, 2005).

Já no Brasil, um país com dimensões continentais, há uma grande variedade de culturas, que acaba por exigir políticas públicas que atendam as diferentes demandas. Muitas delas afetam as estruturas das instituições, as quais necessitam rever seu campo de ação.

A partir de indicadores educacionais, os chamados “reformadores empresariais” fazem apreciações sobre a situação da educação pública brasileira, em especial sobre o Ensino Médio, de maneira isolada e descontextualizada (FREITAS, 2016). Esse tipo de julgamento “resulta em diagnósticos pejorativos e, até mesmo, catastróficos dessa etapa da educação básica” (MORAES, 2017, p. 407).

Apesar de todos os documentos orientadores sobre como a educação básica no Brasil deveria ser conduzida, os dados do Censo Escolar, IDEB e avaliações externas como o PISA sinalizam um Ensino Médio público falido e que necessita de mudanças urgentes (MORAES, 2017; CASTRO, 2016). Isso também é apontado por Daniel Cara, coordenador-geral da *Campanha Nacional pelo Direito à Educação*, bem como por Klein (2006), ao afirmarem que esses dados e desigualdades indicam a necessidade de rever as políticas de formação e capacitação dos professores (KLEIN, 2006). Cara ainda reforça que redes de ensino com adequada estrutura, bibliotecas, laboratórios e professores com melhor formação, são mais eficientes (GUIMARÃES, 2015).

No capítulo anterior, foi abordado como o Ensino Médio do Colégio Politécnico da UFSM está organizado, seus objetivos e como conduz suas atividades, todas norteadas pelos documentos oficiais do governo. Mas como uma escola pública daquelas consegue alcançar bons resultados? Essa questão é frequentemente levantada pela mídia local ao entrevistar os gestores, toda a vez que o Colégio obtém destaque no ENEM. “Qual o segredo do sucesso?” perguntam eles. Há muitos fatores que contribuem para o alcance de uma educação satisfatória naquela escola, que vão desde uma estrutura física adequada até a formação, carga horária e salário pago aos professores. Esse é um exemplo de valorização docente que praticamente inexiste na grande parte das redes públicas estaduais e municipais.

A realidade desastrosa da educação na maioria das escolas públicas do país há muito tempo se observa. Em relação ao Ensino Médio, especificamente, há indícios de uma disputa constante pela hegemonia político-ideológica relativa ao sentido, às finalidades e ao formato dessa última etapa da educação básica (FERRETI; SILVA, 2017), além de uma forte desvalorização da carreira docente.

Foi durante a gestão de Fernando Henrique Cardoso (de 1995 a 2002), através da chamada “reforma do Estado”, que

[...] o discurso neoliberal padrão no Brasil afirmava que o Estado deveria deixar de intervir em áreas que não lhe diriam respeito para cuidar apenas daquilo que seria sua vocação natural, a saber, serviços como educação e saúde. Nessa toada, foram privatizados os serviços de transporte, de energia, de telefonia, entre tantos outros. Os anos passaram e, claro, o discurso também passou. Agora, trata-se de afirmar que quanto mais pudermos tirar a educação e a saúde das mãos do Estado, melhor (SAFATLE, 2016, p. 1).

Freitas (2016) afirma que a gestão pública pós Fernando Henrique arrefeceu aquela política, mas que o atual e forte crescimento das alianças liberal/conservadoras é desanimador. Isso porque no ideário liberal é prevista a igualdade de oportunidades, mas não a igualdade de resultados – nem acadêmicos, nem econômico-sociais.

O IDEB, *Índice de Desenvolvimento da Educação Básica*, criado em 2007, pelo *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira* (INEP), foi formulado para medir a qualidade do aprendizado nacional e estabelecer metas para a melhoria do ensino. Esse indicador é calculado a partir de dois componentes: a taxa de rendimento escolar (aprovação) e as médias de desempenho nos exames aplicados pelo Inep, exames esses que constituem o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB). Os índices de aprovação são obtidos a partir do Censo Escolar, realizado anualmente.

Apesar de poucos avanços nos últimos anos, os resultados de 2015 nos exames da Prova Brasil, que faz parte do conjunto de exames do Saeb e que avalia o desempenho de alunos de escolas públicas do 5º e do 9º ano em Português e Matemática, mostram dados preocupantes. Mais de 65% dos alunos do 5º ano não sabem reconhecer um quadrado, um triângulo e um círculo; e cerca de 60% deles não conseguem localizar informações explícitas em um texto. Já em relação aos alunos do 9º ano, cerca de 90% deles não conseguem converter um dado de metro para

centímetros ou extrair a ideia principal de um texto (GUIMARÃES, 2015). Os dados ainda revelam uma desigualdade bastante significativa entre regiões brasileiras, como por exemplo, quando se comparam estados do Sul e Sudeste com estados do Norte.

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), criado em 1998 e realizado anualmente, tem por objetivo avaliar o desempenho do aluno ao fim da escolaridade básica, sendo também uma referência para a autoavaliação dos participantes, visando à continuidade de sua formação e inserção no mundo do trabalho. Hoje o exame constitui-se como critério de seleção para o ingresso no Ensino Superior da maioria das universidades públicas brasileiras e também para os alunos que pretendem concorrer a uma bolsa no Programa Universidade para Todos (ProUni).

Devido à importância e abrangência do exame, esse não deixa de ser também um indicador indireto do sucesso escolar, apesar de não ter esse objetivo. O sucesso do sistema proposto depende de uma boa e adequada formulação de seus exames, com questões coerentes para a avaliação de habilidades e competências preconizadas para o Ensino Médio (SILVEIRA; BARBOSA; SILVA, 2015; STADLER; GONÇALVES; HUSSEIN, 2017).

Silva e Melo (2018) realizaram um estudo crítico sobre o ENEM como propulsão ao mercado educacional do país no século XXI, fazendo também relações de como o exame impactou a elaboração dos últimos documentos oficiais do governo relativos a orientação educacional e curricular do Ensino Médio, em especial o documento mais recente: a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). As autoras tecem críticas ao afirmar que

[...] o ENEM ocasionou no setor educacional público a uniformização e o estreitamento dos currículos do ensino médio; a definição dos instrumentos avaliativos, a padronização e o controle sobre a avaliação; e o aprofundamento do processo de *accountability* no ensino médio, ação que promove a responsabilização dos atores, sobretudo dos docentes, e a precarização do ensino dirigido aos extratos mais pauperizados da sociedade.

Dessa forma, percebe-se que assim como o ENEM teve seu papel ao influenciar o sistema para a proposição de reformas drásticas, como o caso da BNCC, esse documento também impactará em grandes mudanças na estrutura do exame.

Além do mais, Silva e Melo (2018) relacionam as fortes influências do capitalismo nos rumos da educação brasileira. A exemplo disso, apontam que a BNCC é

um documento que inclui “formulações defendidas por fundações e institutos empresariais que prestam serviços para a educação pública” (SILVA; MELO, 2018, p. 1397). Essas críticas somam-se às de Ximenes (2017), que afirma que a BNCC contém falhas e mesmo retrocessos como, a inclusão de ensino religioso em todo o Ensino Fundamental; instrumentalização do currículo pelo mercado educacional; e censura a temas como sexualidade, gênero, homofobia e racismo.

Apesar das críticas ao exame, o ENEM auxilia numa possível autoavaliação das escolas, a partir dos resultados. As inevitáveis comparações entre desempenhos das escolas podem ser úteis para estudo e delineamento de melhorias, mas muitas escolas da rede privada usam isso para autopromoção, reforçando a ideia de mercado na educação (ZANCHETTIN, 2018; OLIVEIRA, 2016). No caso do Colégio Politécnico da UFSM, abordado no capítulo anterior, o destaque dos resultados no ENEM nos últimos anos provocou uma busca maior pelo Colégio e também reflexões sobre como uma escola pública pode alcançar tais resultados, que chegam a superar aqueles da rede privada no estado do Rio Grande do Sul.

Essa questão de divulgação de resultados do ENEM por escola é tão valorizada, por boa parte da rede escolar, que o anúncio de que o INEP não mais tornaria pública a planilha com os resultados do ENEM, a partir de 2017, foi considerada polêmica e recebeu muitas críticas, principalmente por alegações como: limitação de acesso à informação e comprometimento das práticas de *accountability*<sup>2</sup> nas escolas (ZANCHETTIN, 2018). Travitzki (2013) sugere que o ranqueamento anual de escolas do ENEM, ao lado do IDEB, é um instrumento importante para estudo, porém tal publicação pode não produzir os benefícios esperados.

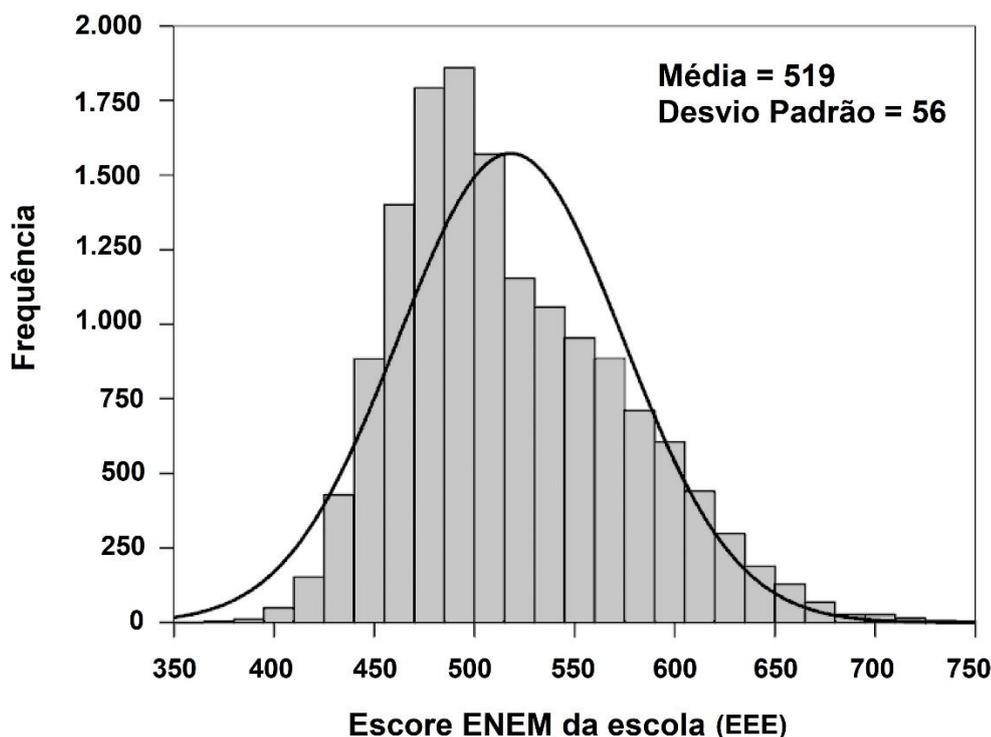
Silveira, Barbosa e Silva (2015) realizaram uma análise crítica do ENEM de 2013 partir de dados fornecidos pelo INEP. Naquela edição do exame, participaram 14.715 escolas brasileiras, dentre públicas e também da rede privada.

---

<sup>2</sup> *Accountability* é um termo inglês frequentemente associado à transparência, à prestação de contas e à responsabilização referentes às políticas públicas. Especificamente na área de educação, o termo aparece no contexto brasileiro no início dos anos 2000, mas é frequente em documentos internacionais da área. É associado à prestação de contas e responsabilização no que se refere às políticas de avaliação dos sistemas educacionais e das unidades escolares. Um sistema de *accountability* é baseado em padrões que estabelecem o que os alunos devem saber e também informar aos pais, professores e comunidade como esses padrões serão trabalhados, como os objetivos serão alcançados e quais os resultados obtidos no processo. Pesquisas têm demonstrado que essa prática não tem provocado melhorias no sistema educacional, mas sim aprofundado a seletividade, exclusão e competitividade entre escolas (BROOKE, 2006).

A Figura 1 mostra o histograma do que foi definido como “Escore ENEM da escola” (EEE), referente a média aritmética dos cinco escores médios da escola nos exames de: Ciências Humanas; Linguagens e Códigos; Ciências da Natureza; Matemática; e Redação.

Figura 1: Histograma dos escores médios por escola no ENEM 2013.



Fonte: SILVEIRA; BARBOSA; SILVA, 2015, p. 1101-2

O histograma mostra que a distribuição não é gaussiana, que seria a linha contínua na figura referente a mesma média e desvio padrão do EEE. A figura evidencia grande número de escolas com EEE abaixo de 500 e um número reduzido de escolas com EEE acima de 650. O Colégio Politécnico da UFSM obteve EEE igual a 674 no ano de 2013, que o colocou entre um grupo seletivo de escolas. Os autores do estudo apontam a necessidade de mais estudos e atenção aos dados, para que sejam traçadas estratégias de melhorias.

As estatísticas referentes ao ENEM 2016, tabuladas pela Folha de São Paulo (SALDAÑA; TAKAHASHI; GAMBA, 2018) a partir de dados divulgados pelo INEP, evidenciam como uma boa infraestrutura escolar e corpo docente qualificado influenciam o desempenho dos alunos. É o caso dos resultados relativos aos Institutos

Federais de Educação (IFs), que apresentaram média ao redor de 3% abaixo da média das escolas da rede privada. Essa média exclui a redação, referindo-se somente à média das provas das áreas de Matemática, Linguagens, Ciências Humanas e Ciências da Natureza.

Excetuando-se os IFs, apenas 12% de escolas públicas incluem o grupo das “escolas topo”, que são as 10% com os melhores desempenhos no ENEM. Essa porcentagem sobe de 12 para 22% com a inclusão dos IFs nas estatísticas.

Situar a avaliação da educação nacional é tarefa difícil, não-linear e com múltiplos percursos, já que trata de um tema demasiadamente complexo (ABICALIL, 2002), com amplo leque de questões de natureza técnica e implicações de ordem política. Além disso, os instrumentos que medem o sucesso escolar no Brasil estão longe de serem os ideais, sofrem muitas críticas e merecem muito estudo e discussão. Mas, mesmo assim, os dados que se obtêm a partir desses instrumentos indicam problemas graves, que demandam ações urgentes para a melhoria da educação no país, bem como a necessidade de reconhecer e valorizar os focos de sucesso que se apresentam no mapa da educação brasileira, como possíveis caminhos a serem seguidos e investidos.

### **3.2 Ensino centrado no aluno: um modelo ainda distante**

Por muitas gerações a maioria das escolas têm mantido o seguinte princípio: *o professor sabe, os alunos não*. Esse é o modelo tradicional de ensino centrado no professor, e pressupõe que para os alunos aprenderem efetivamente eles devem ser continuamente ensinados pelo educador. Esse *mestre* fala e palestra, passando informações aos seus alunos, geralmente a partir de livros didáticos ou apostilas (PRENSKY, 2010).

Quanto mais material os alunos *sabem*, mais educados eles são. Essa ideia equivocada está inserida num processo que constantemente avalia os alunos, que depois terão que comprovar, através de testes, o quanto daquele conhecimento apresentado foi retido. Isso contrasta com a aprendizagem centrada no aluno, processo em que as crianças ou jovens ensinam a si mesmas com a orientação do professor (NAIR, 2019; PRENSKY, 2010).

O tradicional ensino centrado no professor não é uma abordagem que conduz ao fracasso, mas é certamente um modelo que a sociedade atual está superando, na busca de formas mais efetivas de se trabalhar o conhecimento na escola, atendendo melhor um aluno moderno cada vez mais conectado e que, com facilidade e rapidez, acessa a qualquer informação que necessite ou deseje (ABDULLAH et al., 2014). Outro aspecto do ensino tradicional é que o professor é o responsável por garantir que todos seus alunos receberão o mesmo ensino e aprenderão de forma igual, independente de eles apresentarem diferentes habilidades. Uma avaliação efetiva torna-se muito complicada nesse cenário, ainda mais em salas de aula com trinta ou mais alunos (NAIR, 2019).

Moreira (2010) critica esse modelo tradicional de ensino nas escolas. Ele aponta que a superação desse modelo já vem sendo proposta no Brasil desde os anos 70, mas que os professores continuam *narrando* e *ditando* o que seus alunos devem aprender e reproduzir para sucesso nas provas escolares ou exames nacionais para ingresso no ensino superior. Grande parte da sociedade – alunos, pais e até mesmo professores – acha que a escola é dessa forma e é para isso que serve.

A sala de aula com ensino centrado no professor pode variar ao empregar estratégias como palestras, filmes e alguma discussão, mas o ensino centrado no aluno promove maior envolvimento, aprendizagem cooperativa, problematizações e pesquisas em que os alunos propõem questões e buscam soluções para elas (BLANCHARD; SOUTHERLAND; GRANGER, 2009).

O *ensino centrado no aluno* ou também *aprendizagem centrada no aluno* é uma abordagem que se utiliza de métodos de ensino que mudam o foco da instrução do professor para o aluno (JONES, 2007). Essa forma de trabalhar o ensino visa desenvolver a autonomia e independência, deixando os alunos responsáveis pela própria aprendizagem; também visa desenvolver habilidades e a base sobre como aprender um assunto específico (PEDERSEN; LIU, 2003; HANNAFIN, M; HANNAFIN, K, 2010).

Ao longo do século passado, houve fortes movimentos educacionais com a tendência de afastar a ideia de simplesmente ensinar para começar a dar ênfase na aprendizagem, transferindo o foco para o aluno (LANDAU, 2002). As primeiras ideias disso surgiram no início do século XX, sendo mencionado nos escritos do filósofo e escritor britânico Frank Herbert Hayward em 1905. Mais tarde essa

abordagem ganha mais popularidade com os trabalhos do filósofo e pedagogo norte-americano John Dewey na década de 50 (O'SULLIVAN, 2003; O'NEILL, McMAHON, 2005).

Embora exista um considerável corpo de literatura teórica, não há uma definição acordada para o conceito geral de *aprendizagem centrada no aluno*. Alguns teóricos fornecem uma definição ampla, indicando que os alunos são os protagonistas de sua aprendizagem (O'NEILL, McMAHON, 2005), enquanto outros fornecem princípios específicos (WEIMER, 2013). O termo *Student-Centered Learning*, do inglês, foi associado aos trabalhos de Carl Rogers e Jean Piaget (BURNARD, 1999).

Esse tipo de abordagem é fundamentado na visão construtivista da aprendizagem e é uma forma de vincular o ensino e o currículo ao processo e aos objetivos do aprendizado, não apenas fazendo à *entrega* de conteúdos (WEIMER, 2013). O anseio por essa, que é uma mudança de paradigma, foi fundado na premissa de que os alunos deveriam ser mais atuantes na própria aprendizagem, particularmente no nível universitário (LANDAU, 2002). John Dewey vê os alunos como indivíduos que devem trazer suas experiências e vivências para a sala de aula, que têm suas próprias necessidades e preocupações, e que têm o direito de progredir, mas cada um no seu próprio ritmo. Sob tais circunstâncias, a principal atitude dos professores é a de respeitar a diversidade entre os alunos e, ao mesmo tempo, a individualidade deles (ABDULLAH et al., 2014).

Ao professor cabe a tarefa de criar possibilidades enquanto sujeito mediador da aprendizagem e promover situações problema que permitam o conflito e consequentemente avanço cognitivo de cada aluno na sua individualidade, promovendo o desenvolvimento das estruturas de pensamento, raciocínio lógico, julgamento e argumentação (SANCHIS; MAHFOUD, 2007). O professor deve ser um facilitador, ajudando cada um dos alunos a levantarem questões mais significativas sobre o que eles têm curiosidade e sobre o mundo real que os rodeia, bem como auxiliar na elaboração de estratégias para a busca das respostas das questões levantadas (ABDULLAH et al., 2014).

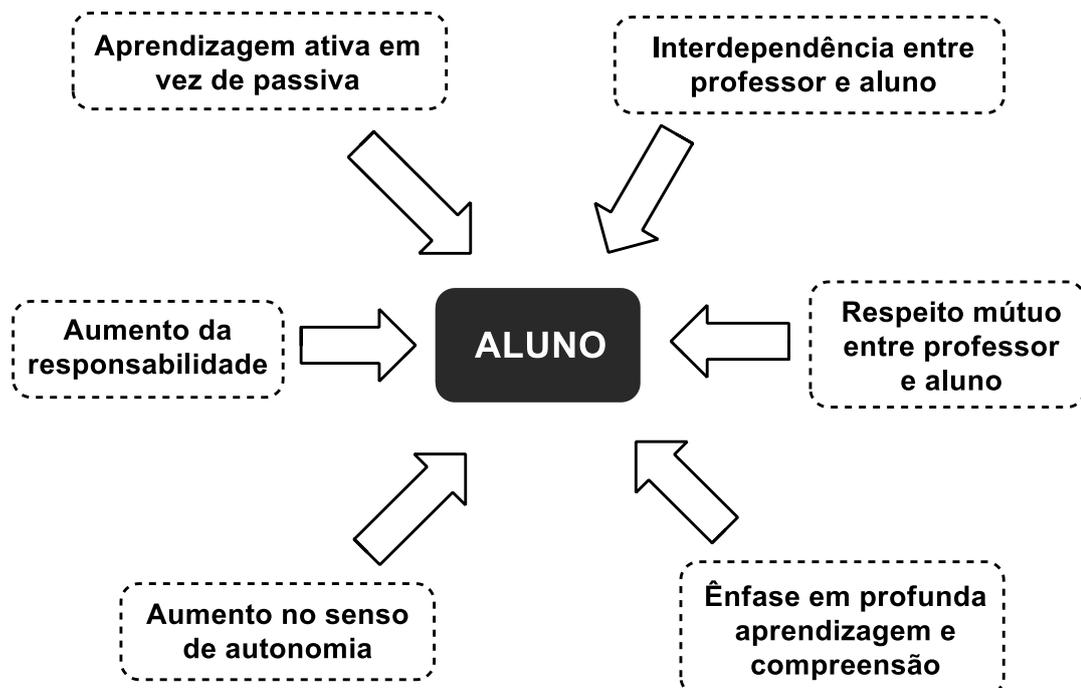
O ensino centrado no aluno concentra a atenção nesse sujeito no sentido de: *o que, como e as condições* sob as quais o aluno está aprendendo; se o aluno está retendo e aplicando o que aprendeu e como o aprendizado posiciona o aluno para continuar aprendendo no futuro (WEIMER, 2013). Para Abdullah et al. (2014), essa

abordagem não é uma técnica, mas uma filosofia de ensino que representa tanto a mentalidade quanto a cultura dentro de uma instituição que a adota. As atividades com esse viés de trabalho colocam o aluno como o principal participante da aprendizagem e promovem uma atuação mais ativa desse em todos os estágios do processo de construção do próprio conhecimento.

Dessa forma, mais tempo é disponibilizado para exploração, para resolução de problemas e para a autorreflexão. Em outras palavras, os alunos jogam funções ativas no planejamento, monitoramento e avaliação de todas as atividades de aprendizagem; interagem com professores, tutores e outros estudantes; pesquisam sobre questões e resolução de problemas, bem como se envolvem em autoavaliação, enquanto os professores atuam como facilitadores.

Além do mais, essa abordagem tem potencial de desenvolver nos alunos a autonomia, autoconfiança e responsabilidade, estabelecer relações positivas e interdependentes entre professor e aluno. A Figura 2 resume algumas dessas vantagens ao se adotar uma abordagem de ensino que coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem (ABDULLAH et al., 2014).

Figura 2: Algumas vantagens ao se adotar o ensino centrado no aluno.



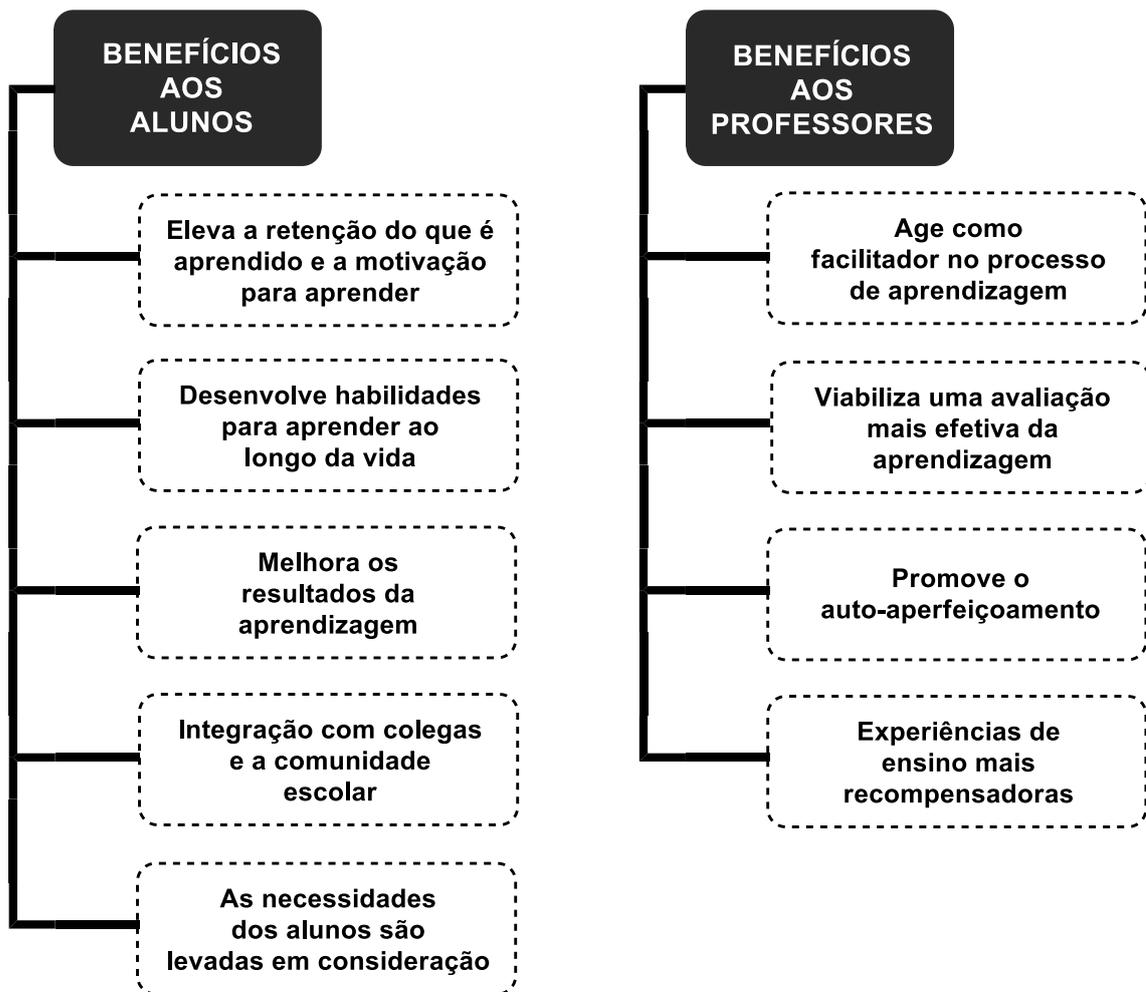
Fonte: Adaptação pelo autor a partir de ABDULLAH et al., 2014.

Essa Figura 2 mostra aspectos relevantes na questão da relação professor-aluno. Essa relação é, muitas vezes, prejudicada pela posição assumida pelo professor em um ensino tradicional, no qual o mestre é o *detentor* do conhecimento e que deve *transmitir* seus conhecimentos aos alunos. Professores que trabalham dessa forma tradicional apenas escolhem e ditam o que os alunos precisam saber, assim privando-os do saudável exercício e desenvolvimento da curiosidade intelectual e criatividade (KLIEBARD, 2004).

Ainda nesse sentido, algumas pesquisas mostram que estudantes de baixa renda que têm um relacionamento positivo com seus professores têm um desempenho acadêmico mais alto e um ajuste socioemocional mais positivo do que os estudantes similares de renda mais alta (MURRAY; MALMGREN, 2005). De maneira geral, os alunos que acreditam que seus professores se importam com o sucesso deles têm altas expectativas nos estudos e maior motivação. Essa postura do professor, e consequente resultado na vida escolar dos alunos, somado ao conjunto de benefícios mostrados na Figura 2 impactam também a autoestima e confiança dos discentes de forma muito positiva (MULLER, 2001). Isso é ainda mais relevante na formação escolar dos alunos que estão na adolescência, visto que psicólogos enfatizam que essa fase é um período incrivelmente importante de desenvolvimento para a formação da identidade saudável de um indivíduo (STEINBERG, 2001).

Os benefícios em se adotar atividades com a abordagem da aprendizagem centrada no aluno se estendem também aos docentes, uma vez que eles precisam buscar formas inovadoras de trabalho, melhorar sua prática docente, refletir sobre sua posição no processo de aprendizagem e como envolver ativamente seus alunos. A Figura 3 mostra mais alguns benefícios dessa abordagem, tanto para alunos quanto para professores (ABDULLAH et al., 2014).

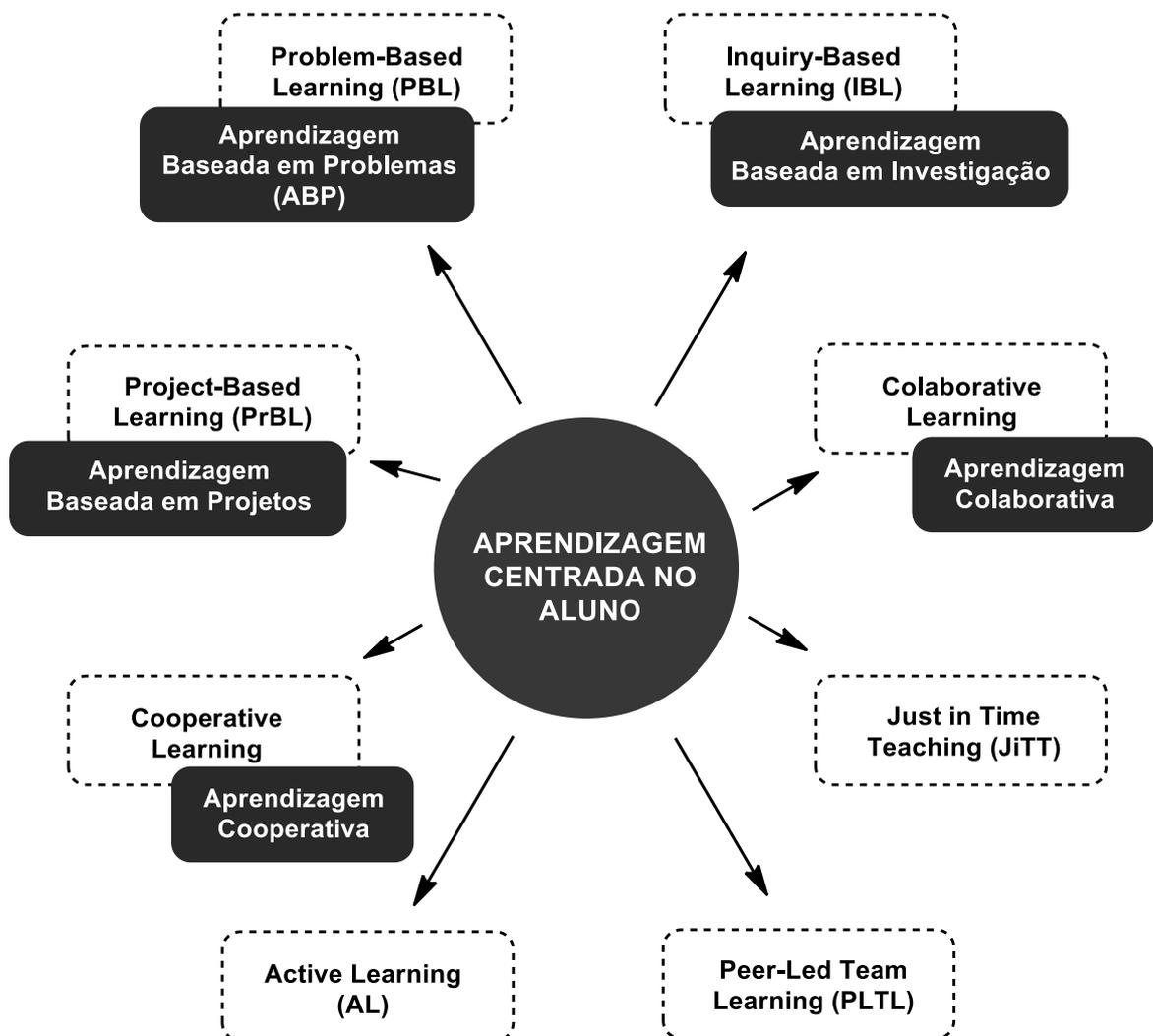
Figura 3: Benefícios aos alunos e professores ao se adotar o ensino centrado no aluno.



Fonte: Adaptação pelo autor a partir de ABDULLAH et al., 2014.

A adoção dessa forma de trabalho em atividades reais escolares pode ocorrer de diversas formas, já que muitas metodologias se amparam na filosofia de centrar o aluno na educação. A Figura 4 mostra alguns exemplos dessas metodologias (POSTELNEK, 2017), a maioria delas com nome e sigla amplamente utilizados em língua inglesa. As metodologias mais conhecidas no Brasil estão com seus nomes traduzidos na figura.

Figura 4: Metodologias de ensino modernas que se amparam na filosofia do ensino centrado no aluno.



Fonte: Adaptação e tradução pelo autor a partir de POSTELNEK, 2017.

Não é objetivo aqui discutir as particularidades das metodologias mostradas na Figura 4, mas vale destacar a *Inquiry-Based Learning* (IBL) ou *Aprendizagem Baseada em Investigação*, que foi a metodologia escolhida para ser explorada neste trabalho. Mais detalhes serão abordados na seção 3.4 deste capítulo.

O trabalho escolar com o ensino centrado no aluno faz com que o conhecimento apenas flua pelo professor, que se torna um mediador. Os alunos falam mais

e o professor fala menos, o que demanda estratégias que oportunizem mais discussão entre eles, negociação de significados, apresentação oral ao grande grupo, como elaborar críticas e também como recebê-las (MOREIRA, 2010).

A implementação de um ensino centrado no aluno apresenta-se como uma barreira aos professores, tanto em como fazer isso acontecer, como na possível falta de conforto que muitos docentes sentirão (BYBEE, 2000). Esse modelo é mais fluido e imprevisível do que o tradicional. Os professores precisam de apoio na elaboração de aulas nas quais eles não são mais a única figura de autoridade com conhecimento para dar aos alunos as habilidades e oportunidades para construir o conhecimento (BLANCHARD; SOUTHERLAND; GRANGER, 2009).

Além disso, a maioria dos alunos tem pouca experiência com as habilidades e conhecimentos necessários para uma aprendizagem bem-sucedida em salas de aula centradas no aluno. Aqueles que são familiarizados apenas com o modelo tradicional precisam ser reorientados para aprender em um ambiente onde o conhecimento pode vir de outras fontes que não apenas o professor (NERSESSIAN, 1999; ZACHOS et al., 2000).

Algumas orientações em como abandonar o modelo tradicional de ensino e focar mais no aluno são feitas por Moreira (2010), tais como: abandonar a narrativa, oportunizar discussões que considerem o conhecimento prévio dos alunos, implementar diferentes estratégias de trabalho, estimular os alunos a perguntarem, aproveitar o erro como fator de aprendizagem, dentre outros.

Moreira (2010) ainda aponta que a escola atual não educa, ela treina, e que essa realidade merece reflexão e planejamento para mudanças reais. Ele também reforça que há muito sabe-se que o aluno é responsável por sua própria aprendizagem e questiona por que ainda se insiste em um ensino que despeja conhecimento a partir do professor e que é distante do aluno. Observa-se hoje uma pedagogia diretiva, ou seja, que oferece pronto o conhecimento que o aluno poderia descobrir por si só e despreza os saberes e experiências que ele traz consigo, tomando do aluno a “chance de inventar e entender totalmente um novo saber” (OLIVEIRA et al., 2012, p.1).

Essas reflexões foram importantes e centrais no planejamento e desenvolvimento do trabalho desta tese.

### 3.3 Educação em Ciências, Química e Experimentação

A base do saber da humanidade foi formada a partir do trabalho de inúmeras gerações, de inúmeros povos, que vão transmitindo informações, hábitos e convenções ao longo do tempo. Um dos inúmeros exemplos seria a rica herança grega que se tem hoje em áreas como a da arquitetura, do teatro, da astronomia e da filosofia.

Esse processo de *transmissão* de informações é um elemento importante na própria história do homem e continua a ocorrer, de forma ainda mais diversa e rápida através dos múltiplos canais de comunicação que se têm disponíveis atualmente (CHALTON; MacARDLE, 2017). Todos se aproveitam desses novos meios, inclusive nos processos de educação e na busca de novos conhecimentos.

No que se refere à Ciência e aos processos de ensino-aprendizagem relacionados à ela, a definição de *Educação em Ciências* não é algo simples, dada suas múltiplas abordagens, que vão desde a difusão dos conhecimentos produzidos nas áreas da Ciência e Tecnologia até a formação nos conteúdos específicos de determinadas disciplinas. Em inglês, alguns autores diferenciam *Science Education* de *Scientific Education*, sendo o primeiro termo referente à formação geral sobre Ciências e a segunda para a formação específica nas Ciências. Levando isso em consideração, o desenvolvimento da Educação em Ciências nas escolas não objetiva a formação de cientistas e pesquisadores, mas sim promover a difusão das atitudes e valores associados à postura indagativa e crítica própria das Ciências (SCHWARTZMAN; CHRISTOPHE, 2011).

Difundir a Ciência no ambiente escolar é desafiador e necessário, já que de todo o conhecimento gerado até hoje, a Ciência é parte integrante do arcabouço cultural da humanidade. Portanto, a educação científica deve incorporar esses elementos culturais, deve ser conduzida por atividades contextualizadas, ser socialmente engajada, crítica e problematizadora; não restringindo o ensino ao uso de fórmulas, resolução de exercícios e memorização (ZANETIC, 2005). Mas na prática escolar, a educação em Ciências é muitas vezes conduzida de forma mecânica, parcializada e descontextualizada. “Aparentemente, os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem” (POZO; CRESPO, 2009, p.15), isso é resultado da perpetuação de formas de trabalhar a Ciência na escola que já deveriam estar superadas.

Trata-se de uma crise que não é recente. Oliveira (1992, p. 86), no início da década de 1990 já indicava que, naquele período no Brasil, estava havendo muita crítica “ao divórcio existente entre o ensino e o aprendizado das Ciências físicas”. Isso porque bem antes, nos anos 60, havia iniciado na Europa e Estados Unidos uma reformulação importante na educação científica secundária. O autor também aponta que, mesmo 30 anos após essas mudanças a nível mundial, o Brasil ainda tinha forte o verbalismo e experimentalismo na educação, ou seja, a entrega pronta de conteúdos e experimentação descontextualizados. Em particular no ensino superior, educadores estrangeiros constatavam que alunos de um curso de Física, por exemplo, “mostravam grande facilidade em expor princípios científicos, mas nenhuma capacidade de relacioná-los com eventos cotidianos” (OLIVEIRA, 1992, p. 86).

O autor indica que o verbalismo era um dos responsáveis pelo que ele chamou de “divórcio” entre o ensino e a aprendizagem. Infelizmente, ainda hoje esse verbalismo, que é forte no modelo de ensino tradicional, está muito presente na educação brasileira, como abordado e criticado na seção anterior (3.2), especialmente por Moreira (2010).

A educação em Ciências que se pratica na maioria das escolas oferece pouco ou nenhum espaço para a investigação, podendo gerar assim uma ideia distorcida do que é Ciência. Exemplo disso é a imagem que a maioria tem de um cientista: um gênio isolado, metódico, encerrado em um laboratório buscando uma grande descoberta (BRICCIA, 2018). Esse tipo de distorção sobre a natureza da Ciência é responsável, por exemplo, pela rejeição à Química por parte de muitos estudantes, pois eles enxergam essa área do conhecimento como elitista, distante e desinteressante, que deve ser estudada somente por pessoas muito inteligentes (GIL-PÉREZ et al., 2005).

Para contornar esse tipo de problema, incluir elementos que possam despertar nos alunos uma reflexão sobre a natureza da Ciência é igualmente importante, já que muitas vezes a história da Ciência é contada como uma série de avanços, fruto de mentes geniais, acertos e intenções deliberadas. Quando na verdade, o desenvolvimento da Ciência se dá por processos muitas vezes longos, com vários passos, muitos deles com equívocos e erros, os quais exercem seu papel nas grandes descobertas (MARTINS; PORTO, 2018). Essa reflexão junto aos alunos na escola pode-

rá levar à mudança da frequente crença de que a Ciência é um conhecimento pronto, acabado, definitivo e que se constitui como a verdade absoluta.

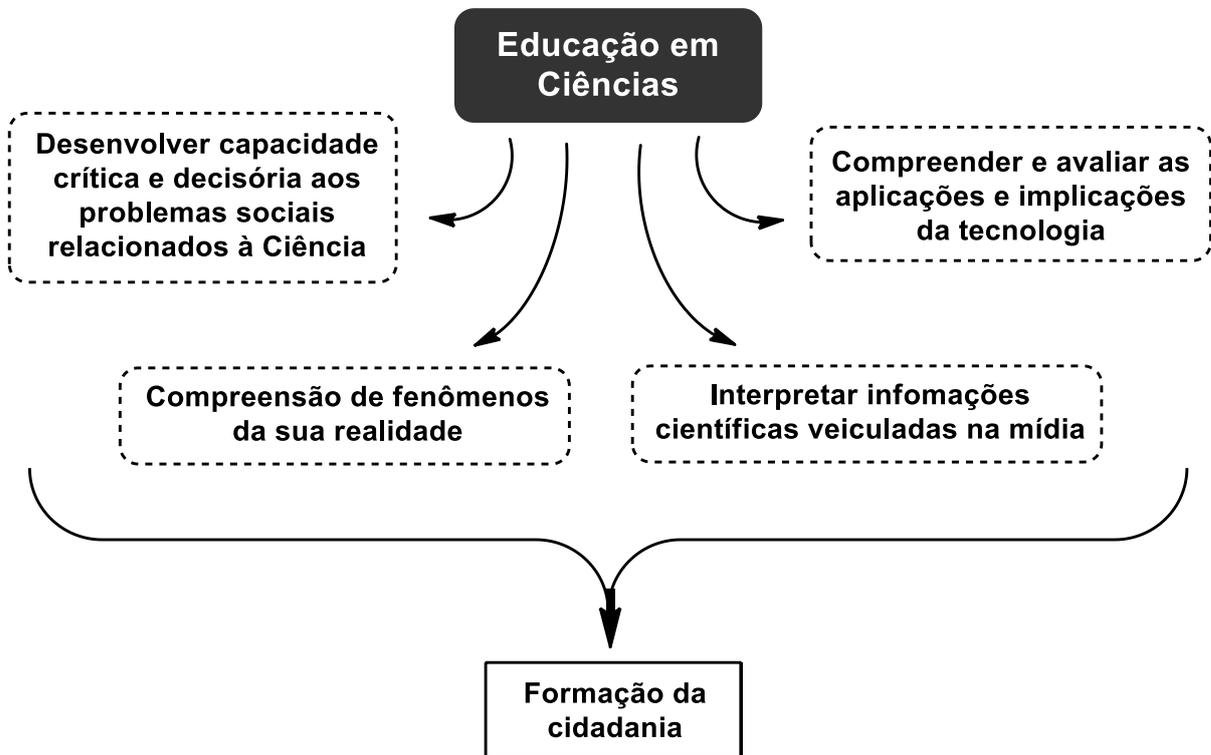
A educação em Ciências não apresenta um objetivo estabelecido, apesar de a ideia ser compartilhada por muitos professores. Assim, é equívoco pensar que

[...] a educação científica deve ter metas fixas, imutáveis, que consistam na transmissão do saber científico estabelecido e, portanto, alheias às vicissitudes sociais; qualquer análise da evolução dos currículos de ciências mostra que eles evoluem – em seus fins e, conseqüentemente, em seus conteúdos – junto com a sociedade da qual fazem parte e à qual estão dirigidos (POZO; CRESPO, 2009, p.25).

Embora o objetivo da educação científica seja mutável e deva atender às particularidades e necessidades do público a que é oferecida, Sanmartí (1997) estabelece algumas finalidades importantes e possíveis de assumir de forma geral: (a) aprendizagem de conceitos e construção de modelos; (b) desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico; (c) desenvolvimento de habilidades experimentais e de resolução de problemas; (d) desenvolvimento de valores e atitudes; e (e) construção de uma imagem de Ciência (SANMARTÍ, 1997; POZO; CRESPO, 2009). Esses pontos são importantes para a formação de um cidadão mais crítico e apto a tirar benefícios de seu conhecimento científico na vida social e cotidiana. O ponto (e), em particular, é importante já que afeta a motivação do aluno para aprender mais sobre a Ciência (GIL-PÉREZ et al., 2005).

Somado a isso, Silva (2014), a partir de seu trabalho de doutorado, aborda algumas finalidades da educação em Ciências (Figura 5) no sentido de contribuir para a formação cidadã, ou seja, de os alunos se beneficiarem de um trabalho adequado da educação científica na escola para que sejam mais ativos no exercício de seus deveres e direitos na sociedade. Vilanova (2015, p. 178) relata que nas últimas décadas, a nível mundial, o “debate sobre a construção de uma cidadania ativa e participativa inscreve-se nas mais diversas práticas sociais”. Assim, a formação desejada nesse sentido integra projetos educacionais, incluindo os brasileiros, sendo a cidadania “finalidade última da educação” (VILANOVA, 2015, p. 178).

Figura 5: Contribuições da educação em Ciências para a formação da cidadania.



Fonte: autoria própria a partir da tese de Silva, 2014.

O educador atual deve estar ciente disso e incluir em sua prática elementos que trabalhem competências e habilidades, contextualização e interdisciplinaridade, despertando nos alunos a percepção de que a escola é um lugar para se aprender, desenvolver seus conhecimentos científicos, interagir com o professor e colegas, bem como com a sociedade em que vive. Isso tudo compõe um dos objetivos do magistério, que é o de trabalhar nos alunos uma postura ética, a autonomia e pensamento crítico para exercer sua cidadania (CHASSOT, 2003). Buscar êxito nessa proposta configura-se como um desafio para o educador, em especial a busca pelo desenvolvimento de competências nos alunos.

O conceito e ideia de competência, de acordo com Perrenoud (1999), inicialmente atendia a uma demanda profissional que depois migrou de forma acelerada para a educação. Com o objetivo de sobrepujar o ensino tradicional, dá-se início a discussões sobre habilidades e competências (ZABALA; ARNAU, 2010).

Segundo Perrenoud (1999, p. 30): "Competência é a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações etc) para

solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações". Zabala e Arnau (2010, p.11) também contribuem nesse sentido e consideram que:

A competência, no âmbito da educação escolar, deve identificar o que qualquer pessoa necessita para responder ao problema aos quais será exposta ao longo da vida. Portanto, a competência consistirá na intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida, mediante ações nas quais se mobilizam, ao mesmo tempo e de maneira inter-relacionada, componentes atitudinais, procedimentais e conceituais. (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 11).

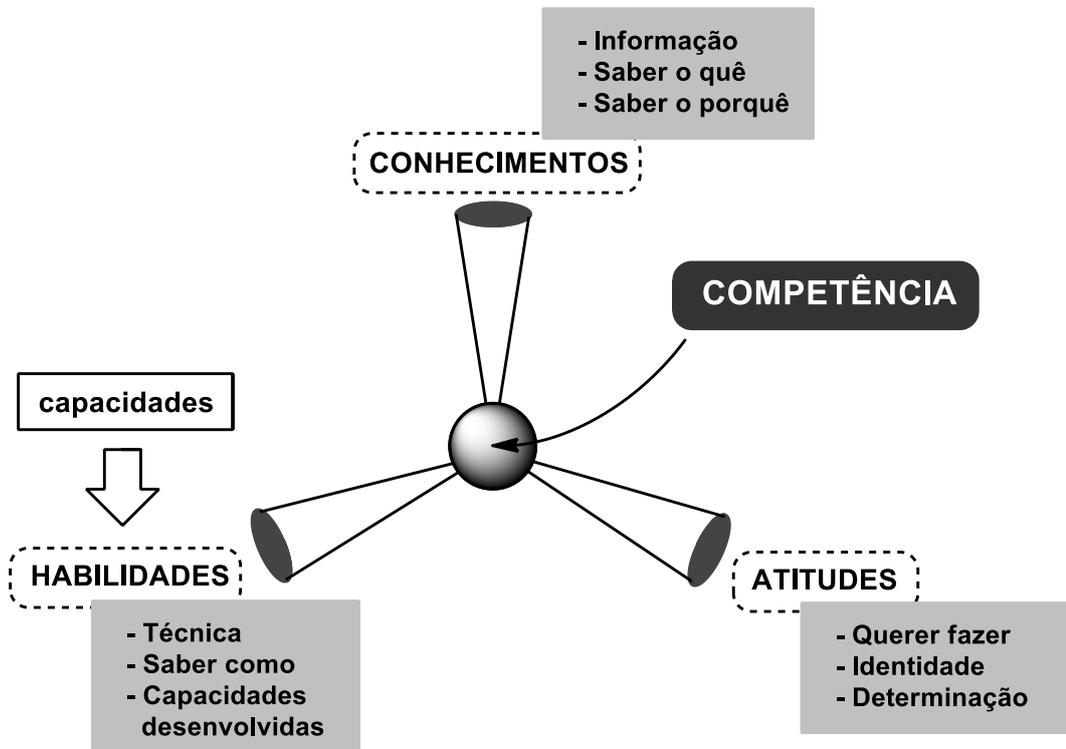
Competências estão muito associadas a capacidades. Antunes (2010) afirma que o ser humano nasce com uma série de capacidades, porém se a escola não as trabalha no sentido de desenvolvê-las, o aluno ainda as terá ao longo da vida, mas de forma limitada. São alguns exemplos de capacidades: as motoras, as emocionais e as cognitivas.

O autor menciona que as capacidades motoras estão relacionadas à plenitude do desenvolvimento dos órgãos dos sentidos. Assim, a escola pode trabalhar para desenvolver as capacidades dos alunos em relação à linguagem corporal, por exemplo: se expressar pela fala, encenação com consciência do corpo, experienciar ciências através de sentidos como tato, visão, olfato etc. O trabalho com as capacidades emocionais é muitas vezes visto como algo que não é papel da escola, porém esse ambiente oportuniza experiências ricas no sentido da administração de seus estados emocionais, ao conviver e trabalhar em grupo. A respeito das capacidades cognitivas, Antunes (2010) ressalta que a escola pode trabalhar para que o aluno aprenda a: fazer uma pesquisa; estudar menos com mais rendimento; organizar o raciocínio; e extrair a significação de mapas, ilustrações, gráficos, fórmulas e esquemas.

O trabalho e desenvolvimento das capacidades resulta em habilidades, que por sua vez são importantes para o desenvolvimento de competências. São exemplos de habilidades: boa comunicação e colaboração; iniciativa e empreendedorismo; pensamento analítico e crítico; curiosidade e imaginação; domínio das tecnologias.

As habilidades, conhecimentos e atitude positiva, quando mobilizadas em conjunto, resultam em competências. A Figura 6 resume isso, identificando algumas das características de cada um desses aspectos (DURAND, 2000).

Figura 6: Esquema resumindo os aspectos importantes na formação de competências.



Fonte: esquema pelo autor, adaptado de Durand (2000).

Assim, habilidades uma vez desenvolvidas, podem ser aplicadas não só para desafios e problemas propostos na escola, mas também à vida fora dela (ANTUNES, 2010). Também nessa perspectiva, Perrenoud (1999, p. 20) aborda que

“(…) a escola não tem a preocupação de ligar esses recursos a situações da vida. Quando se pergunta por que se ensina isso ou aquilo, a justificativa é geralmente baseada nas exigências da sequência do curso: ensina-se a contar para resolver problemas; aprende-se gramática para redigir um texto. Quando se faz referência à vida, apresenta-se um lado muito global: aprende-se para se tornar um cidadão, para se virar na vida, ter um bom trabalho, cuidar da saúde. A transferência e a mobilização das capacidades e dos conhecimentos não caem do céu. É preciso trabalhá-las e treiná-las, e isso exige tempo, etapas didáticas e situações apropriadas” (PERRENOUD, 1999, p. 20).

Sendo assim, um currículo formatado por habilidades e competências para o ensino de Ciências, por exemplo, abandona a ideia de um trabalho educacional por disciplinas ou conteúdos de forma fragmentada, o que se traduz numa mudança de paradigma necessária na escola contemporânea (SILVA, 2014).

Já em relação ao ensino de Química, especificamente, Chassot (1995) aponta essa Ciência como uma linguagem, que deve ser facilitadora da *leitura do mundo*, não se restringindo à comunidade científica, mas incluindo crianças e jovens que estão na escola. Porém, a falta de contextualização explícita nos currículos tradicionais de Química constitui-se como uma barreira para que os alunos aprendam e apliquem o conhecimento no exercício da cidadania. Esses currículos frequentemente enfatizam aspectos formais, transformando a cultura química escolar, e também a acadêmica, em algo dissociado das suas origens científicas e aspectos sociais ou tecnológicos. Isso é apontado por Mortimer e Machado (2014) de forma mais direta:

Nosso ensino de Química tradicional é fruto, na maioria das vezes, de um processo histórico de repetição de fórmulas que são bem-sucedidas do ponto de vista didático – fazer que o aluno aprenda alguns procedimentos relacionados à Química. Muitas vezes, contudo, isso transforma a disciplina num manejo de pequenos rituais. Distribuir elétrons por níveis, subníveis e orbitais; classificar cadeias carbônicas, substâncias simples e compostas, isômeros, ligações químicas: esses são apenas uns poucos exemplos desses rituais, que muitas vezes resumem-se a relacionar entre si aspectos formais da Química – como fórmulas e classificações. Ao aluno resta tentar achar algum fio oculto que possa desatar esse amaranhado de definições, classificações e fórmulas (MORTIMER; MACHADO, 2014, p. 323).

Esse tipo de abordagem tradicional forma cidadãos sem criatividade, pouco críticos, podendo até aguçar um sentimento de competitividade com ênfase na quantidade de informações e não na qualidade delas. É necessário que o professor tenha estratégias de ensino bem definidas e que contemplem o acesso ao conhecimento prévio do aluno (ARAUJO, 1986). Isso pode ser um grande desafio, visto que muitos dos problemas relacionados à educação em Química estão nos processos de formação de professores na academia, onde é desejada uma imersão de seus alunos tanto na teoria quanto na parte experimental (GONÇALVES; DE BRITO, 2014).

Além do mais, Cachapuz (2015) indica que a academia tem o dever de buscar recursos didáticos que auxiliem os futuros professores de Ciências a se apropriarem de abordagens de ensino diferentes da tradicional, visto a importância de se trabalhar com recursos didáticos:

A produção de recursos didáticos adequados é uma prioridade. Sem tais recursos, os professores dificilmente recriarão de outro modo o currículo oficial. A resposta deve vir da pesquisa em educação em ciências, através de linhas de pesquisa próprias, incluindo a produção e avaliação de tais recursos didáticos, se possível envolvendo vários centros de pesquisa em rede (CACHAPUZ, 2015, p. 31-32).

A Química é simultaneamente uma Ciência experimental e teórica, representando uma parte importante em todas as Ciências naturais, básicas e aplicadas (GONÇALVES; DE BRITO, 2014). O aspecto experimental, em particular, é evidente ao longo da história da Química, já que é essencial para a proposição das teorias.

O primeiro livro didático de “Química” que se tem conhecimento, publicado em Frankfurt em 1597 por Andreas Libavius, aborda esse forte caráter experimental do que viria futuramente ser a Química. Trata-se do livro *Alchymia*, que sistematizado para o ensino de “Química”, relata a construção de uma “casa” química hipotética, chamada *Domus chymici*, com laboratório, salas para cristalização, banhos de água, reagentes; descreve capelas, fornos, vidrarias e procedimentos químicos (GREENBERG, 2009). Assim, a abordagem desse aspecto experimental da Química mostrou-se muito relevante no ensino, podendo trazer grandes contribuições – para a educação básica e, principalmente, para a superior – desde que conduzida de forma adequada (GONÇALVES, 2005).

No Brasil, estudos mostram que, entre 1841 e 1929, a Química aparecia nos currículos escolares principalmente a partir da 5ª série do secundário, inspirados nos liceus europeus, sendo que eram indicados cerca de dez livros didáticos, na maioria franceses (LORENZ, 2002). Naquele período, as propostas experimentais em livros de Química eram praticamente inexistentes, ainda que as obras abordassem muitos exemplos de fatos experimentais nas partes de Química descritiva (MORI; CURVELO, 2014; SAMPAIO; SANTOS, 2007). Arthur (2011) aponta a existência de apenas um livro didático de Química com propostas experimentais naquele período, porém os experimentos tinham uma abordagem empirista-indutivista, se resumindo a experimentos confirmatórios de teorias ou demonstrações ricamente explicadas sem cunho investigativo.

Posteriormente, na década de 1930, a reforma de Francisco Campos sugere o trabalho de uma Química mais próxima ao cotidiano, porém os experimentos nos livros da época não atendiam a esse quesito, sendo do tipo “livro de receitas” (SCHNETZLER, 1981; ARTHUR, 2011). Essa abordagem experimental continua até meados dos anos 1980, que é quando aparecem nos livros didáticos de Química os primeiros experimentos propondo algumas explorações.

As propostas de atividades experimentais que abandonam a abordagem empirista-indutivista começam a aparecer com mais frequência nos livros do período

compreendido entre 1996 e 2010, análise realizada e registrada na dissertação de mestrado de Arthur (2011). Assim, o estudo mostra uma evolução, em relação às propostas de trabalho do aspecto experimental da Química na escola, o que evidentemente não garantia a implementação efetiva delas pelos professores da área na prática.

A experimentação em Química é importante, tanto na formação de professores quanto na educação química escolar. De fato, há cerca de 2300 anos, Aristóteles já defendia a importância da experiência, quando afirmou que “quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento” (*apud* GIORDAN, 1999, p.43). Também Piaget apontou a importância disso ao afirmar que “a incrível falha das escolas tradicionais, até estes últimos anos inclusive, consiste em haver negligenciado quase que sistematicamente a formação dos alunos no tocante à experimentação” (*apud* GIOPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998).

Numa época em que a oferta de distrações para os estudantes está literalmente na palma da mão e é absurdamente diversa, trabalhar em sala de aula tornou-se um desafio grande para o educador moderno, que precisa utilizar metodologias adequadas e muita criatividade para auxiliar em sua prática, tentando chamar mais a atenção dos alunos. Nesse sentido, a utilização da experimentação em Química como ferramenta educacional – abordagem nada atual, muito pelo contrário – vem hoje reforçar-se como um excelente recurso para imersão dos alunos no aprendizado dessa Ciência.

Os professores que realizam aulas experimentais relatam um aumento nos níveis de aprendizagem e interesse dos alunos nas aulas (GIORDAN, 1999). Porém, esse entendimento e desejo que a experimentação seja incluída na prática docente de educadores em Ciências podem conduzir à falsa crença de que atividades experimentais sejam as promotoras incondicionais da aprendizagem discente (SILVA; ZANON, 2000), chegando até a serem apontadas como a solução para os problemas no ensino de Ciências. Mesmo que a experimentação não tenha sido efetivamente adotada no ensino de Ciências e química nas escolas, mas sim no ensino superior, “uma implicação da crença exposta pode ser a disseminação de experimentos nos quais se sobressai um ativismo/experimentalismo em que o fazer, mini-

mamente permeado por uma reflexão teórica, é o aspecto mais relevante” (GONÇALVES; DE BRITO, 2014, p. 20).

Várias pesquisas apontam que a experimentação não proporciona, obrigatoriamente, uma efetiva aprendizagem (BARBERÁ; VALDÉS, 1996), ainda mais se as atividades experimentais não forem planejadas e conduzidas de forma correta. A falta de capacitação dos professores pode levar ao experimentalismo, que tem pouco impacto na aprendizagem; também pode reforçar nos estudantes a ideia de que a Ciência se desenvolve e busca respostas somente através da experimentação (HODSON, 1998). Isso também pode levar à crença na existência de um único método científico:

Segundo as discussões da epistemologia contemporânea da Ciência, a ideia de que existe um único método científico é insuficiente para explicar a complexidade da produção científica, de modo que não cabe ao ensino de Ciências valorizar e se apoiar em tal mito. Além disso, faz-se necessária a ideia de enfrentar o entendimento de que a observação ocorre independente da teoria como creem os indutivistas do “método científico” (GONÇALVES; DE BRITO, 2014, p. 21).

Outra crença que deve ser desfeita é a de que a experimentação é obrigatoriamente promotora de motivação nos estudantes. Isso nem sempre será verdadeiro, como aponta Hodson (1998) ao afirmar que até mesmo fatores como idade e sexo devem ser levados em consideração, quando pensa-se em trabalho experimental no ensino de Ciências, já que motivação é um fenômeno complexo. Há alunos que podem apresentar aversão ao trabalho em laboratório, configurando essas atividades como empecilhos à aprendizagem. Daí a importância de o professor conhecer e dialogar com seus alunos.

Além disso, pesquisas mostram que até mesmo a alta motivação dos alunos para trabalhos experimentais pode diminuir à medida que vão realizando tais aulas com determinada frequência (GALIAZZI et al., 2001).

Dessa forma, a educação em Ciências é um campo vasto e complexo, mas cheio de novas pesquisas que levantam e analisam problemas, apontando de forma crítica possíveis caminhos a serem tomados, como por exemplo, a adoção de práticas experimentais. Essa abordagem no ensino de Ciências pode ser uma poderosa aliada na promoção da aprendizagem e motivação, porém há que se ter noção de suas limitações, reflexões sobre como introduzir e conduzir esse trabalho com os

alunos, bem como conhecer um pouco das diferentes metodologias existentes hoje em dia para o trabalho experimental no ensino, como será apresentado na sequência.

### **3.4 Experimentação investigativa e curiosidade científica**

*Inquiry-based Learning* (IBL) ou *Educação Baseada em Investigação* consiste em uma abordagem didática que pode englobar diferentes estratégias centradas no aluno, que não mais apenas ouve e copia o que o professor fala. Essa abordagem surgiu nos Estados Unidos na década de 1930, mas só ganhou força a partir nas décadas de 1950 e 1960. A proposta emerge como uma alternativa ao modelo diretivo de ensino, que assumia, por exemplo, que a Ciência era um corpo de conhecimentos que deveria ser aprendido pelos alunos diretamente do professor (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2008).

No início do século XX os Estados Unidos experimentaram algumas crises na economia, desemprego e falência do sistema fabril, tornando o contexto propício para mudanças. John Dewey, do movimento progressista, propõe ideias de uma educação escolar diferente da tradicional, para que os jovens desenvolvessem o pensamento reflexivo, trabalhassem suas capacidades intelectuais, fossem mais ativos na busca por soluções e assim pudessem ajudar a construir uma sociedade mais humanizada e com valores democráticos (ANDRADE, 2011; BARROW, 2006).

Nesse sentido, o foco da educação em Ciências no cenário norte-americano, especialmente a partir da década de 1960 foi a investigação. O país buscava, dessa forma, cativar os alunos para estudo de Ciências e preparação de indivíduos para tornarem-se cientistas. Esse programa forte em Ciências, que perdurou por cerca de trinta anos, visava a segurança nacional, dentre outros objetivos (DEBOER, 2006).

Apesar de, na época, a comunidade escolar adotar a ideia com bastante entusiasmo, era comum o relato de professores incomodados com a implementação da proposta, alegando problemas com equipamentos e planejamento; dúvidas sobre a condução de atividades; insegurança em lidar com experimentos propostos e conduzidos pelos alunos; e controle das turmas na implementação das atividades. Era claro e compreensível que a falta de capacitação e experiência dos professores com uma metodologia diferente da tradicional eram empecilhos significativos na imple-

mentação da mudança (BORGES, 2002). Mas para auxiliar nesse sentido, a *National Research Council* fez, na época, diversos estudos, orientações e publicações, ressaltando as vantagens da adoção do ensino por investigação, especialmente para a educação em Ciências (DEBOER, 2006).

No Brasil, o trabalho com atividades investigativas no ensino de Ciências tem sido muito evidenciado nos últimos 20 anos como uma abordagem criativa e diferenciada, ainda mais numa época em que o excesso de informação induz o aluno contemporâneo a questionar até que ponto a escola tradicional é necessária. Mas a implementação de atividades dessa natureza exige que professores que trabalham de forma tradicional mudem o seu papel, quebrem sua rotina e enfrentem os desafios naturais que se impõem em qualquer processo de mudança.

Um estudo sobre a adoção de atividades investigativas de Ciências por professores do Ensino Fundamental foi conduzido por Santana e Franzolin (2018), que apontam: desmotivação dos professores por falta de tempo para um necessário planejamento de atividades investigativas, falta de capacitação para tal, insegurança, falta de auxílio na implementação e grande número de alunos para atender em cada turma. Esses são pontos críticos a serem considerados, já que ter segurança sobre a abordagem, preparo e planejamento adequados são de extrema importância para o alcance de êxito, como será apontado na sequência.

Apesar de o ensino por investigação ter longa história no ensino de Ciências, ainda persistem ideias erradas sobre as características dessa abordagem didática. Por exemplo, há a crença de que atividades investigativas são necessariamente práticas ou experimentais, mas Munford e Lima (2007) apontam essa ideia como equivocada, já que há diversas atividades investigativas sem envolver experimentos, além de que há muitas atividades experimentais com nenhum viés investigativo.

Esses autores também indicam o equívoco de muitos na crença de que toda atividade investigativa deva ser bastante aberta – aquela em que o nível de autonomia dos alunos é alta e pouca orientação do professor é necessária para o alcance de êxito. No caso de atividades investigativas com alunos de ensino fundamental ou médio, por exemplo, deve haver um acompanhamento mais próximo, com orientações por parte do professor, principalmente quando têm abordagem experimental, já que crianças e adolescentes têm pouca ou nenhuma experiência e familiaridade com equipamentos e procedimentos em laboratório.

São antigas as reflexões e pesquisas sobre o laboratório didático e o papel da experimentação no ensino de Ciências em geral. Mas usar a experimentação apenas como uma forma de verificar o que já foi ensinado em sala de aula é uma forma tradicional de se trabalhar que tem recebido muitas críticas (SHILLAND, 1999; HODSON, 2005; MARCONDES, 2009; LAMBA, 2015). Elementos que façam o aluno explorar mais os experimentos são desejados, e atividades experimentais podem ser elaboradas de diversas formas nesse sentido, dependendo das condições operacionais e do nível de abertura que se dá aos alunos – grau de liberdade e autonomia que os alunos têm para explorar os experimentos de forma segura (HOFSTEIN, 2015).

Toledo e Ferreira (2016) indicam que atividades experimentais são recursos valiosos para elevar a motivação e ampliar a aprendizagem, independentemente se usada na introdução ou na contextualização de um tema. Porém, para isso, devem trazer consigo mais do que cores e transformações explosivas, devendo priorizar a construção de um ambiente que auxilie o aluno a assumir seu papel de agente do próprio aprendizado, estimulando a autonomia, a reflexão e o senso crítico discente.

Nesse sentido, a metodologia investigativa aplicada às atividades experimentais pode ser ideal, tendo grande potencial de desenvolver nos alunos habilidades procedimentais, atitudinais e cognitivas. Essa abordagem exige que o aluno, a partir de uma situação problema, elabore uma hipótese, obtenha dados e os coloque sob julgamento, confirmando-a ou rejeitando-a. O professor não atua como uma fonte de informações, mas como um guia das atividades, interações e discussões (LAMBA, 2015).

Historicamente, a contribuição de Francis Bacon, no século XVII, para elaboração do método científico veio da sua percepção acerca da necessidade de se substituir uma simples observação, como era feita por Aristóteles, por uma observação efetuada em circunstâncias padronizadas através de procedimentos protocolados (TOLEDO; FERREIRA, 2016). Atualmente, em pleno século XXI, essa realidade está ainda mais evidente, embora as interpretações sobre qual das diversas abordagens utilizar ainda gerem discussões (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Em todos os casos, concorda-se que essas atividades são sempre baseadas em problemas, o que poderia também ser aplicado de forma análoga, com adaptações, ao ensino. Nesse caso, os alunos devem resolver alguma questão problemática – mesmo que

simples. Isso se apresenta muito diferente da abordagem tradicional de ensino, no qual o professor tem a preocupação de desenvolver uma lista de conteúdos, muitas vezes de modo expositivo, sem proporcionar aos alunos uma reflexão mais profunda.

No trabalho com a experimentação investigativa há muitos elementos associados ao trabalho científico. Porém, o professor deve entender que o foco é a aprendizagem, não esperando que seus alunos venham a realizar descobertas no laboratório didático (AZEVEDO, 2004). Esse deve ser um local para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos, oportunizando a eles questionarem, planejarem, analisarem dados, avaliarem criticamente suas conclusões e reconstruírem suas ideias (HOFSTEIN; KIPNIS; ABRAHAMS, 2013; SUART; MARCONDES, 2008).

Somado a isso, o trabalho fica ainda mais rico quando as atividades investigativas envolvem o contexto social em suas discussões com os alunos, sendo algo desejável na educação científica. Silva et al. (2018, p. 241) complementam nesse sentido ao afirmarem que “o ensino de Ciências deve provocar nos estudantes atitudes questionadoras diante dos conhecimentos científicos, como uma forma de privilegiar uma postura crítica, frente a fenômenos da natureza interpretados a partir de seus contextos sociais”. Essa “atitude questionadora” que os autores mencionam pode ser estimulada nos alunos ao dar-se abertura em aula, aproveitando que a curiosidade é algo da natureza humana e o ato de perguntar é fundamental para a formação do sujeito como parte do existir humano. Isso tem estreita relação com a aprendizagem, já que o questionar e ser questionado ativa o raciocínio e estimula a busca do comunicar e pesquisar (FREIRE; FAUNDEZ, 2011).

Dentre os vários benefícios do ensino por investigação, que aí incluem a experimentação com esse viés, está o de se valorizar e trabalhar a curiosidade científica nos alunos. Isso é desejável quando se busca uma formação mais completa do aluno, considerando suas potencialidades:

A criatividade e a consciência são elementos indispensáveis para o desenvolvimento da personalidade e da capacitação para autonomia, discernimento e responsabilidade pessoal, portanto, fundamentais na construção do conhecimento educacional. Para isso, a educação deve considerar todas as potencialidades do indivíduo: memória, raciocínio, sentido estético, capacidades físicas, aptidão para comunicar-se (CAPECCHI; GOMES; MARQUES, 2017, p. 693).

Essas são questões importantes e que, muitas vezes são ignoradas na escola. Referente à experimentação no ensino, que não explora o lado criativo dos alunos, Bachelard, um expoente na filosofia das Ciências e conseqüentemente na educação nessa área, criticava o modo engessado e inapropriado de se ensinar, que se utilizava de velhas concepções: “É ainda esta Ciência para filósofos que ensinamos às crianças. É a Ciência experimental das instruções ministeriais: pesem, meçam, contem” (BACHELARD, 1947, p. 18).

Estimular a curiosidade e criatividade na escola para maior aprendizagem vai ao encontro do que é apontado, especialmente nas duas últimas décadas, por pesquisas na área da neurociência e educação: a *neuroeducação*. Não é objetivo aqui discutir e aprofundar a neuroeducação, mas sim reconhecer que várias práticas pedagógicas que são estudadas e indicadas há décadas, para beneficiar os processos de ensino-aprendizagem, agora tem apoio teórico-metodológico sobre como o cérebro aprende (COSENZA; GUERRA, 2011; RELVAS, 2010).

Nesse contexto, Domingues (2007), em seu livro sobre neurociência e educação, ressalta a importância também da criatividade por parte do professor em sua ação pedagógica, no sentido de trabalhar estímulos, já que tornam a aprendizagem mais efetiva:

O educador deverá gerar emoção, expectativa, curiosidade, ser diferente em suas colocações, terá que ser artista e criativo, não sendo jamais monótono. Quanto mais estímulos sensoriais forem ativados (visual, auditivo, tátil, olfativo, gustativo), maior será a capacidade ou o aprofundamento de percepção. É o que fazem as crianças pequenas que estão descobrindo o mundo. A variedade e diversidade de recursos (visual, auditivo, em movimento...) é de grande valia na formação da memória (DOMINGUES, 2007, p. 128).

Subestima-se a importância da imaginação e criatividade na escola, principalmente em relação às Ciências. Isso porque faz parte do imaginário popular que a criatividade está atrelada exclusivamente às artes (GLĂVEANU, 2014). E também é falsa e simplista a ideia de que “cientistas não são criativos e artistas não são analíticos” (LIMA, 2015).

Plaza (1996) analisa a Ciência e a Arte, levantando as seguintes observações:

Comparando a criação científica e a artística observamos que na origem do ato criador o cientista não se diferencia do artista, apenas trabalham materiais diferentes do Universo. Ciência e arte têm uma origem comum, na abdução ou capacidade para formular hipóteses, imagens, idéias, na colocação de problemas, e nos métodos infralógicos, mas é no seu desempenho e "performance" que se distanciam enormemente, como nos processos mentais de análise e síntese (PLAZA, 1996, p. 40).

Assim, na Ciência e na Arte o dispositivo cognitivo fundamental é o mesmo, isto é, uma relação próxima entre a imaginação criadora e a observação. Essa imaginação criadora foi considerada por Bachelard uma das forças da audácia humana (CACHAPUZ, 2015).

Há de fato diferenças entre a criatividade nas artes e nas Ciências, mas que se restringem ao fim alcançado por elas. Nas artes a criatividade é praticamente sem limites, na qual até mundos imaginários podem ser criados e as formas novas e chocantes podem ser muito valorizadas, tendo apenas a ética como limitação. Já nas Ciências, a criatividade tem como fim algo concreto e, em ambos os casos, essa característica é fruto das complexas relações da mente com o ambiente físico, social e cultural (DAMASIO, 2001).

Quando se deseja oportunizar aos alunos o exercício da criatividade no laboratório de Química, não significa que somente atividades experimentais com maior liberdade por parte dos alunos, as ditas atividades "abertas", sejam as ideais. Fornecer aos alunos os reagentes e vidrarias e esperar que explorem livremente e façam descobertas pode ser perigoso, tanto por questões de segurança, quanto por questões pedagógicas.

Não há problemas em aplicar experimentos "fechados", ou seja, com total controle do professor, já que para muitos alunos pode ser a primeira vez que observam uma reação química ou têm contato com fenômenos específicos. Agora, se há condições de os alunos conduzirem e controlarem o experimento, com supervisão do professor, abrem-se novas possibilidades de exercitar a criatividade, de levantar hipóteses e elevar o grau de argumentação (LECHTANSKI, 2000). O ideal é que o professor seja sensível para avaliar como introduzir atividades com maior grau de abertura, caso deseje incluir atividades experimentais em sua prática, planejando as atividades de maneira crítica, razoável e responsável, deixando claro os limites e regras.

A experimentação investigativa é um exemplo de trabalho prático que fomenta a criatividade na escola e que oportuniza ao aluno o exercício da autonomia e protagonismo em seu próprio processo de aprendizagem, se afastando assim da prática do ensino tradicional. Isso é desejável na formação de crianças e jovens na escola, visto que é inegável que as profissões do futuro necessitarão de indivíduos cada vez mais criativos, críticos, com iniciativa e que sejam capazes de encontrar soluções originais para problemas inesperados e complexos (LIMA, 2015).

O planejamento e posterior desenvolvimento de uma atividade experimental investigativa requerem, junto aos alunos: (a) um trabalho prévio com fundamentação teórica específica e contextualização do tema que se pretende explorar; (b) um trabalho prévio no laboratório (ou ambiente em que se pretenda desenvolver a experimentação), que vise à familiarização dos alunos com os equipamentos, vidrarias ou procedimentos experimentais; (c) iniciar a atividade principal de investigação a partir de uma pergunta – elaborada pelo aluno ou pelo professor; (d) possibilitar aos estudantes que desenvolvam a atividade, observem, anotem, elaborem hipóteses e as testem, refaçam o experimento na íntegra ou com adaptações – nesse caso, o professor deve ser consultado para avaliar se a adaptação é segura para ser conduzida; (e) haja um momento de socialização dos resultados entre os alunos de diferentes grupos e discussão geral para conclusões (SILVA, 2011; BIANCHINI; ZULIANI, 2009; FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010).

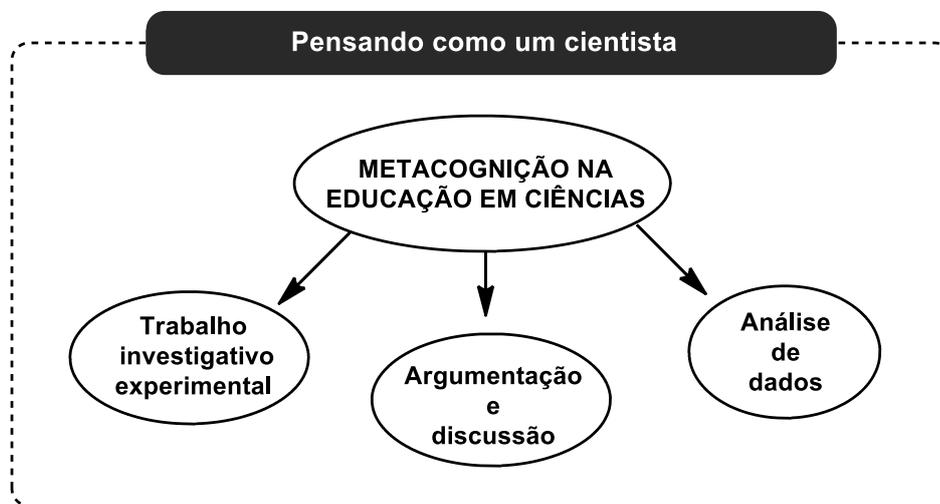
Alunos envolvidos em atividades experimentais investigativas em laboratório de Ciências mostram significativos ganhos como: habilidade de formular hipóteses, planejar e executar investigações, realizar minuciosas observações, coletar dados, analisar e interpretar variáveis e resultados, e sintetizar novos conhecimentos. Além disso, esse tipo de atividade pode promover curiosidade, criatividade, responsabilidade e satisfação (RAGHUBIR, 1979; LECHTANSKI, 2000). Essas atividades fazem com que os alunos, quando devidamente engajados, tenham um papel intelectual mais ativo durante as aulas, o que reflete na qualidade da aprendizagem.

Kipnis e Hofstein (2008) afirmam que quando alunos se envolvem em atividades experimentais investigativas eles praticam a metacognição, ou seja, têm a oportunidade de despertar a consciência sobre seu processo de aprendizagem. Os cursos de laboratório com foco na abordagem investigativa têm sido úteis para fazer com que os alunos desenvolvam hipóteses, elaborem projetos e promovam o pen-

samento crítico. Os cientistas muitas vezes empregam habilidades de pensamento metacognitivo ao enfrentarem seus problemas de pesquisa (MURTHY; THOMPSON; HUNGWE, 2014).

Assim, processos metacognitivos podem ser promovidos via experimentação investigativa, argumentação, análise de dados e discussão, sendo que todas essas são habilidades que podem auxiliar os alunos a pensarem mais como cientistas (Figura 7).

Figura 7: Esquema sobre metacognição na educação em Ciências.



Fonte: autoria própria

Além disso, uma vez promovida a metacognição, um ciclo pode se estabelecer, no qual a metacognição auxiliará na regulação dos processos de investigação, argumentação e análise de dados em futuros trabalhos experimentais com esse viés investigativo.

Silva (2011), em sua dissertação de mestrado, investigou aspectos relacionados à elaboração de atividades experimentais investigativas. A partir disso, a autora propôs uma classificação em quatro níveis, de acordo com a *proximidade à abordagem investigativa*, a qual foi adotada para classificação das atividades utilizadas neste estudo e que serão detalhadas na metodologia. O Quadro 2 mostra os quatro níveis, de N1 a N4, e suas características.

Quadro 2: Níveis de aproximação a uma atividade investigativa (SILVA, 2011).

	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
<b>Nível</b>	Não apresenta características investigativas.	Tangencia características investigativas.	Apresenta algumas características de atividade investigativa.	Atividade investigativa.
<b>Objetivo</b>	Tópicos a serem estudados ou conteúdos específicos.	Habilidades genéricas e tópicos a serem estudados.	Habilidades e competências específicas.	Habilidades e competências específicas relacionadas ao assunto estudado.
<b>Problematização</b>	Não apresenta.	Questões sobre o assunto estudado (com o intuito de organizar ou introduzir o assunto, podem ou não ser respondidas).	Questões relacionadas ao assunto estudado que são retomadas durante o experimento.	Problema a ser resolvido por meio da atividade experimental, da busca de informações e de discussões.
<b>Elaboração de Hipóteses</b>	Não há.	Elaborada pelo aluno para uma situação específica que não é explorada.	Elaborada pelo aluno para uma situação específica que será explorada na atividade.	Elaborada pelo aluno a partir da problematização.
<b>Atividade Experimental</b>	Experimento por demonstração: o aluno observa o que o professor apresenta sem interação.	Experimento por demonstração ou realizado pelo aluno a partir de um procedimento dado.	Experimento realizado pelo aluno a partir de um procedimento dado com algum grau de decisão no procedimento (massa, volume, concentração)	Experimento realizado pelo aluno a partir de um procedimento inicial e completado ou sugerido por ele.
<b>Questões Conceituais para os Alunos</b>	Não exploram os dados obtidos na atividade.	Exploram parcialmente os dados obtidos na atividade prática, solicitando ou não conclusões parciais.	Exploram os dados obtidos na atividade prática exigindo uma conclusão.	Exploram os dados obtidos na atividade prática exigindo uma conclusão ou a aplicação em novas situações.
<b>Sistematização dos Conceitos</b>	Realizada exclusivamente pelo professor ou não apresentada.	Sem encaminhamento de questões de análise e de exploração da hipótese.	A partir dos resultados das análises propostas e exploração das hipóteses.	A partir das análises dos resultados, do confronto das ideias iniciais e finais, da exploração das hipóteses e das respostas ao problema proposto.
<b>Características do Experimento</b>	Verificação ou ilustração de conceitos.	Apresenta características de verificação, porém com uma exploração conceitual inicial.	Apresenta características investigativas devido ao tipo de questões de análise dos dados.	Investigativo, busca resolver o problema proposto.

Fonte: tabela por SOUZA et al., 2013, a partir de SILVA, 2011.

Muitos autores abordam sobre *níveis de abertura* para atividades experimentais (SCHWAB, 1962; HERRON, 1971; TAMIR, 1991; PRIESTLEY, 1997; BORGES,

2002). Esses níveis variam com a proporção em que o professor facilita a exploração da proposta experimental, a formulação de hipóteses e os resultados.

Nesse sentido, Tamir (1991) propôs a categorização da abertura de atividades de cunho investigativo com o uso de um esquema de análise que leva em consideração a maior ou menor liberdade dos alunos nas escolhas e/ou desenvolvimento das seguintes áreas do processo experimental: (i) *problemática a ser investigada*, (ii) *procedimentos experimentais*, e (iii) *coleta de dados e elaboração de conclusões a partir desses*. Para esse autor, as propostas de experimentos desenvolvidas numa abordagem puramente tradicional seriam análogas a um “livro de receitas”, nos quais o problema, os procedimentos e os resultados ficariam a cargo do professor, sendo fornecidos aos alunos, o que caracterizaria um baixo nível de abertura da atividade.

Esse tipo de abordagem tradicional evidencia maior foco no experimento em si do que nos meios para alcançá-lo. Tratam-se de experimentos abordados de forma superficial, que esterilizam a imaginação e iniciativa, não deixam espaço para hipóteses e discussão de erros, apresentam alto grau de memorização e repetição, além de alta dependência de um roteiro e instrutor. Os alunos nessas atividades têm pouco do que aprendem e têm dificuldades em aplicar o que sabem (GALLET, 1998).

Já no outro extremo, de atividades experimentais abertas, as três áreas do processo de experimentação - *problema de pesquisa, procedimentos e resultados* – ficariam a cargo dos alunos. Herman (1998) incentiva professores de Ciências a incorporarem aspectos investigativos às atividades experimentais em laboratório, fornecendo instruções básicas do experimento e deixando a análise de dados ou a formação de hipóteses abertas, exigindo que os alunos sejam mais ativos nessas aulas.

O Quadro 3 ilustra isso de forma resumida, classificando a abertura de atividades experimentais investigativas em quatro níveis: de 0 a 3, que aqui serão representadas por A0 a A3, para não haver confusão com os níveis de argumentação que serão abordados posteriormente.

Quadro 3: Níveis de abertura de atividades experimentais investigativas propostos por Tamir (1991).

Elementos de uma Atividade Experimental Investigativa	Níveis de Abertura de Atividades Experimentais Investigativas			
	A0	A1	A2	A3
 PROBLEMA				
 PROCEDIMENTOS				
 CONCLUSÕES				



A cargo do professor



A cargo dos alunos

Fonte: autoria própria, a partir de Tamir (1991).

Conforme o Quadro 3, o menor nível de abertura, representado por A0, é aquele considerado totalmente fechado, no qual os alunos recebem o problema do professor, recebem o passo-a-passo do experimento e já sabem o resultado antecipadamente. É típico de atividades experimentais de confirmação e também de atividades demonstrativas. No nível A1, fica a cargo do professor a apresentação do problema e do roteiro experimental, já os alunos ficam encarregados da elaboração das conclusões a partir da coleta e tratamento de dados. No nível A2, apenas a situação problema é fornecida, ficando a cargo dos alunos a elaboração e condução do procedimento e conclusões. Por fim, no nível de abertura A3, fica a cargo dos alunos toda a proposta, desde a escolha da problemática a ser investigada até as conclusões.

A realização de experimentos mais abertos no ensino de Ciências é um exemplo de proposta que questiona o método “livro de receitas” que se preocupa mais com o experimento em si do que os meios para o alcançar e o compreender. Os graus mais abertos de experimentação investigativa rompem com o alto grau de memorização e dependência do professor, aumentam o grau de retenção dos assuntos abordados, facilitam a aplicação do que se aprende, além de abrir espaço para tomada de decisões e formulação de hipóteses (GALLET, 1998).

Assim, Tamir (1991) propõe, acima de tudo, uma reflexão sobre o modo de se trabalhar a experimentação no ensino, sendo que essa flexibilização tem por objetivo o aumento da motivação do aluno, o desenvolvimento de suas habilidades de investigação e realização, além de oportunizar aos alunos o contato com parâmetros que são fundamentais para o método científico.

Diante do que foi exposto e em linhas gerais, a aprendizagem baseada em investigação é uma estratégia de ensino centrada no aluno com intuito de aproximar os conhecimentos científicos dos conhecimentos escolares. E atualmente a sua adoção emerge como uma finalidade a ser alcançada na educação de Ensino Médio do país. Isso é expresso no último documento oficial do governo para a educação, homologado em dezembro de 2018: a *Base Nacional Comum Curricular*, BNCC (BRASIL, 2018). O documento expressa que

a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BRASIL, 2018, p. 550).

O documento também menciona que a abordagem investigativa no ensino de Ciências da Natureza deve promover o protagonismo do aluno brasileiro do Ensino Médio em relação a sua aprendizagem e na aplicação do conhecimento científico construído. Que essa etapa final da educação básica deve contemplar “desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental (BRASIL, 2018, p. 551)”.

Em suma, foi pelas características da experimentação investigativa, discutidas nesta seção, no sentido de melhorar a aprendizagem e contribuir para a formação de um aluno com papel mais ativo em aula que, neste trabalho, procurou-se investigar como essa abordagem no laboratório de Química poderia contribuir na construção de argumentos pelos alunos. Esse importante aspecto será discutido na seção seguinte.

### 3.5 Argumentação no ensino de Ciências

A linguagem une os seres humanos enquanto espécie, permitindo a comunicação – diálogos, expressar sentimentos, manifestação de ideias e opiniões – além de importante elemento no que concerne ao armazenamento do conhecimento a ser compartilhado (CHOMSKY, 1977). Vigotsky (2008) já apontava a íntima relação entre pensamento e linguagem, quando considerava as funções cognitivas especificamente humanas.

No que se refere ao ensino de Ciências, é importante atentar para como a linguagem se efetiva na escola, tanto aquela utilizada pelos professores, como aquela utilizada pelos alunos. Bargalló (2005) compara a aprendizagem de Ciências com a aprendizagem de um novo idioma, afirmando que não se trata somente da aquisição de vocabulário, mas também do reconhecimento da estrutura gramatical da nova língua. No caso do conhecimento científico, há também uma estrutura própria, a qual é sistematizada pela linguagem. Dessa forma, a aprendizagem de Ciências requer compreensão de sua estrutura, a fim de alcançar a alfabetização científica.

Os cientistas constroem a Ciência por meio de argumentação. Eles consomem muito tempo avaliando, criticando e defendendo as evidências para convencer os outros em favor de seus argumentos (SAMPSON; ENDERLE; GROOMS, 2013). No *Dictionnaire de l'argumentation* (PLANTIN, 2016), a Ciência – Química, Física, Biologia, Medicina etc – é reconhecida como um dos múltiplos domínios em que a argumentação é central.

Em relação à escola, fazer com que os alunos tenham contato com aspectos da argumentação científica é desafiador, já que são exigidas deles certas habilidades específicas para um envolvimento produtivo com argumentação científica, tais como: a capacidade de compreender e usar algum tipo de estrutura conceitual (teorias, princípios, leis, modelos etc) para avaliar um problema; e a capacidade de construir e comunicar o conhecimento como um processo de interação social (DUSCHL; SCWEINGRUBER; SHOUSE, 2007).

Nessa perspectiva, e entendendo que argumentação e suas relacionadas refutações são elementos inerentes ao progresso da Ciência, muitos pesquisadores têm se interessado em investigar processos argumentativos na escola e na universidade, o que tem evidenciado o seu papel formador enquanto componente e meio

para o ensino de conteúdos e de práticas epistêmicas, especialmente os científicos (MIRZA; PERRET-CLERMONT, 2009; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). A linguagem científica é baseada em argumentos, portanto, aos alunos deve ser dada a oportunidade para “falar Ciência” (LEMKE, 1990).

O trabalho com argumentação na educação exige disposição e ações específicas por parte do professor, que deve procurar manter uma prática de desenvolvimento de ações que estimulem a produção de argumentos, além de estar atento para não deixar passar oportunidades de os alunos usarem argumentos em seus discursos, sejam de forma espontânea ou intencional (LEITÃO, 2011). Vieira e Nascimento (2013) mencionam que documentos oficiais, em âmbito nacional e internacional, afirmam a necessidade de se trabalhar com argumentação na escolar. E esses autores destacam ainda os seguintes benefícios na formação do aluno:

Dentre as várias características formadoras associadas à argumentação em sala de aula, destacamos: (1) Potencial para desenvolver compreensões conceituais e epistêmicas dos estudantes; (2) Possibilidade de os estudantes construírem afirmações baseadas em evidências, podendo refletir e criticar suas próprias afirmações e as dos colegas, o que leva ao desenvolvimento do pensamento crítico; (3) Argumentação em salas de aula é publicamente reconhecível; assim, o pensamento dos estudantes pode ser avaliado pelo professor e por seus colegas; (4) Por meio da articulação de afirmações baseadas em evidências, discurso crítico e reflexão, processos cognitivos de ordem superior podem ser desenvolvidos; (5) Por fim, associamos à prática argumentativa a possibilidade de os estudantes desenvolverem autonomia em tomadas de decisões conscientes, em que eles podem assumir papel ativo na autorregulação de suas próprias ações. O desenvolvimento da autonomia consequente dos estudantes é um dos objetivos mais importantes para a educação e, em particular, para a educação em Ciências (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013, p.16).

Assim, os autores pontuam vantagens que são desejadas numa educação contemporânea, que busca a formação de um aluno: crítico; reflexivo; com autonomia; que saiba se expressar, negociar e defender ideias; e apto a aplicar seus conhecimentos na escola e na vida. Dessa forma, saber argumentar constitui-se numa habilidade em que o indivíduo consegue se expressar e organizar o pensamento de forma exitosa. O desenvolvimento dessa habilidade não é algo trivial, mas que pode e deve ser estimulado no ambiente escolar através de atividades apropriadas.

No ensino de Ciências, a argumentação é diferente daquela usada na vida diária, não se tratando de uma “troca acalorada” de opiniões e emoções com intuito de derrotar a opinião do rival. De fato, trata-se de um discurso lógico e racional, que

visa encontrar uma relação entre ideias e evidências (DUSCHL; SCWEINGRUBER; SHOUSE, 2007).

Nesse contexto, é importante o significado da palavra “opinião”, que segundo Breton (1999) é, ao mesmo tempo, o conjunto das crenças, dos valores e das representações de mundo, sendo um ponto de vista possível. A confrontação de pontos de vista pode levar à produção de argumentos.

Assim, um argumento é um enunciado elaborado para justificar determinada opinião a fim de ser aceito por um público particular (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013). Do ponto de vista cognitivo, a formulação de um argumento é um processo conceitual, no qual habilidades de raciocínio são desenvolvidas, pois exige o estabelecimento de relações claras entre dados e conclusão.

Várias pesquisas sobre argumentação, muitas delas direcionadas ao ensino, têm utilizado o modelo do filósofo britânico Stephen Toulmin para avaliar argumentos, apesar de o modelo não versar especificamente sobre o campo da educação. O filósofo é considerado um notório pensador que criticava a concepção positivista sobre a natureza da Ciência, se enquadrando num enfoque construtivista ao lado de grandes nomes como Kuhn e Lakatos (MELLADO; CARRACEDO, 1993; NÍAZ, 1994; ARIZA; HARRES, 2002).

A obra de maior influência de Toulmin – especialmente no campo da retórica e da comunicação, Ciência da computação e educação em Ciências – é *The Uses of Argument*, no qual seu padrão de argumentação é apresentado. O autor afirma que, para um bom argumento ter sucesso, precisa fornecer uma boa justificativa para uma afirmação. Com isso, fica garantido que o argumento enfrente críticas e obtenha um veredito favorável (TOULMIN, 2006).

O padrão de argumento desenvolvido por Toulmin, *Toulmin's Argument Pattern* (TAP), oferece uma caracterização mais estrutural à argumentação, apresentando assim certas vantagens para sua adoção de maneira mais prática. Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015) afirmam:

[...] o TAP representa um argumento "prático" ou "substantivo", mais que um argumento que segue os esquemas da lógica formal, como aconteceria das premissas à conclusão; daí a sua utilidade para o propósito de estudar a argumentação como se pratica na linguagem. Enquanto a lógica formal pode ser adequada para analisar conhecimento estabelecido, esta natureza prática faz do TAP uma ferramenta útil para analisar discurso em situações em que se produz (ou se reconstrói) novo conhecimento, como laboratórios ou aulas de ciências. O modelo de Toulmin centra-se na função dos argumentos para justificar enunciados, situando a sua validade na coerência da justificação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCCOS, 2015, p. 150).

Esses são alguns dos motivos que fazem o TAP ser tão utilizado em pesquisas sobre investigação e avaliação de argumentação no ensino, em especial o ensino de Ciências. Esse padrão é um esquema para o entendimento e criação de argumentos que pode ser aplicado a situações do mundo real, ao invés de cenários mais formais usualmente presentes na Filosofia. O padrão identifica os elementos fundamentais presentes no argumento, bem como as relações existentes entre eles.

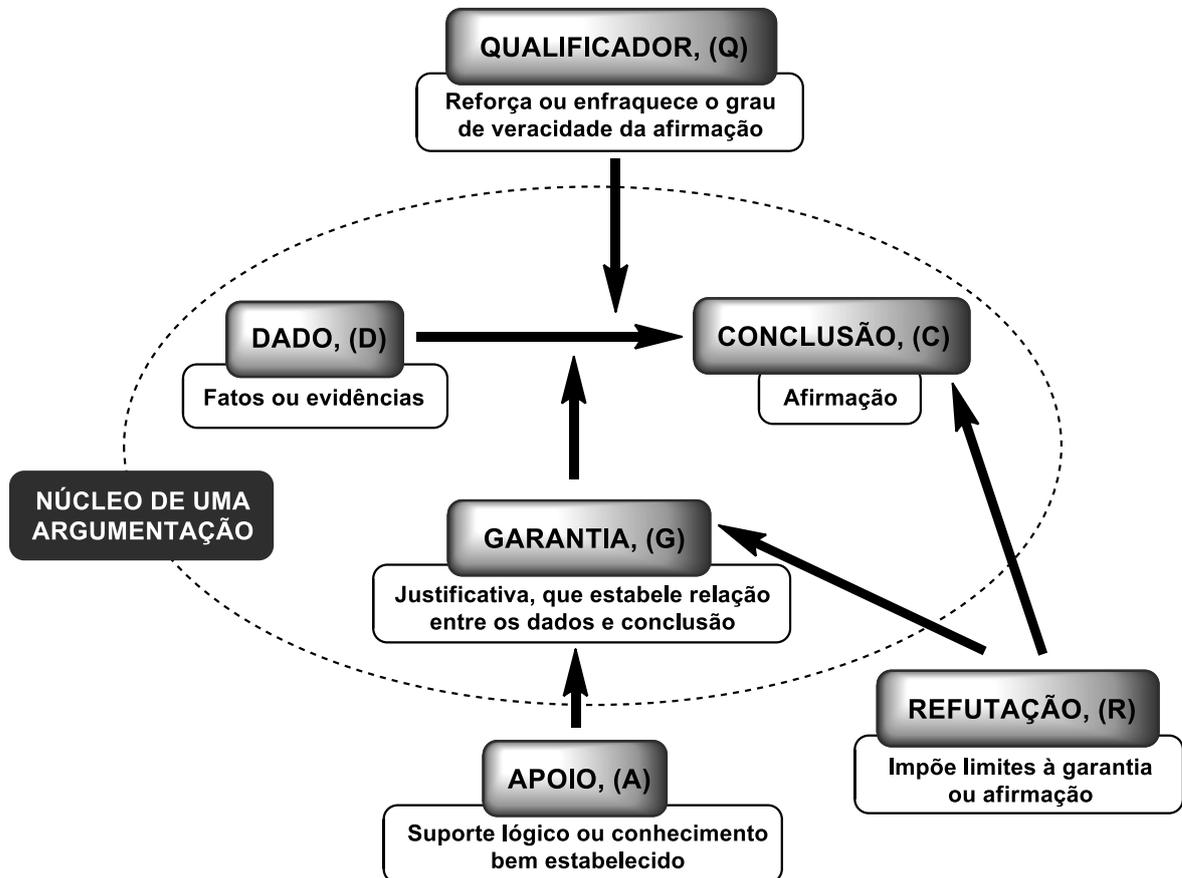
O TAP tem seis componentes, sendo três deles considerados básicos: uma *afirmação* ou conclusão (C), *dados* (D) e *justificativa* ou garantia (G) (TOULMIN, 2006). Os fatos ou dados (D) são as evidências usadas para provar uma afirmação ou conclusão (C). A garantia (G) é uma justificativa, que é de natureza hipotética e geral, tendo papel conector entre a evidência e a afirmação ou conclusão. Essas três partes são importantes para uma comunicação clara, principalmente quando se quer transmitir ideias e posicionamentos com convicção.

Em "Pedro nasceu em Porto Alegre, então ele deve ser gaúcho", a primeira parte da oração é a evidência (D) que dá suporte a afirmação de que Pedro é gaúcho (C). Nesse exemplo, a garantia ou justificativa está implícita, que seria: "Porto Alegre é uma cidade do Rio Grande do Sul e toda a pessoa nascida nesse estado brasileiro é gaúcha". A justificativa, ausente no exemplo dado, é parte importante de um processo argumentativo, porém algumas vezes o orador assume que é óbvia demais para ser explicitada. No caso de processos argumentativos mais complexos em ensino-aprendizagem ou debates em que se objetiva a construção de uma conclusão sólida, o orador deve estar seguro da clareza de sua justificativa, a fim de que o ouvinte compreenda o porquê da defesa de tal ponto de vista, sem confusão ou má interpretação.

A Figura 8 mostra a estrutura do TAP proposto por Toulmin (2006), destacando o núcleo da argumentação com os três elementos básicos (D, G, C), anteriormen-

te citados, bem como os outros três elementos que complementam esse núcleo, tornando o argumento mais rico: apoio (A), refutação (R) e qualificador (Q).

Figura 8: Padrão de argumento, segundo Toulmin (2006)



Fonte: esquema de autoria própria a partir do TAP (TOULMIN, 2006).

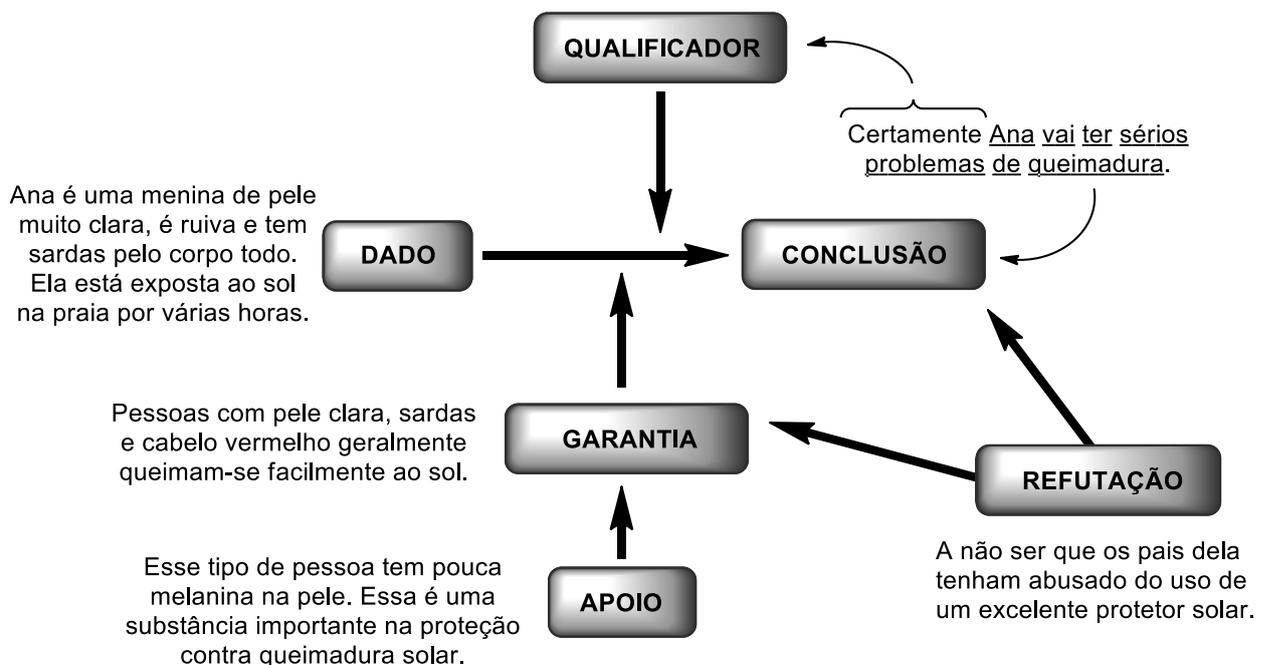
O apoio (A), refutação (R) e qualificador (Q) são aditivos que enriquecem o argumento, segundo Toulmin na proposta de seu padrão (TAP). O apoio (A) é um suporte lógico ou conhecimento bem estabelecido adicionado à justificativa, com intuito de melhor convencer a audiência. As refutações (R) têm papel preventivo contra quaisquer contra-argumentos, evidenciando em quais situações a afirmação ou conclusão pode se tornar falsa e assim impondo limites à conclusão. Já os qualificadores modais (Q) são palavras ou expressões que qualificam a afirmação final no sentido de reforçá-la ou até mesmo enfraquecê-la. São exemplos de qualificadores: *absolutamente, sempre, nunca, às vezes, geralmente, provavelmente*.

No livro *Argumentação no Ensino de Ciências*, Vieira e Nascimento (2013) apontam que essa estrutura propõe um padrão para análise de argumentos a partir de elementos lógicos com a estrutura básica: *a partir de um dado D, já que G, então C*. Também no sentido de esclarecer sobre os elementos presentes no TAP, os autores mencionam:

Esse padrão coloca a argumentação em uma célula composta de seis elementos lógicos. Primeiro, uma conclusão (C), que é afirmada sobre a base de um dado (D). Esse passo argumentativo é autorizado por uma lei de passagem (G), ela mesma retirada de um conhecimento ou base de apoio (A). A refutação (R) especifica as condições que invalidam essa passagem. Considerando os “pesos” dos elementos restritivos (refutação) e justificatórios (garantia e apoio), o qualificador modal Q (ou modalizador) atenua ou reforça o *status* da conclusão considerada (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013, p. 60).

Um exemplo da estrutura do TAP é apresentado na Figura 9 a seguir. Na situação hipotética, Ana é uma menina que está exposta ao Sol na praia com seus pais em um dia de verão muito ensolarado. Um observador, após algumas horas, levanta uma hipótese e organiza seu raciocínio, conforme o esquema organizado na Figura 9.

Figura 9: Exemplo do padrão de argumento (TAP), Toulmin (2006).



Fonte: autoria própria

No exemplo (Figura 9), o elemento (G) faz a ligação entre o dado e a afirmação, resultando em uma estrutura argumentativa mais consistente. Também no exemplo, o elemento qualificador (Q) pode chamar a atenção dos pares em uma discussão, já que “certamente” é uma palavra que deixa a conclusão com uma posição de certeza maior. Se alguém considerar o elemento “forte demais” na colocação, poderá interferir. Analogamente, outros qualificadores podem trazer fragilidade à conclusão, também estimulando a contra-argumentação, que é um aspecto positivo na manutenção de uma discussão baseada em argumentos (PLANTIN, 2008).

Uma vez que uma das características dos discursos nas Ciências é a estima pela solidez das suas proposições (CAPECCHI; CARVALHO, 2004; VIEIRA; NASCIMENTO, 2013), Capecchi, Carvalho e Silva (2002) afirmam que o TAP é uma ferramenta importante para explorar a argumentação e suas relações com o pensamento científico. Esses autores ainda ressaltam as seguintes vantagens do padrão de Toulmin: salienta o papel das evidências; relaciona dados através de justificativas de caráter hipotético; realça limitações de proposições e teorias; e destacam a capacidade de ponderação diante das evidências a partir do uso de qualificadores e refutações.

Ruppenthal (2017) reforça a importância de o professor de Ciências explorar e reconhecer o nível argumentativo de seus alunos, o que pode orientar o docente a posteriormente fazer escolhas adequadas de estratégias de ensino para a formação científica.

A autora, em sua tese de doutorado, investigou aspectos de raciocínio argumentativo, em forma escrita, de estudantes de 6º ano do Ensino Fundamental, utilizando o TAP com algumas adaptações, de forma exitosa. O estudo revelou que a investigação serviu como uma forma de avaliar a aprendizagem, visto que os alunos que alcançaram melhor compreensão dos conteúdos trabalhados organizaram seus enunciados em torno de afirmativas, justificativas e conclusões, ao contrário daqueles que pouco apreenderam significados. Isso sinalizou para a autora a necessidade da implementação de mais atividades que promovam a argumentação nas aulas de Ciências.

No caso da busca por atividades que estimulem a argumentação em discussões orais em sala de aula, sabe-se que há potencial de aumento nos níveis de aprendizagem pela promoção da interação, numa construção do conhecimento de

forma colaborativa. Essa é uma característica didática democrática, que valoriza a exploração de ideias alternativas e estimula a compreensão e respeito do ponto de vista dos outros. (TORRES, ALCÂNTARA; IRALA, 2004). Ferreira e Ibiapina (2005, p. 33) acrescentam que a colaboração no ensino possibilita

aos participantes tornarem seus processos mentais mais claros, explicitando-os ao grupo e, dessa maneira, criando possibilidades de questionamentos, expansão e recolocação do que foi posto em negociação. Esse processo implica em conflitos propiciadores de oportunidades de compreensão crítica por parte dos envolvidos sobre o que está sendo discutido (FERREIRA; IBIAPINA, 2005, p. 33).

Esse é um aspecto positivo, que se afasta das abordagens tradicionais centradas no discurso do professor e reforça a necessidade de mais exploração do assunto. A pesquisa com argumentação na educação científica é uma linha consolidada, principalmente em âmbito internacional (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BROCCOS, 2015). Mas isso não significa que seja assunto saturado, visto que muitas pesquisas atuais estão na busca por estratégias efetivas que estimulem a argumentação em sala de aula, bem como pela capacitação de professores para isso (TANG, 2016). Essa capacitação é extremamente importante, já que nem todo o docente tem uma formação adequada que o permita planejar, aplicar e lidar com situações mais ativas dos alunos em atividades didáticas que buscam a promoção da argumentação nas aulas de Ciências.

## 4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi adotado um caminho metodológico qualitativo na perspectiva de Moreira (2003) e Rosa (2013), já que a abordagem proporciona a melhor visão e compreensão do contexto do que se deseja investigar, tendo a coleta de dados de forma observacional. Moreira (2003) enfatiza que a pesquisa qualitativa tem enfoque muito forte na interpretação dos fenômenos observados, característica essa que, para ele, poderia fazer de “interpretativa” uma expressão mais adequada que “qualitativa”.

O pesquisador que escolhe esse caminho metodológico fica imerso no fenômeno de interesse, observa participativamente e

também transforma dados e eventualmente faz uso de sumários, classificações e tabelas, mas a estatística que usa é predominantemente descritiva. Ele não está preocupado em fazer inferências estatísticas, seu enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo. Interpretação dos dados é o aspecto crucial do domínio metodológico da pesquisa qualitativa. Interpretação do ponto de vista de significados. Significados do pesquisador e significados dos sujeitos (MOREIRA, 2003, p. 24).

Neste trabalho, essa abordagem permitiu a descrição e interpretação do que foi estudado, enquanto que o tratamento simples de números levantados no processo foi útil para evidenciar a magnitude dos fenômenos observados, principalmente para fins comparativos.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos utilizados na condução do estudo deste trabalho, esse é classificado como *pesquisa ação* que, segundo Rosa (2013), é caracterizado por ser um tipo de pesquisa desenvolvida enquanto a ação acontece. Ela é motivada a partir de uma reflexão, que leva à ação e posteriormente à reflexão sobre a ação. Rosa (2013) ainda aponta que, na área educacional, o entendimento de *pesquisa ação*

é associado a projetos de pesquisa nos quais o professor é o pesquisador e o objeto da pesquisa é a própria prática do docente. A ideia central é que o professor sistematize suas práticas, construindo um conhecimento de nível mais geral baseado na reflexão teórica sobre a prática, transformando, assim, em uma *práxis*. Embora este tipo de pesquisa seja também associado a práticas transformadoras da realidade da escola, seu objetivo é bem menos amplo que o sentido original (ROSA, 2013, p. 71).

Rosa (2013) complementa ainda que a ideia de transformar os professores em pesquisadores envolvidos em *pesquisa ação*, para reflexão e transformação de

sua prática, é algo muito difícil no contexto brasileiro, visto que a maioria do público docente não tem espaço para isso, ficando restrito à prática de sala de aula.

#### 4.1 Gênese, contexto e sujeitos da pesquisa

A ideia inicial da pesquisa surgiu a partir de reflexões do professor sobre sua prática, principalmente a respeito das atividades paralelas ofertadas aos alunos do Ensino Médio em laboratório de Química da escola. O planejamento do trabalho naquele espaço não tinha uma fundamentação teórica sólida, no sentido de metodologias para o ensino experimental. Além do mais, muitos dos experimentos eram estruturados com total controle do professor e discussões em grupo sobre os resultados dos experimentos eram praticamente inexistentes.

O *professor pesquisador* no início do doutorado, a partir da apropriação das leituras na área, ponderação sobre a prática docente e observação do contexto geral, sentiu necessidade de investigar sobre argumentação no ensino de Química. Um outro fator que contribuiu para a escolha do tema, surgiu a partir de falas de colegas professores da área de Humanas do Colégio (Filosofia, Geografia e História), que relatavam um papel muito ativo dos alunos quando estimulados a falarem, debaterem e opinarem em atividades de sala de aula. A partir disso, deu-se início às pesquisas por estratégias didáticas que estimulassem a argumentação nas aulas de Química no laboratório, até à escolha da abordagem investigativa.

O estudo desenvolvido neste trabalho consistiu na aplicação de 20 atividades de cunho investigativo, as quais continham diversos experimentos de Química com esse viés. Os detalhes das atividades serão descritos em outra sessão deste capítulo. A aplicação foi realizada no laboratório de Química do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, o qual apresenta boa estrutura, equipamentos, vidrarias, reagentes e jalecos para o professor e alunos.

A pesquisa contou com os seguintes sujeitos participantes:

- um professor de Química, que é o autor deste trabalho e conduziu as atividades como professor-pesquisador;
- 152 alunos das três séries do Ensino Médio regular do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria entre os anos de 2014 e 2017.

Os alunos envolvidos tinham entre 14 e 17 anos e ingressaram no Colégio por processo seletivo. Desse grupo de alunos participantes, 42% deles havia concluído o Ensino Fundamental em escolas particulares e 58% em escolas públicas. A maioria dos alunos do primeiro grupo já havia realizado atividades em laboratório de Ciências e tinham conhecimentos básicos sobre o nome e função de vidrarias, até mesmo como conduzir alguns procedimentos simples. Já a maioria dos alunos oriundos de escolas públicas não havia tido contato com atividades experimentais em Ciências, mas se mostravam motivados para realizarem práticas naquele local.

Diante desse fato, todos os alunos envolvidos na pesquisa participaram de atividades *pré-laboratório*, que consistiam em: conhecer o espaço e as regras de segurança em laboratório químico; conhecer e utilizar adequadamente equipamentos de segurança; conhecer o nome e função de vidrarias e equipamentos disponíveis; e aprender noções sobre coleta e tratamento de dados.

## **4.2 Situação estudada e coleta de dados**

Cada uma das 20 atividades experimentais investigativas deste estudo foi ofertada 4 vezes para diferentes grupos de, em média, 12 alunos. Esse é o número ideal para melhor acomodação dos alunos no espaço e, principalmente, para um acompanhamento e organização do trabalho experimental e discussões.

Em cada atividade participaram exclusivamente alunos de uma mesma série e o trabalho foi conduzido em horário extraclasse, ou seja, no período da tarde, já que o turno da manhã era reservado para as aulas regulares durante a semana. A adesão dos alunos às atividades foi feita de forma voluntária, mediante inscrição, pois é comum o interesse de um número bem superior a 12 alunos para a participação das aulas em laboratório de Química.

Era anunciado aos alunos, no turno de aula regular, a data e horário em que ocorreriam as atividades, sem menção do tema que seria trabalhado. Uma tabela impressa com o número de vagas era disponibilizada aos alunos da série correspondente ao tema da atividade, que então voluntariamente preenchiam as vagas. A aplicação das atividades era considerada pelos alunos como uma “aula normal de laboratório”, já que no espaço são realizadas várias outras atividades práticas que não foram consideradas para o estudo.

A execução de todas as atividades deste estudo no laboratório de Química seguiu o seguinte padrão:

- (a) Recebimento e acomodação dos alunos no espaço, e colocação do jaleco;
- (b) Agrupamento dos alunos em duplas, trios ou grupos maiores. Eles mesmos conduziam a escolha, por afinidade. O número de membros em cada grupo variou conforme as características de cada atividade e kits disponibilizados para a exploração;
- (c) 1º momento da aula: instruções gerais (fala do professor);
- (d) 2º momento da aula: desenvolvimento da atividade;
- (e) 3º momento da aula: socialização e discussão dos resultados;
- (f) 4º momento da aula: considerações finais pelo professor.

Na aplicação das atividades foram levados em consideração: o monitoramento do tempo, através de relógio e cronômetro, de cada momento da aula; e cuidado com o não detalhamento demasiado das informações fornecidas aos alunos, no 1º momento da aula – procedimentos, equipamentos, reagentes, tabelas – para que os objetivos de cada atividade específica fossem contemplados. Em relação a esse último ponto, a ideia mais forte era a do não fornecimento de roteiros prontos e fechados. O Apêndice A deste trabalho traz roteiros organizados, porém são para professores, pois o trabalho investigativo proposto preza por abordagens mais abertas.

Vale ressaltar que o 3º momento da aula foi o mais importante, em termos do objetivo deste estudo. Naquela parte da aplicação da atividade é que ocorreu a coleta de dados dos argumentos nas falas dos alunos, pois aquele momento era reservado para eles comunicarem os resultados aos demais grupos e ao professor.

A coleta de dados foi realizada, pelo professor, durante as discussões e registrada em diário de campo e gravações em áudio. Essa coleta de dados se restringiu ao 3º momento da aula, pois é o único em que se teve uma exposição organizada das falas.

Fazia parte das instruções do professor que os experimentos fossem conduzidos de forma segura e responsável, com observação atenta aos fenômenos, que fossem feitas anotações de dados e alterações visíveis ou detectáveis. Não menos importante, era ressaltado que o momento de socialização dos resultados deveria ser realizado de forma conjunta pelos membros de um mesmo grupo, não havendo

necessidade de um representante para falar pelos demais. Foi também incentivado que as explicações fossem fundamentadas da forma mais completa que conseguissem, sendo permitidas intervenções de membros de outros grupos, desde que fossem de forma respeitosa e organizada.

### 4.3 Atividades experimentais do estudo

Como anteriormente citado, o estudo foi desenvolvido com 20 atividades experimentais de cunho investigativo. Duas dessas atividades foram propostas pelos alunos e as outras 18 foram elaboradas ou adaptadas pelo professor, de maneira a apresentarem características de *atividade experimental investigativa*, segundo Silva (2011). Além disso, a escolha do professor pelos temas e roteiros para as diversas atividades experimentais considerou alguns aspectos que deveriam ser contemplados, tais como:

- atendimento, trabalho e construção de conceitos básicos da Química que se mostravam insuficientes nas aulas teóricas, segundo a observação do professor pesquisador;
- investigações sobre propriedades físicas e químicas da matéria;
- realização de experimentos visualmente intrigantes, de interesse e curiosidade dos próprios alunos;
- trabalho com fenômenos, materiais e substâncias que tivessem relação com o cotidiano dos alunos;
- experimentos que pudessem envolver discussões interdisciplinares.

Ao final do estudo, a compilação e organização da estrutura de cada atividade aplicada deu origem a um material com os detalhes das atividades (Apêndice A). A elaboração do material foi realizada pelo professor pesquisador deste trabalho e se configura como um roteiro para professores que desejarem trabalhar com essa abordagem. Cada uma das atividades teve como título uma questão. Essas questões foram extraídas dentre as perguntas ou expressões realizadas pelos próprios alunos em seus discursos na condução das atividades. Por esse motivo é que algumas delas estão escritas de maneira informal, como por exemplo: *Uau! Como isso tá gelando sozinho?*

O Quadro 4 mostra a relação das 20 atividades desenvolvidas e alguns dos assuntos explorados em cada uma delas. Estão numeradas de 01 a 20, conforme a sequência de assuntos abordados no programa de Química do Ensino Médio da escola: 1ª série – Química geral e Inorgânica; 2ª série – Cálculos químicos, estequiométricos e Físico-Química; e 3ª série – Química Orgânica.

Quadro 4: Relação de atividades experimentais, assuntos e série do Ensino Médio.

Nº	ATIVIDADE EXPERIMENTAL	ASSUNTOS ABORDADOS	SÉRIE
01	É possível montar uma torre de líquidos?	Densidade, polaridade, massa, volume	1ª
02	Como separar tudo isso daqui?	Separação de misturas, densidade, polaridade	
03	Como se sabe se houve ou não reação química?	Indícios da ocorrência de reação química	
04	Por que a água tá fugindo?	Polaridade, forças intermoleculares	
05	Como que 15 mL + 15 mL não dá 30 mL?	Polaridade, forças intermoleculares, solubilidade	
06	Que gás é esse? Propriedades Químicas	Gases, volume, pressão, propriedades químicas	
07	Algumas substâncias mudam de cor com o pH?	Ácidos, bases, composição química, pH	
08	Qual o pH desses produtos e alimentos?	pH, acidez, basicidade, alimentos	
09	Estou coletando o volume correto?	Massa, volume, densidade	2ª
10	Qual a concentração de ácido nessa amostra?	Ácidos, bases, titulação, cálculos estequiométricos	
11	Qual o teor de acidez desse vinagre?	Titulação, cálculos estequiométricos, concentração	
12	Uau! Como isso tá gelando sozinho?	Propriedades coligativas, temperatura	
13	Quantas calorias tem esse alimento?	Calor, caloria, alimentos, bioquímica	
14	Pilha com limões e batatas? Como assim?	Metais, reatividade, corrente, ddp	
15	Dá para acender lâmpadas com essas pilhas de limão?	Corrente, ddp, energia, metais	
16	É possível decompor a água?	Eletroquímica, ddp, gases, espontaneidade de reações	
17	Cadê a cor que estava aqui?	Deslocamento de equilíbrio químico, estrutura molecular, pH	
18	Misturam ou não misturam?	Química orgânica, grupos funcionais, polaridade, densidade, solubilidade	3ª
19	Quanto de álcool tem nessa gasolina?	Combustíveis, solubilidade, polaridade	
20	Uma reação que produz um espelho?	Química orgânica, reações de oxirredução	

Fonte: autoria própria.

De acordo com o Quadro 4, oito atividades foram destinadas aos alunos da 1ª série, nove para a 2ª série e três para a 3ª série. O número menor de atividades para a 3ª série se justifica pelo fato de que os alunos, em seu último ano de Ensino Médio, têm menos disponibilidade para atividades ofertadas pelo Colégio em horário extraclasse. Um dos motivos é a preparação para o ENEM, em que eles focam em atividades nesse sentido.

Quanto às características e objetivos gerais dos experimentos contemplados nas atividades em cada série, pode-se citar:

- **1ª SÉRIE** – As atividades propostas contêm experimentos relativamente simples, o que não os desmerece sob o ponto de vista pedagógico. Alguns deles chamam muito a atenção visualmente e outros tem um caráter desafiador que é desejável para um maior engajamento. São experimentos ricos em possibilidades de exploração e que focam na apresentação de fenômenos e aprendizagem de conceitos. Oferecem oportunidade de propor explicações a partir das observações, bem como introduzem a ideia da importância da coleta de dados para fundamentar as explicações;
- **2ª SÉRIE** – As atividades para essa série incluem experimentos com alguns objetivos em comum os da série anterior, como a aprendizagem de conceitos. Porém, nesse grupo de experimentos há menos propostas baseadas na observação de fenômenos e mais experimentos que se utilizam de análises e utilização de equipamentos ou protocolos mais elaborados. Os alunos, nessas atividades, precisam fazer um levantamento de dados mais cuidadoso e um posterior tratamento de dados que incluem a produção de gráficos e tabelas;
- **3ª SÉRIE** – Nesse caso, com alunos mais experientes, foram selecionados experimentos com uma abordagem Química mais elaborada. Assim, houve uma exigência maior para que os alunos estabelecessem conexões entre conteúdos e entre conceitos químicos, até mesmo alguns que foram estudados em anos anteriores, a fim de fundamentarem suas explicações.

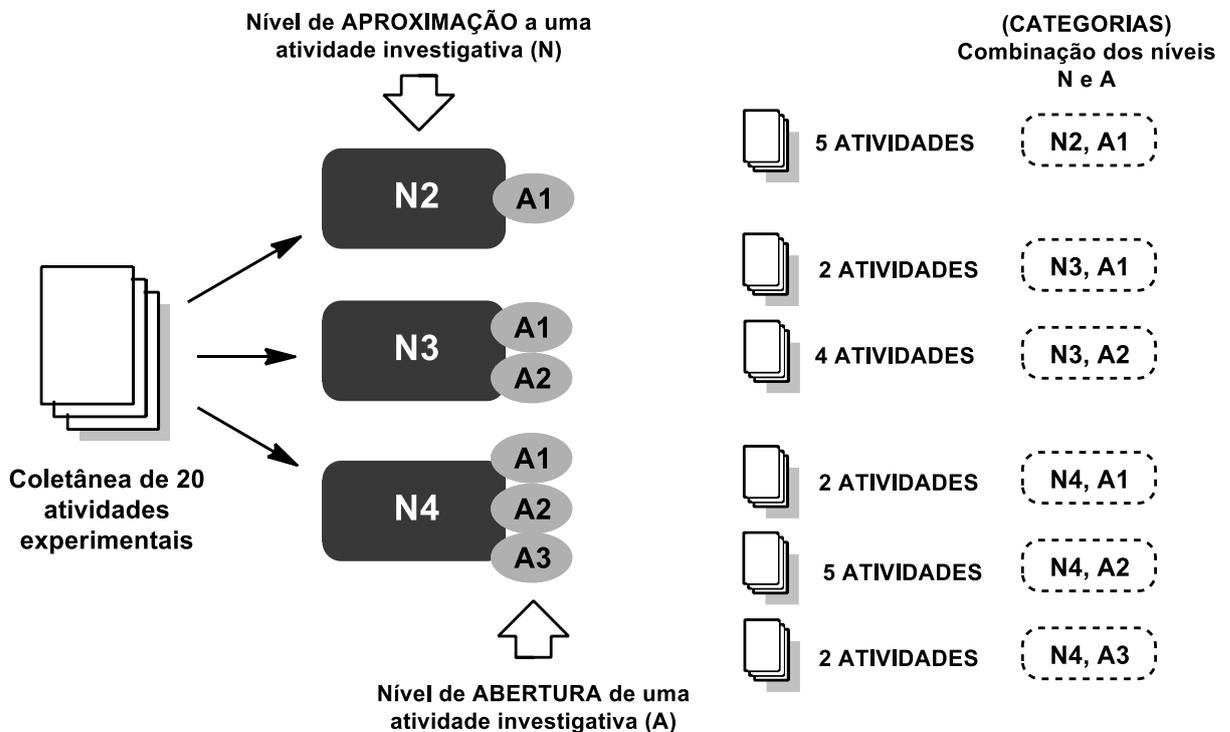
Para fins de análise, o autor elaborou categorias para agrupar as 20 atividades experimentais investigativas. Os critérios utilizados na elaboração foram:

- nível de aproximação a uma atividade experimental investigativa, segundo a proposta de Silva (2011): N2 a N4 (Quadro 2, p. 64);
- nível de abertura de uma atividade experimental investigativa, segundo a proposta de Tamir (1991): A1 a A3 (Quadro 3, p. 66).

Em relação a esses critérios aplicados à classificação das atividades desenvolvidas neste trabalho, não houve ocorrência do nível N1, segundo Silva (2011) e não houve ocorrência do nível A0, segundo Tamir (1991).

Após classificação de cada atividade segundo os dois critérios, verificou-se que não havia atividade com grau de abertura A0. Desse estudo específico e consequente agrupamento, surgiram seis categorias, frutos da associação dos níveis N e A, no formato (NxAy). A Figura 10 ilustra como as atividades foram categorizadas.

Figura 10: Categorização das 20 atividades experimentais investigativas.



Fonte: autoria própria

O Quadro 5 mostra a relação das 20 atividades experimentais investigativas em suas respectivas categorias.

Quadro 5: Relação de atividades experimentais investigativas e suas categorias.

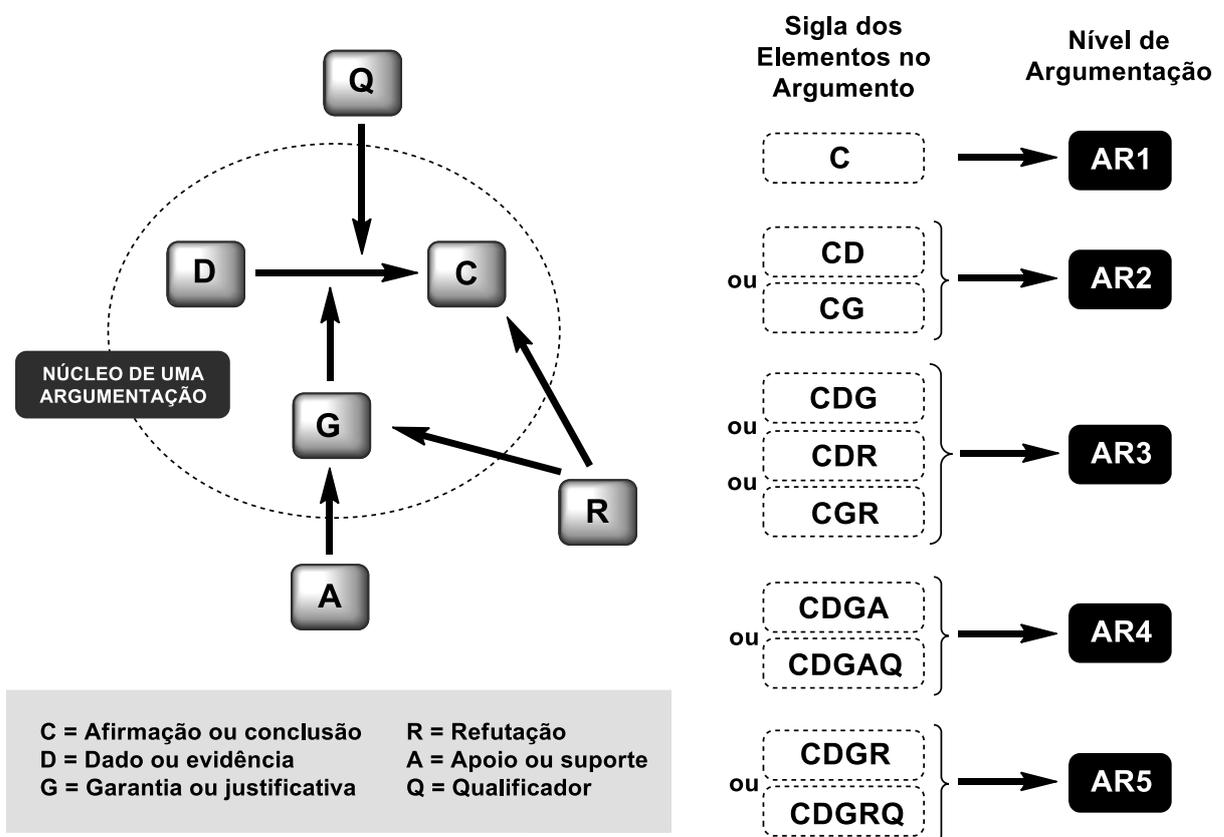
<b>Atividade Experimental Investigativa</b>	<b>Categoria da Atividade</b>	<b>Série do Ensino Médio</b>
Ativ. 01 – É possível montar uma torre de líquidos?	(N4, A2)	1 <sup>a</sup>
Ativ. 02 – Como separar tudo isso daqui?	(N4, A2)	
Ativ. 03 – Como se sabe se houve ou não reação química?	(N3, A1)	
Ativ. 04 – Por que a água tá fugindo?	(N2, A1)	
Ativ. 05 – Como que 15 mL + 15 mL não dá 30 mL?	(N3, A2)	
Ativ. 06 – Que gás é esse? Propriedades Químicas	(N3, A2)	
Ativ. 07 – Algumas substâncias mudam de cor com o pH?	(N2, A1)	
Ativ. 08 – Qual o pH desses produtos e alimentos?	(N4, A3)	
Ativ. 09 – Estou coletando o volume correto?	(N4, A1)	2 <sup>a</sup>
Ativ. 10 – Qual a concentração de ácido nessa amostra?	(N4, A1)	
Ativ. 11 – Qual o teor de acidez desse vinagre?	(N4, A2)	
Ativ. 12 – Uau! Como isso tá gelando sozinho?	(N3, A1)	
Ativ. 13 – Quantas calorias tem esse alimento?	(N4, A2)	
Ativ. 14 – Pilha com limões e batatas? Como assim?	(N4, A2)	
Ativ. 15 – Dá para acender lâmpadas com essas pilhas de limão?	(N4, A3)	
Ativ. 16 – É possível decompor a água?	(N2, A1)	
Ativ. 17 – Cadê a cor que estava aqui?	(N2, A1)	3 <sup>a</sup>
Ativ. 18 – Misturam ou não misturam?	(N3, A2)	
Ativ. 19 – Quanto de álcool tem nessa gasolina?	(N3, A2)	
Ativ. 20 – Uma reação que produz um espelho?	(N2, A1)	

Fonte: autoria própria

A análise do Quadro 5 permite perceber que há uma variedade de atividades com diferentes categorias para a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> séries. Isso não foi possível na 3<sup>a</sup> série por razões anteriormente expostas.

No que se refere à análise dos argumentos coletados na aplicação das atividades, foi utilizada uma ferramenta baseada nos autores: ERDURAN et al., (2004); OSBORNE et al., (2004); SIMON; JOHNSON, (2008). Nessa ferramenta, os autores propõem a classificação dos argumentos em 5 níveis, AR1 a AR5, levando em consideração os componentes do TAP de Toulmin presentes (Figura 11).

Figura 11: Nivelamento do grau de argumentação, considerando o TAP. Metodologia de: ERDURAN et al., (2004); OSBORNE et al., (2004); SIMON; JOHNSON, (2008).



Fonte: autoria própria

Segundo as ideias dos autores da ferramenta (Figura 11), argumentos de primeiro e segundo nível (AR1 e AR2) são considerados os mais pobres, pois apresentam um ou dois elementos do TAP. Já os argumentos de terceiro nível (AR3) apresentam-se de maneira completa, segunda Toulmin (2006), pois exibem os elementos presentes no núcleo da argumentação do TAP: afirmação, evidência e justificativa. Os autores da ferramenta ainda consideram outras associações de elementos para o nível AR3, ao julgarem que o elemento R (refutação) tem uma significa-

ção considerável, do ponto de vista cognitivo, e pode substituir um dos elementos do núcleo: G ou D.

Os níveis AR4 e AR5 são os mais ricos, pela associação de mais elementos argumentativos. Além de contemplarem os elementos do núcleo de argumentação do TAP, há presença de elementos que evidenciam um grau maior de compreensão do que está sendo exposto em uma discussão, indicação de maior grau de aprendizagem.

Essa ferramenta de nivelamento de argumentação foi escolhida por se alinhar com o tipo de discurso que surge em discussões de aulas com atividade científicas experimentais (ERDURAN et al., 2004; OSBORNE et al., 2004; SIMON; JOHNSON, 2008).

Após a coleta e classificação dos argumentos presentes nas discussões, durante a aplicação das atividades, os dados foram reunidos, organizados e tratados utilizando o Microsoft Excel®. A análise dos dados tratados conduziu aos resultados que serão discutidos no próximo capítulo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um dos aspectos centrais do presente estudo foi a busca por ações didáticas na área de Química que colocassem o aluno de Ensino Médio no centro do processo de ensino-aprendizagem. Isso é algo de extrema relevância na educação contemporânea, mas é ainda algo distante de se tornar prática comum na realidade escolar no contexto brasileiro.

O estudo conduzido neste trabalho buscou explorar as potencialidade das atividades experimentais de cunho investigativo, como uma forma de alcançar aquela condição de ter o aluno num papel mais ativo no seu processo de formação escolar. Moreira (2010) aponta que um dos indicadores de um ensino centrado no aluno é que esses aprendizes falam mais que seus professores. Eles são os verdadeiros protagonistas na construção do próprio conhecimento.

Tendo isso em vista, foi realizado um levantamento da parcela do tempo em que os alunos estão mais ativos durante a aplicação das atividades experimentais investigativas desenvolvidas neste trabalho, sejam ativos falando ou trabalhando na parte prática das atividades. Como explicitado na metodologia, os quatro momentos da aula tiveram seus tempos monitorados e coletados. O Quadro 6 resume as informações dessa estrutura da aula, de forma genérica.

Quadro 6: Esquema genérico das ações, falas e tempo de aula nas atividades.

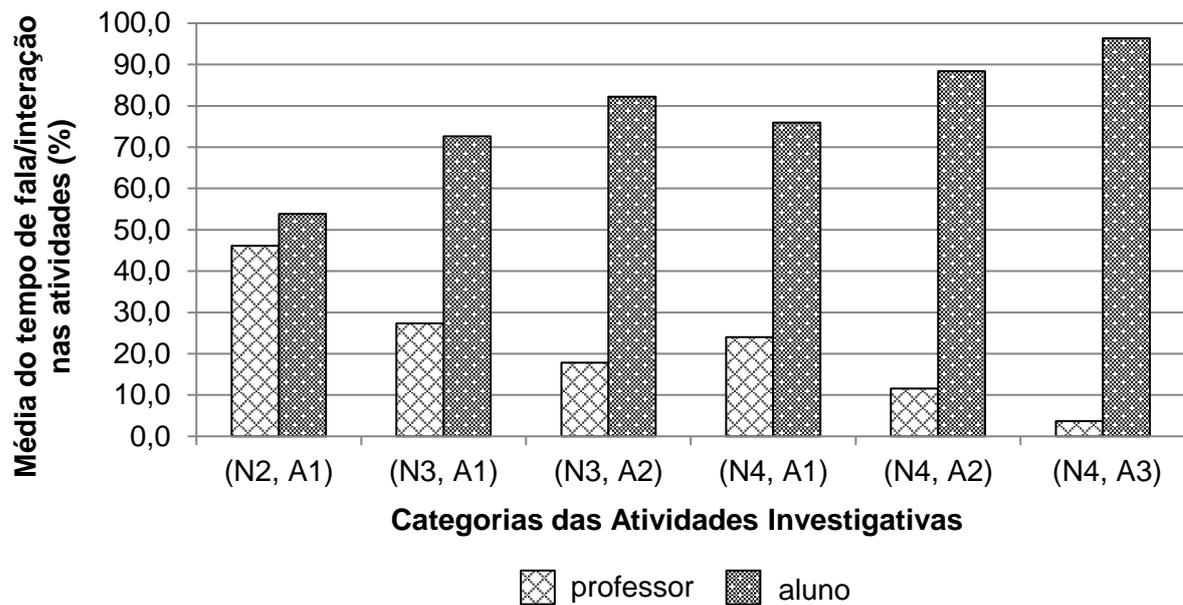
AULA	Ações	Falas/Interação	Tempo
1º momento	Instruções	Professor	$t_1$
2º momento	Prática	Aluno-aluno	$t_2$
3º momento	Discussões	Grupo-grupo	$t_3$
4º momento	Encerramento	Professor-aluno	$t_4$

Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Os períodos de tempo dos momentos da aula ( $t_1$  a  $t_4$ ) foram posteriormente expressos em porcentagem para todas as 20 atividades aplicadas e então feita uma média de cada tempo ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  e  $t_4$ ) referente às atividades dentro de uma mesma categoria. Em resumo, foi obtida a média aritmética do tempo de cada momento da aula por categoria.

Em posse dessas médias, os dados foram analisados para verificação da parcela de aula em que havia participação do professor e a parcela de aula em que havia participação exclusiva dos alunos. Isso pôde ser obtido pela soma das médias de  $t_1$  e  $t_4$ , que corresponderam ao dado “professor” e a soma das médias  $t_2$  e  $t_3$ , que corresponderam ao dado “aluno”. Os resultados foram expressos em histogramas, por categoria, e são mostrados na Figura 12.

Figura 12: Média do tempo de fala do professor e dos alunos nas atividades.

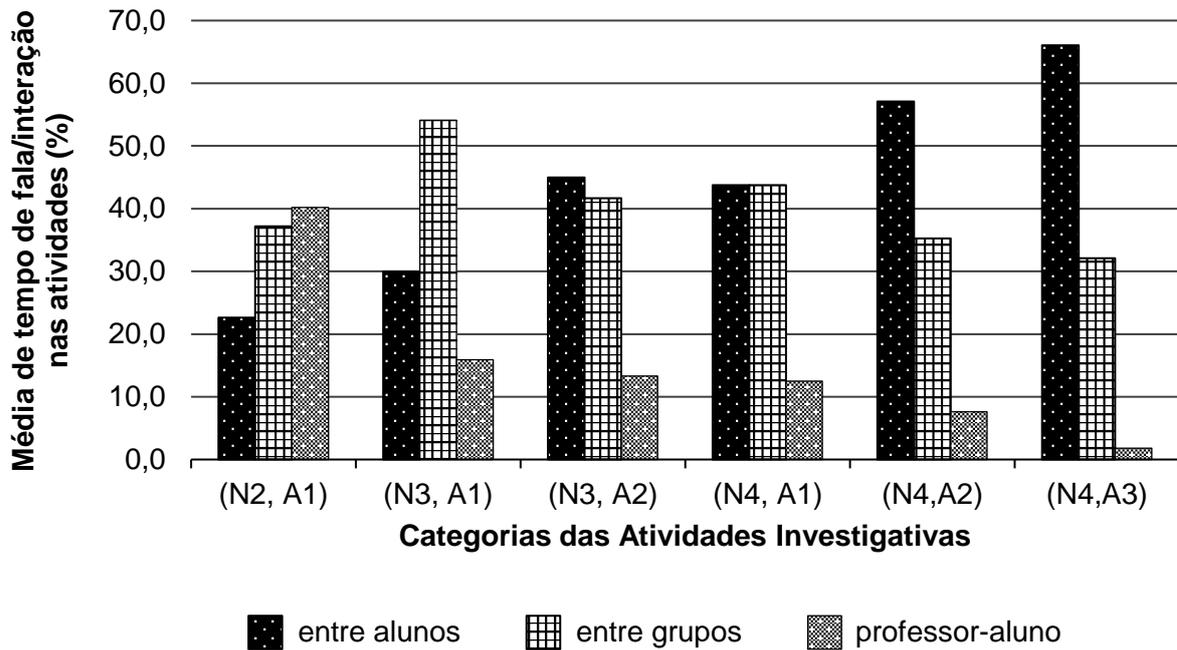


Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Na Figura 12 fica evidente que em todas as atividades houve predominância de discussões entre os alunos, sejam dentro de um mesmo grupo ou entre os grupos. É também notável a relação *inversa* entre o aumento do nível de investigação/abertura com a fala do professor nas atividades, ou seja, nas atividades com maior caráter investigativo e maior abertura, há uma menor participação do professor. Isso é um indicador positivo, quando se tem por objetivo a busca de uma educação centrada no aluno, em que eles falam mais e participam de forma mais ativa.

A Figura 13 exibe os histogramas dos resultados de um outro tratamento dos dados obtidos das médias dos tempos de fala nos diferentes momentos da aula nas atividades. Dessa vez é mostrada a média do tempo de interação entre alunos num mesmo grupo (médias de  $t_2$ ), interação entre grupos (médias de  $t_3$ ) e interação entre professor e aluno (médias de  $t_4$ ).

Figura 13: Média do tempo de diferentes falas/interações.



Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Nessa figura percebe-se que a medida que aumenta o nível de investigação/abertura das atividades, há aumento na média de interação entre os alunos em um mesmo grupo e diminuição da interação com o professor, o que reforça esse tipo de abordagem como uma forma de superar a tradicional abordagem narrativa. O tempo de discussão entre os grupos teve uma distribuição diferente das demais, porém é positivo o resultado, pois tomam boa parcela da aula em todas as categorias.

As atividades da categoria (N2, A1), com menor nível de investigação e abertura, tiveram uma dependência maior de instruções por parte do professor, por isso as médias dos tempos de fala/interação de alunos dentro de um mesmo grupo e entre grupos foi menor. O contrário do que se observa em atividades com o maior grau de investigação e abertura, (N4, A3), em que os alunos são muito mais ativos, especialmente no momento  $t_2$ , referente a parte prática da aula, em que se envolvem no planejamento, execução e testes das atividades propostas por eles mesmos.

A presença de mais discussão entre os alunos, seja dentro de um mesmo grupo ou entre grupos, proporcionou momentos de construção coletiva de conceitos e possibilidade de elaboração de hipóteses e testes das mesmas.

Foi também alvo de estudo deste trabalho a investigação da qualidade dos argumentos produzidos na discussão entre grupos. Verificou-se, além da participação mais ativa dos alunos nos experimentos, a presença de argumentos nos cinco níveis propostos pela ferramenta de análise (ERDURAN et al., 2004; OSBORNE et al., 2004; SIMON; JOHNSON, 2008).

Os quadros de número 7 a 9 são mostrados na sequência trazendo exemplos de argumentos para cada nível (AR1 a AR5) proposto pela ferramenta de análise. Esses exemplos foram coletados nas discussões desenvolvidas durante a aplicação das atividades experimentais investigativas. Os trechos gravados em áudio foram transcritos e os nomes dos alunos foram trocados por nomes fictícios.

O Quadro 7 mostra exemplos de exposições classificadas como argumentos de primeiro nível, AR1. São os mais pobres da ferramenta por se restringirem a afirmações (elemento C do TAP) sem qualquer tipo de apoio ou justificativa.

Quadro 7: Exemplos de argumentos de nível 1 (AR1) e seu componente.

<b>AR1</b>	<b>Componente: C</b>
	<b>Lia</b> – <i>A adição de sal faz a temperatura cair muito. (C)</i>
	<b>Caio</b> – <i>A gente chegou à conclusão de que eles não se misturam (C) e que o clorofórmio é mais denso (C); e que o clorofórmio fica mais arredondado na parte de cima (C) e a gente não sabe bem porquê.</i>
	<b>Anne</b> – <i>Ao ir pingando o HCl, a solução passou de azul pra verde, e depois passou pra amarelo. (C)</i>
	<b>Valter</b> – <i>A prata no espelho tá na forma metálica e ficou bem uniforme no vidro. (C)</i>

Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Apesar de conter um elemento a mais, dado (D) ou justificativa/garantia (G), os argumentos de segundo nível (AR2), mostrados no Quadro 8, também são considerados pobres pelos autores da ferramenta de análise.

Quadro 8: Exemplos de argumentos de nível 2 (AR2) e seus componentes.

<b>AR2</b>	<b>Componentes: CD ou CG</b>
	<b>Téo</b> – O isopor é menos denso que todos aqui ( <b>D</b> ), daí se colocar água ele vai flutuar ( <b>C</b> ) e ainda vai dissolver o sal ( <b>C</b> ).
	<b>Bia</b> – A pipeta volumétrica é confiável pra medir os 10 mL ( <b>C</b> ) porque toda a vidraria volumétrica vem com a marca de volume numa região mais fina do material ( <b>G</b> ). Mais fina, eu quis dizer com menor diâmetro.
	<b>Bento</b> – A fenolftaleína não serve para diferenciar uma amostra neutra de uma ácida ( <b>C</b> ), porque nos testes só ficou azul com base ( <b>D</b> ).
	<b>Sara</b> – No lado de cá o gás gerado é o oxigênio ( <b>C</b> ), que “fecha” com a equação balanceada ( <b>G</b> ).

Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Já no Quadro 9, tem-se os primeiros exemplos de argumentos considerados completos, por incluírem três elementos do TAP. Percebe-se aí explicações mais consistentes e indicações de ligações dos elementos de forma lógica.

Quadro 9: Exemplos de argumentos de nível 3 (AR3) e seus componentes.

<b>AR3</b>	<b>Componentes: CDG ou CDR ou CGR</b>
	<b>Rute</b> – O melado é polar ( <b>C</b> ), já que contém $C_6H_{12}O_6$ ( <b>G</b> ). Deu pra ver que mistura com a água polar ( <b>D</b> ). Fora que é ultra viscoso ( <b>C</b> ).
	<b>Tom</b> – Opa, não é bem assim! ( <b>R</b> ) A gasolina é uma mistura de substâncias apolares ( <b>G</b> ), lembra? Por isso se misturam tudo ( <b>C</b> ).
	<b>Mila</b> – Houve reação química na queima do magnésio ( <b>C</b> ). As evidências são a produção de luz, calor, gases, cinzas ( <b>D</b> ). E outra, toda queima é fenômeno químico ( <b>G</b> ). Essa, em especial, é linda e intensa.
	<b>Hugo</b> – A questão específica da ddp aqui não tem a ver com a concentração dos eletrólitos na batata e no limão ( <b>R</b> ), mas sim com os tipos de metais que a gente usa ( <b>C</b> ). Verificamos isso fazendo testes ( <b>D</b> ).

Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Na sequência, exemplos de argumento de quarto nível no Quadro 10. Esses argumentos são formados por 4 ou mais elementos, sendo maiores e mais elaborados, dando indicações de maior segurança do assunto que está sendo exposto.

Quadro 10: Exemplos de argumentos de nível 4 (AR4) e seus componentes.

<b>AR4</b>	<b>Componentes: CDGA ou CDGAQ</b>
	<p><b>Jean</b> – Nós concluímos que lâmpadas LED têm relação direta entre a frequência da cor da lâmpada com a ddp que precisam pra acender (<b>C</b>), isso porque uma só pilha de limão não acendeu a lâmpada de LED azul, mas com cinco deu certo (<b>D</b>). A lâmpada de LED azul tem frequência alta (<b>G</b>). Nós estudamos que, no espectro visível, o azul junto com anil e violeta são as cores que têm os menores comprimentos de onda, ou seja, as maiores frequências (<b>A</b>). Lembrando também que na equação do cálculo da energia do fóton (<math>E = h \cdot \nu</math>), a energia e a frequência têm relação direta (<b>A</b>).</p>
	<p><b>Léa</b> – As tensões superficiais da água e do álcool são certamente (<b>Q</b>) diferentes (<b>C</b>). É só prestar atenção em como a gota de álcool se espalha na hora (<b>D</b>) e da água não (<b>D</b>). Isso ocorre porque na água as ligações de hidrogênio são mais fortes que as do álcool (<b>G</b>). As ligações de hidrogênio se formam entre moléculas fortemente polarizadas, que é o caso da água (<b>A</b>). As moléculas de álcool também fazem ligações de hidrogênio, mas o grupo de carbonos ali na molécula diminui a polaridade dela (<b>A</b>).</p>
	<p><b>Ivo</b> – O ponto final da titulação não deve ser com a cor do indicador muito forte (<b>C</b>), porque o violeta mais intenso só fica quando a gente é descuidado (<b>D</b>) e deixa a base da bureta descer após a neutralização já ter acontecido. Imagina só... quando cai a primeira gota de excesso de base, a cor vira e temos que fechar a torneirinha da bureta (<b>G</b>). Um excesso de base afeta no resultado final, pois analisando a fórmula da titulação (<math>M_a \cdot V_a \cdot a = M_b \cdot V_b \cdot b</math>), vemos que o volume da base tem relação direta com a concentração do ácido que queremos calcular (<b>A</b>).</p>

**Rita** – Chegamos a conclusão que a reação produziu gás carbônico **(C)**, pois a vela se apagava a cada vez que entrava no erlenmeyer **(D)**. Era incrível, como se tivesse alguém assoprando lá dentro (risos). Realmente **(Q)** o gás carbônico não pega fogo **(G)**, tanto que se usa em extintores de incêndio. A molécula de  $\text{CO}_2$  tem o carbono com nox máximo, +4, não sendo um combustível e impedindo que o oxigênio ajude na reação na chama da vela **(A)**.

Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Finalmente, o Quadro 11 apresenta alguns exemplos de argumentos de quinto nível (AR5). São argumentos marcados pela presença do elemento refutação (R), indicando um posicionamento crítico em relação à argumentos de outros em uma discussão ou o reconhecimento das limitações do que ele próprio está tratando. Argumentos de quinto nível indicam maior grau de cognição.

Quadro 11: Exemplos de argumentos de nível 5 (AR5) e seus componentes.

<b>AR5</b>	<b>Componentes: CDGR ou CDGRQ</b>
	<p><b>Liz</b> – Não, Jonas, o pH não é fixo <b>(R)</b>. Tem gente que pergunta qual é o pH do ácido clorídrico. Não tem resposta <b>(R)</b>. O pH depende da concentração <b>(C)</b>. Quando medimos o pH da Sprite® deu 1,96 e acrescentando água o pH ia aumentando, porque a concentração de ácido ia diminuindo <b>(D)</b>. A fórmula pro cálculo do pH mostra que tem relação com a concentração <b>(G)</b>.</p>
	<p><b>Dênis</b> – Pensamos inicialmente em titular com NaOH mais concentrado, mas desistimos <b>(R)</b>, porque ia dar mais erro no processo <b>(C)</b>. Na aula passada a gente deduziu que uma gota de excesso da base já muda a cor da fenolftaleína <b>(D)</b>, imagina uma gota bem concentrada <b>(G)</b>. Por isso, achamos melhor diluir o vinagre e titular essa amostra diluída com o NaOH 0,1 M, adaptando os cálculos depois <b>(C)</b>.</p>

**Suzy** – Pois sabe que a pipoca de micro-ondas não é a mais calórica, como todo mundo achava (**R**)? O amendoim é o mais calórico (**C**), foi o que mais queimou (**D**), achei que ia incendiar o calorímetro (risos). Depois pesquisamos e vimos que o amendoim é bem rico em lipídeos, que é mais calórico (**G**). Sem falar que o amendoim é mais “socadinho” que a pipoca, daí a gente se engana na hora de comer (**C**).

**Gael** – Alguns achavam que o aumento da temperatura, quando misturamos, era devido a um processo endotérmico. Pensaram que endo recebe calor, logo fica quente. Só que não (**R**)! Misturando o álcool com a água a mistura ficou quente sozinha, então houve liberação de calor por causa de algum processo lá dentro e o termômetro mediu isso (**D**), então é exotérmico (**C**). A mistura não teve reação, então a explicação deve estar em termos de forças intermoleculares (**G**). O que tem de novo, após misturar, é que agora tem interação da água com o álcool (**G**). Isso deve ser (**Q**) mais estável, por isso a liberação de calor (**C**).

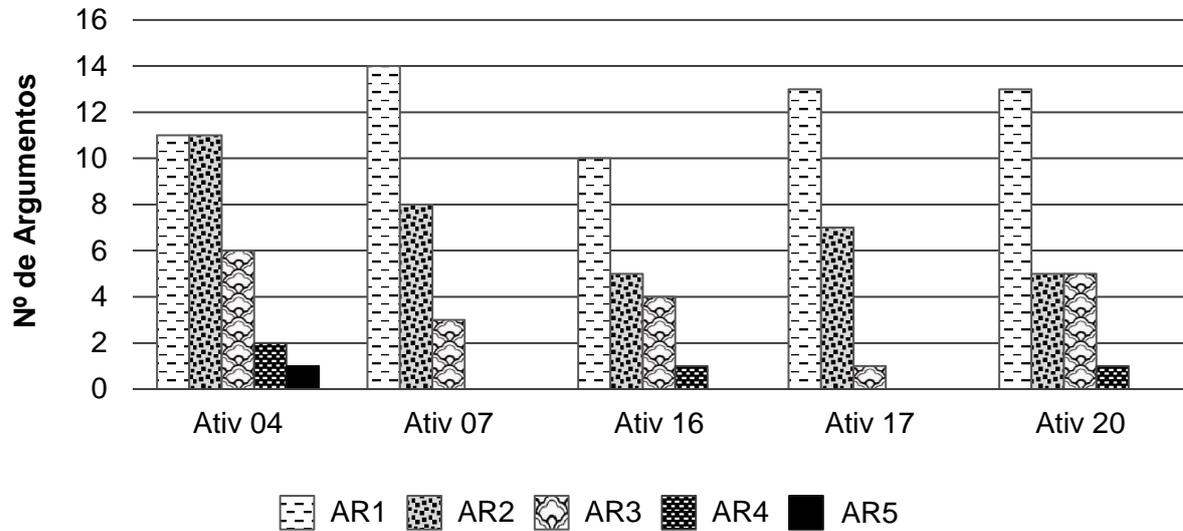
Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Na sequência são apresentados os resultados referentes ao levantamento da ocorrência de argumentos (nos níveis de AR1 a AR5) nas discussões de cada uma das 20 atividades experimentais investigativas desenvolvidas no estudo. Para fins práticos de comparação, serão apresentados os resultados dos histogramas das atividades por categoria.

A Figura 14 refere-se aos dados da ocorrência de argumentos para as atividades da categoria (N2, A1), ou seja, a categoria com o menor grau de proximidade a uma atividade investigativa e menor grau de abertura. As atividades dessa categoria tinham os dados e procedimentos fornecidos aos alunos, com exploração limitada por parte deles.

Percebe-se uma predominância de argumentos pobres, com os níveis AR1 e AR2 predominando. Nota-se também a baixa ocorrência de argumentos de nível AR4 em três das cinco atividades, além da ausência do nível AR5 em quatro das cinco atividades.

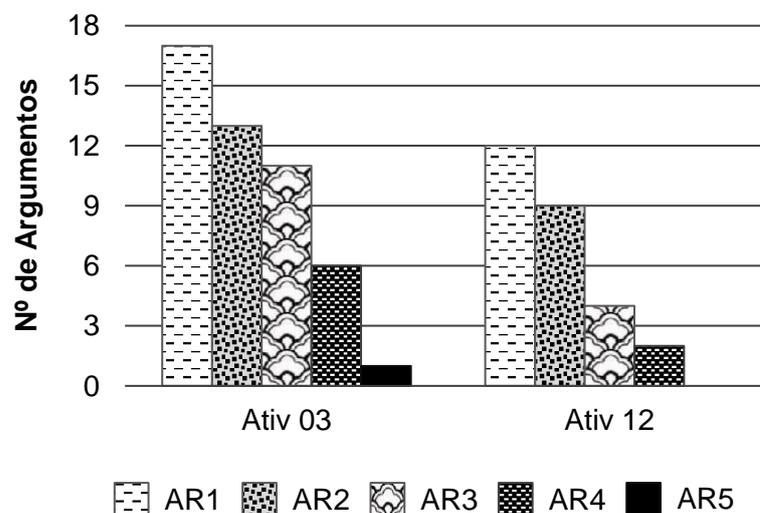
Figura 14: Categoria (N2, A1) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos por atividade (N = 121 argumentos, referentes as 5 atividades)



Fonte: autoria própria a partir da pesquisa

Assim como na categoria anterior, os problemas e procedimentos das atividades da categoria (N3, A1) foram fornecidos. Porém, nesse caso, a categoria apresenta um nível a mais de proximidade à atividade investigativa. A Figura 15 mostra os resultados, evidenciando também a predominância de argumentos pobres, de nível AR1 e nível AR2, porém percebe-se um aumento na ocorrência de argumentos de nível AR3. Novamente há ausência de argumentos nível AR5 para uma das atividades (Figura 9).

Figura 15: Categoria (N3, A1) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos por atividade (N = 75 argumentos, referentes as 2 atividades)

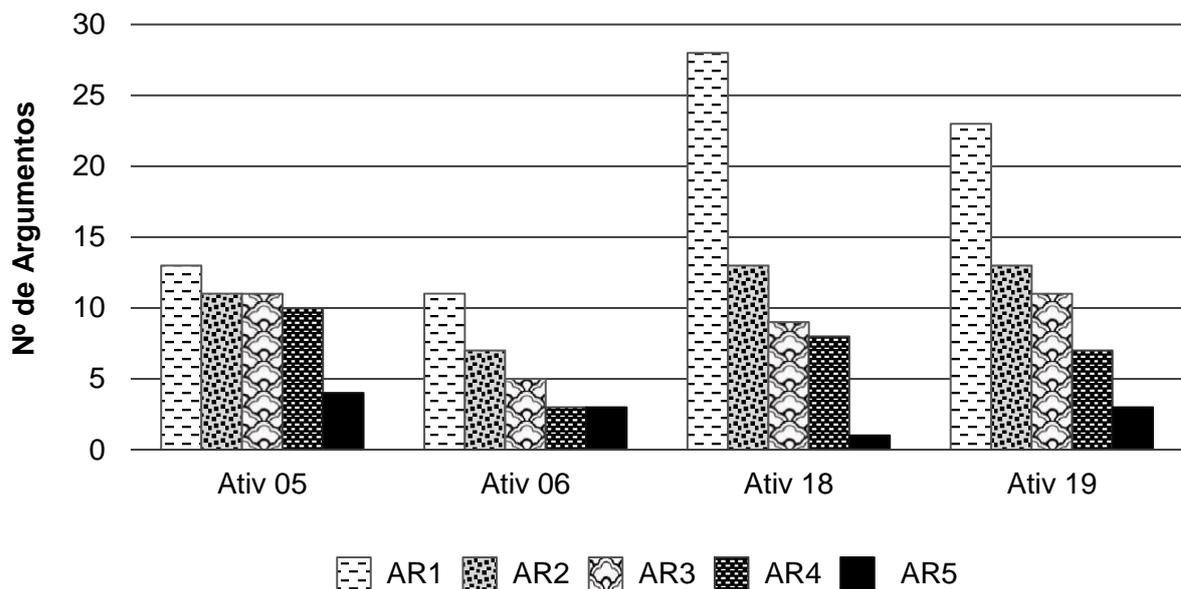


Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

A Figura 16 refere-se aos dados das atividades da categoria (N3, A2). Esse tipo de atividade tinha somente o problema fornecido, ficando os problemas e conclusões a cargo dos alunos. Apresentam caráter investigativo em terceiro nível, caracterizado pela necessidade de exploração de dados, análises e levantamento de hipóteses.

Os histogramas revelam um perfil de distribuição semelhante para as ocorrências de argumentos em todas as atividades, porém o número total de argumentos, é maior nas atividades 18 e 19, ambas realizadas por alunos de 3ª série.

Figura 16: Categoria (N3, A2) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos por atividade (N = 194 argumentos, referentes as 4 atividades)

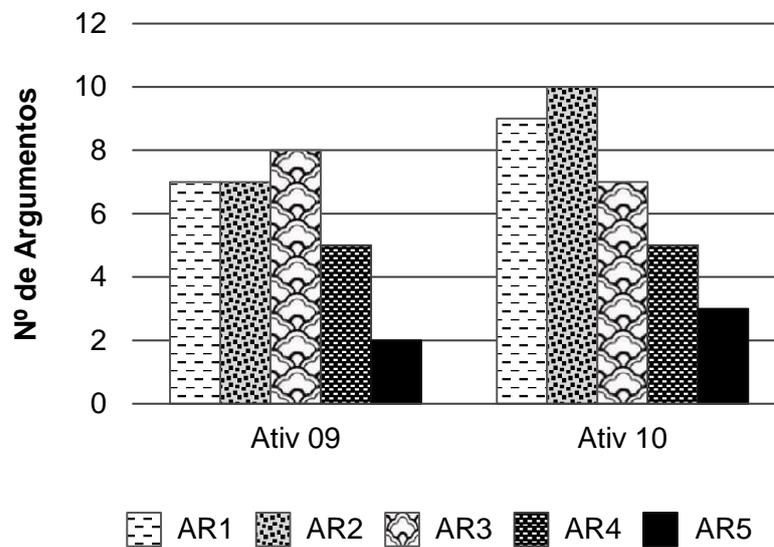


Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

A Figura 17 inicia a apresentação dos resultados para a categoria com o mais alto nível de aproximação à uma atividade investigativa, porém ela apresenta grau de abertura em nível 1. Isso porque deixou a cargo dos alunos somente a apresentação de conclusões, já que problemas e procedimentos foram fornecidos.

A ocorrência de argumentos totais foi menor que na categoria anterior. Isso pode ser reflexo do menor grau de abertura das atividades que foram realizadas por alunos da 2ª série do Ensino Médio.

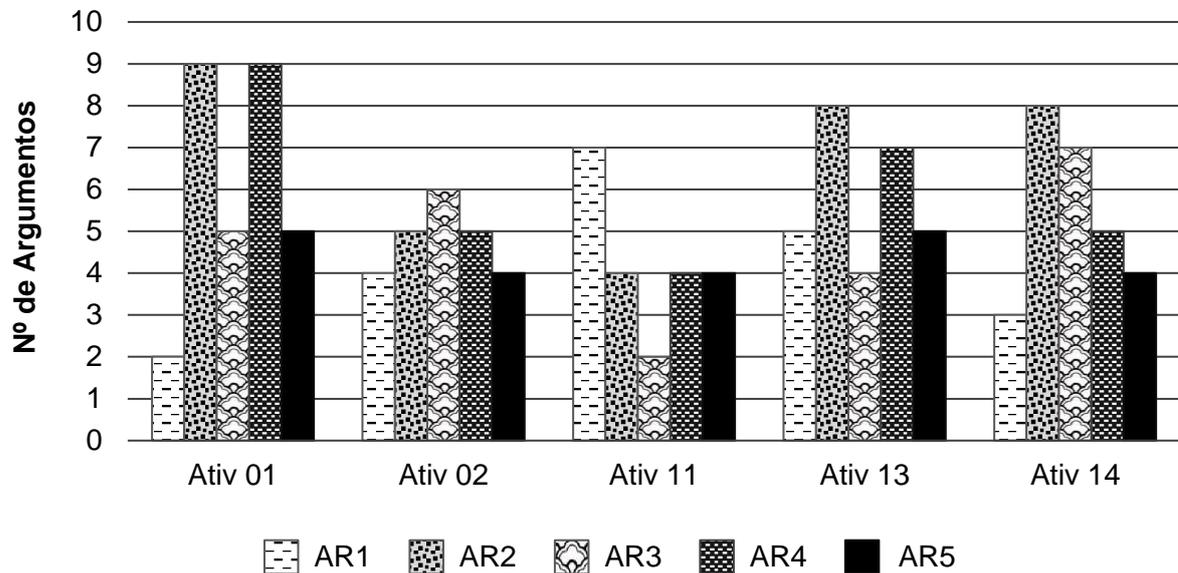
Figura 17: Categoria (N4, A1) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos por atividade (N = 63 argumentos, referentes as 2 atividades)



Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

A Figura 18 mostra, para a categoria (N4, A2), uma superação em número de argumentos ricos (A3 ou superior), quando comparados aos argumentos de nível AR1 e AR2 dentro de uma mesma atividade. Nessa categoria estão incluídos experimentos que exigiram maior protagonismo dos alunos. Eles tiveram que planejar a investigação, coletar dados, testar hipóteses e buscar conclusões. O resultado disso foi a produção de discursos mais ricos em argumentos consistentes, pois além de conduzirem a experimentação, os alunos tiveram que defender suas metodologias e conclusões, necessitando para isso um maior embasamento na exposição oral. Assim, apareceram nos discursos um maior número de argumentos com suporte (apoio) às justificativas, além de refutações, que marcam argumentos de ordem superior.

Figura 18: Categoria (N4, A2) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos por atividade (N = 131 argumentos, referentes as 5 atividades)

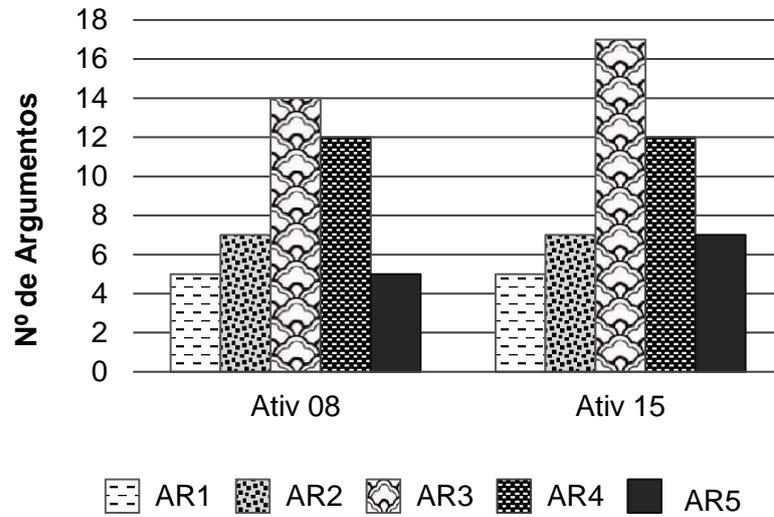


Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Por fim, a Figura 19 traz os resultados da categoria com os dois experimentos sugeridos pelos próprios alunos (N4, A3). Essas atividades têm máximo grau de abertura e, assim como na categoria anterior, os alunos tiveram que planejar como conduziram suas investigações e coleta de dados, além de propor conclusões claras e bem embasadas.

Pela análise dos histogramas das atividades dessa categoria, pode-se perceber que os considerados bons argumentos superaram, em número, os argumentos da categoria anterior. Vale ressaltar que nessas atividades os alunos estavam com grau de motivação maior, visto que a problemática a ser investigada tinha partido deles próprios. Isso impactou na intensidade das discussões no laboratório.

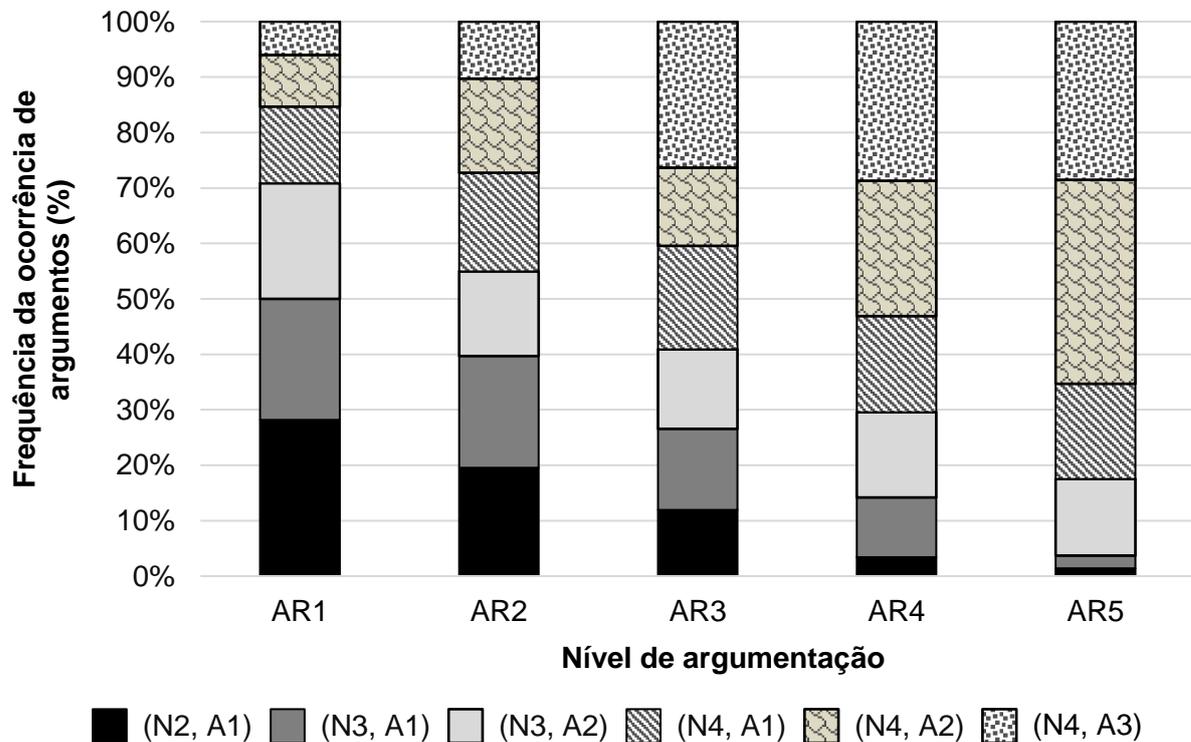
Figura 19: Categoria (N4, A3) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos por atividade (N = 91 argumentos, referentes as 2 atividades)



Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

A Figura 20 resume e exhibe os resultados comparativos da ocorrência de argumentos de diferentes categorias em função dos níveis de argumentação. A frequência da ocorrência de argumentos é apresentada em porcentagem.

Figura 20: Frequência da ocorrência de argumentos, em %.



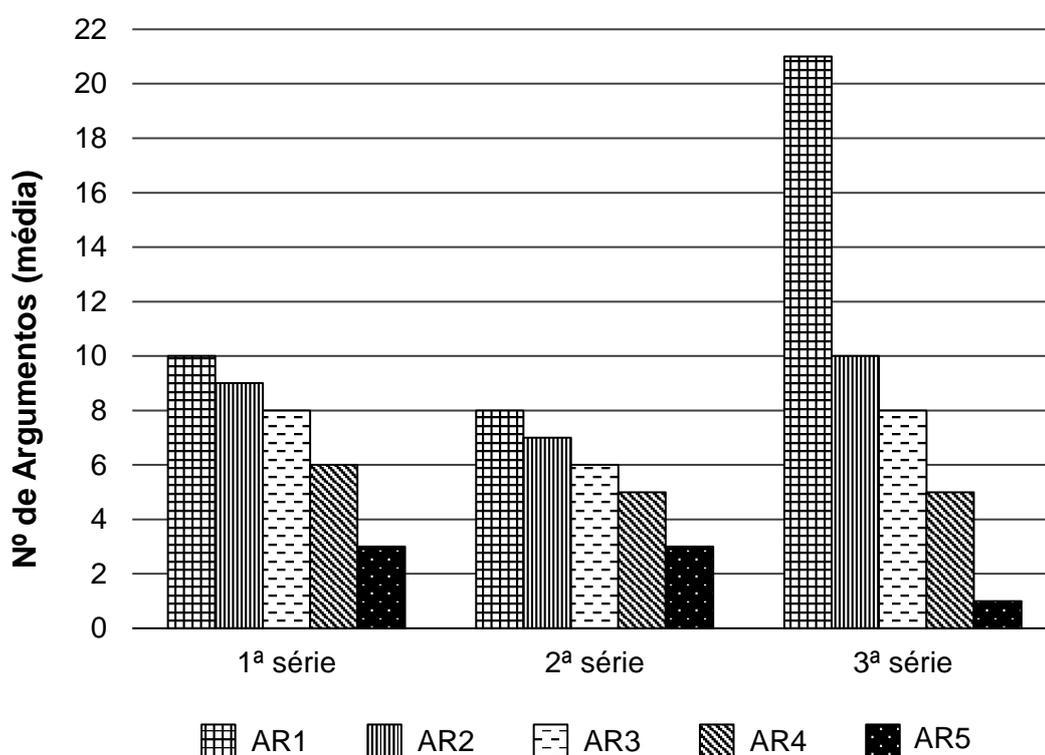
Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

Na Figura 20 percebe-se ainda que argumentos de menor nível, AR1 e AR2, são mais frequentes para as duas categorias com menores níveis de investigação e abertura. Já no outro extremo, percebe-se que argumentos AR4 e AR5 são mais frequentes para as categorias com maior nível de investigação e abertura (N4, A2) e (N4, A3).

Por fim, foi realizado levantamento dos dados de ocorrência geral de argumentos dos níveis AR1 a AR5 nas atividades, só que dessa vez agrupadas por série do Ensino Médio. Os histogramas de cada série são resultado da média da frequência de argumentos em cada nível, de AR1 a AR5 (Figura 21).

Os histogramas da 1ª série referem-se à média aritmética dos argumentos coletados de um total de 8 atividades (atividade 01 à atividade 08). Os histogramas da 2ª série, analogamente, referem-se à média de um total de 9 atividades (atividade 09 a 17), já os histogramas da 3ª série referem-se à média de um total de 3 atividades.

Figura 21: Frequência da ocorrência de argumentos nas diferentes séries.



Fonte: autoria própria a partir da pesquisa.

A Figura 21 mostra ainda um perfil de ocorrência de argumentos semelhante para as três séries, porém existe maior número total de argumentos coletados para

as atividades da 3ª série. Os argumentos de nível AR3, AR4 e AR5 somados foram mais frequentes para as turmas de 1ª e 2ª séries. A limitação da comparação é comprometida em função de o número de atividades em cada série ser diferente, bem como a existência de categorias diferentes para essas atividades.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo desenvolvido foi uma forma de reinventar a maneira de trabalhar a experimentação em Química pelo autor no Ensino Médio do Colégio Politécnico da UFSM. A utilização da experimentação investigativa no laboratório de Química mostrou-se rica e motivadora, tanto para o docente, como para os alunos.

Para o autor deste trabalho, a experiência foi extremamente proveitosa, em primeiro lugar pela oportunidade de participar como professor-pesquisador em uma *pesquisa ação*. Estar imerso em um projeto que visa mudanças positivas para seu próprio trabalho foi muito motivador, principalmente, para as etapas de elaboração das atividades e aplicação delas. Como abordado previamente, esse tipo de experiência não é comum para professores da educação básica de escolas públicas, já que a maioria tem uma sobrecarga de trabalho em sala de aula.

A elaboração das atividades experimentais permitiu ao autor alcançar um nível de lucidez a respeito de metodologias e objetivos didáticos muito grande. Além do mais, vale ressaltar que a literatura mais recente é pobre em propostas experimentais mais elaboradas para o Ensino Médio. O que se encontra em livros didáticos são propostas adequadas para a realidade da maioria das escolas brasileiras que não apresentam laboratório de Química. Porém há muitas escolas com bons laboratórios, a exemplo dos Institutos Federais, escolas vinculadas à universidades, escolas militares e escolas particulares. Os docentes dessas instituições que gostariam de trabalhar com atividades melhor elaboradas têm que recorrer a livros de experimentos para cursos superiores e realizar adaptações para o público da Educação Básica. Dessa forma, o material construído neste estudo e disponibilizado se configura como um material de apoio diversificado para professores, já que inclui experimentos simples e outros mais rebuscados.

Em relação aos alunos na aplicação das atividades, percebeu-se considerável envolvimento deles, com forte interação e diálogo dentro dos grupos, a fim de cumprirem os objetivos propostos ou até mesmo objetivos traçados por eles próprios. Isso foi ao encontro do que aponta Afonso (2008) ao afirmar que atividades experimentais têm potencial de trabalhar questões de autoestima e aumentar os níveis de aprendizagem, cooperação e colaboração.

Percebeu-se também que os alunos, na medida em que participavam de mais atividades, tornavam-se cada vez mais confiantes, no que se refere a execução de procedimentos. Isso é favorável, já que dentre os vários objetivos da educação científica não está o de apenas trabalhar os conteúdos da dimensão conceitual, mas também os da dimensão procedimental e atitudinal. Em relação a esses últimos, percebeu-se também uma atitude positiva de respeito à opinião dos colegas, bem como uma postura adequada a ser assumida no momento de criticar e também de receber críticas.

Coelho da Silva (2009) destaca que a abordagem experimental investigativa é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da autonomia dos alunos. De fato, os grupos mostraram engajamento e comprometimento com as situações de aula, tentando por si próprios buscar, pensar e testar estratégias para a solução dos problemas propostos, principalmente nas atividades com maior grau de abertura. Pôde-se notar que o trabalho com essa abordagem estimulou o senso de criatividade dos envolvidos. A cada desafio surgiam caminhos propostos que não eram previsíveis pelo professor. Houve casos de alguns estranharem a falta de roteiros mais tradicionais para certos experimentos, porém o notável comprometimento com as atividades foi algo muito positivo.

A reserva do espaço de aula para discussão foi uma novidade para os alunos que já estudavam no Colégio, à época do início da aplicação das atividades, já que anteriormente participavam de atividades experimentais mais estruturadas, com roteiros e sem socialização de resultados. O novo formato de trabalho em laboratório foi bem recebido pelos alunos, que agora tinham um espaço a mais para *falarem Ciência* e também para aprenderem ao ouvir as exposições dos demais.

O conjunto de atividades, com diferentes graus de investigação e abertura, evidenciaram que atividades experimentais investigativas têm potencial para o exercício da argumentação por parte dos alunos, na medida em que essas atividades exigem uma postura mais ativa dos envolvidos, o que também oportuniza ao aluno uma participação maior na construção de seu próprio conhecimento. Não só foi observado que os alunos argumentam mais em atividades dessa natureza, como também se destaca a qualidade dos argumentos coletados.

A associação “Silva (2011) – Tamir (1991) – Tolmin (2006)” como apoio para a elaboração das atividades e posterior coleta de dados de argumentação a partir

delas foi bem-sucedida. Os resultados mostraram que em todas as atividades houve ocorrência de argumentos, porém atividades com maior caráter investigativo e maior grau de abertura tiveram uma maior ocorrência de argumentos considerados completos ou ricos pela TAP (AR3 ou superior).

Por fim, o autor sente a exigência de uma mudança cultural na forma de ensinar e de aprender Ciências na atualidade. A partir deste trabalho, visualiza perspectivas de continuidade, ao sentir-se capacitado para mais pesquisas e produção de material para suas próprias aulas. Ficam também perspectivas de estudo e reorganização da prática docente com ensino experimental nos demais cursos em que atua no Colégio Politécnico da UFSM, na busca de atender as necessidades e especificidades daqueles diferentes públicos.

## REFERÊNCIAS

ABDULLAH, M. N. L. Y. et al. **Philosophy of student-centered Learning**. Module 2, Sains Malaysia: USM, 2014. 55p.

ABICALIL, Carlos Augusto. Sistema nacional de educação básica: nó da avaliação? **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 80, p. 253-274, setembro/2002.

AFONSO, M. M. **A Educação científica no 1.º ciclo do Ensino Básico. Das teorias às práticas**. Porto: Porto Editora, 2008.

AMABILE, T. M. Componential theory of creativity. **Working Paper**. Boston: Harvard Business School, 2012. Disponível em: <<http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/12-096.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2019.

ANDRADE, G. T. B. Percursos Históricos de Ensinar Ciências Através de Atividades Investigativas. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 1, p. 121-138, 2011.

ANTUNES, Celso. **Como desenvolver as competências em sala de aula**. 11ª ed, Petrópolis: Vozes, 2010. 88p.

ARAÚJO, C. **Aprender pensando**, 2ª ed., Petrópolis: Vozes, 1986.

ARIZA, R. P.; HARRES, J. B. S. A epistemologia evolucionista de Stephen Toulmin e o ensino de ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. Especial, p. 70-83, jun. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10055/15385>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

ARTHUR, Thalita. **A evolução das atividades experimentais em livros didáticos de química**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Química. São Carlos, SP, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6513/4092.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 08 jan. 2019.

AZEVEDO, H. H.; SCHNETZLER, R. P. Necessidades formativas de profissionais de Educação Infantil. In: **Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação em Educação (ANPEd)**, n. 24, Caxambu, 2001. Disponível em: <<24reuniao.anped.org.br/T0707185822605.doc>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M., P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, p. 19-33, 2004.

BARBERÁ, O; VELDÉS, P. El trabajo practico en la enseñanza de las ciências: una revisión. **Enseñanza de las ciências**, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.

BARGALLÓ, C. M. Aprender Ciências a través del lenguaje. **Educación**, p. 27-39, 2005. Disponível em: <[http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Aprender%20ciencias%20a%20traves%20del%20lenguaje\\_0.pdf](http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Aprender%20ciencias%20a%20traves%20del%20lenguaje_0.pdf)> Acesso em 01 nov. 2018.

BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.

BIANCHINI, T. B.; ZULIANI, S. R. Q. A. **A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, Florianópolis. Anais. UFSC, p. 1-12. 2009.

BLANCHARD, M. R.; SOUTHERLAND, S. A.; GRANGER, E. M. No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers. **Science Education**, v. 93, p. 322–360, 2009.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Reestruturação e Expansão do Ensino Médio no Brasil**. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível para download em: <<http://novoensinomedio.mec.gov.br/#!/saiba-mais>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

BRAUN, J. R. R.; FIALHO, F. A. P.; GOMEZ, L. S. R. Aplicações da criatividade na educação brasileira. **Revista Diálogo Educacional**. Curitiba, v. 17, n. 52, p. 575-593, abr./jun. 2017.

BRETON, Philippe. **A argumentação na comunicação**. 1ª Edição, Bauru SP: EDUSC, 1999.

BRICCIA, Viviane. Sobre a natureza da Ciência e o ensino. In: CARVALHO, A. M., P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage, p. 111-128, 2018.

BROOKE, Nigel. O futuro das políticas de responsabilização educacional no Brasil. *Cadernos de Pesquisa*, v. 36, n. 128, p. 377-401, maio/ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cp/v36n128/v36n128a06.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

BURNARD, P. Carl Rogers and postmodernism: Challenged in nursing and health sciences. **Nursing and Health Sciences**, v. 1, p. 241–247, 1999.

BYBEE, R. W. Teaching science as inquiry. In: MINSTRELL, J.; ZEE, E. (Eds.), **Inquiring into inquiry learning and teaching in science**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press, p. 20–46, 2000.

CACHAPUZ, António. Do diálogo entre arte e ciência na educação em ciências. In: GONÇALVES, T. V. O.; MACÊDO, F. C. S.; SOUZA, F. L (Orgs.). **Educação em ciências e matemáticas: debates contemporâneos sobre ensino e formação de professores** – debates contemporâneos sobre ensino e formação de professores. 1ª ed. Porto Alegre: Penso, 2015, cap. 1, p. 22-33. 323p.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação numa Aula de Física. In: CARVALHO, A. M. P (org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo, SP: Thomson, 2004.

CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P.; SILVA, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio - Pesquisa e Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00152.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2018.

CAPECCHI, M. C. V. M.; GOMES, V. M. S.; MARQUES, M. Por uma didática mediada pela sensibilidade: no caminho de um ser professor. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v.98, n. 250, p. 690-709, set./dez. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeped/v98n250/2176-6681-rbeped-98-250-690.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2019.

CARNOY, Martin. **A vantagem acadêmica de Cuba: por que seus alunos vão melhor na escola**. 1ª ed., São Paulo: Ediouro, 2009. 271p.

CARVALHO, A. M., P. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage, 2018. 152p.

CASTELLO, L. A.; MÁRSICO, C. T. **Oculto nas palavras - Dicionário etimológico para ensinar e aprender**. 1ª Edição, Belo Horizonte: Autêntica, 2007. 152p.

CASTRO, M.H.G. Entrevista: Maria Helena Guimarães: “Há um tédio generalizado entre os alunos do ensino médio”. Texto de Beatriz Morrone e edição de Flávia Yuri Oshima. **Época**, 10 ago. 2016. Disponível em: <<https://epoca.globo.com/ideias/noticia/2016/08/maria-helena-guimaraes-ha-um-tedio-generalizado-entre-os-alunos-do-ensino-medio.html>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

CHALTON, N.; MacARDLE, M. **A história da ciência para quem tem pressa**. Tradução Milton Chaves, 3ª ed. Rio de Janeiro: Valentina, 2017. 200p.

CHASSOT, Attico. **Para que(m) é útil o ensino? alternativas para um ensino de química mais crítico**. Canoas: ULBRA, 1995.

CHASSOT, Attico. Alfabetização Científica: Uma possibilidade para inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 89-100, janeiro 2003.

CHOMSKY, N. **Linguagem e Pensamento**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 1977.

COELHO DA SILVA, J. L. Actividades laboratoriais e autonomia na aprendizagem das ciências. In F. VIEIRA, M. A. MOREIRA, J. L. COELHO DA SILVA & M. C. MELO (Eds.), **Pedagogia para a autonomia - Reconstruir a esperança na educação**. Actas do 4º Encontro do GT- PA (Grupo de Trabalho - Pedagogia para a Autonomia). Braga: Universidade do Minho, Centro de Investigação em Educação, p. 205-218, 2009.

COLL, C.; VALLS, E. **Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. 1ª ed. São Paulo: Artmed, 2011. 151p.

DAMÁSIO, António. Some notes on brain, imagination and creativity. In: PFENNINGER, K. H; SHUBIK, V. R. (Org.). **The origins of creativity**. New York: Oxford University Press, 2001. 288p.

DAMÁSIO, António. **A estranha ordem das coisas: as origens biológicas dos sentimentos e da cultura**. 1ª Edição, São Paulo: Cia das Letras, 2018. 336p.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools In Flick, L. D. and Lederman, N. G. (Ed.), **Scientific Inquiry and Nature of Science**, Netherland, NED, Springer, p.17-35, 2006.

DOMINGUES, Maria Aparecida. **Desenvolvimento e aprendizagem: o que o cérebro tem a ver com isso?** 1ª ed. Canoas: Ulbra, 2007. 208p.

DRIVER et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**. Nº 9, p. 31-40, 1999. Disponível em:  
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

DURAND, T. L'alchimie de la compétence. **Revue Française de Gestion**, n. 127, p. 84-102, jan./fev. 2000.

DUSCHL, R. A.; SCWEINGRUBER, H. A.; SHOUSE, A. W. **Taking Science to School: learning and teaching science in Grades K-8**. Washington, DC: National Academies Press, 2007.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. F. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88, p. 915–933. 2004.

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

FERREIRA, M. S.; IBIAPINA, I. M. A pesquisa colaborativa na perspectiva sócio-histórica. **Revista linguagens, educação e sociedade**, Teresina, PI, n.12, p. 26-38, jan./jun. 2005.

FERRETI, C. J.; SILVA, M. R. Reforma do Ensino Médio no contexto da medida provisória no. 746/2016. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 38, nº. 139, p.385-404, abr.-jun., 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/es/v38n139/1678-4626-es-38-139-00385.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

FREITAS, Luiz Carlos. Três teses sobre as reformas empresariais da educação: perdendo a ingenuidade. **Cadernos CEDES**. Campinas, v. 36, n. 99, p. 137-153, maio-ago., 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v36n99/1678-7110-ccedes-36-99-00137.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GALLET, Christian. Problem solving teaching in the chemistry laboratory: leaving the cooks... **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 1, p.72-77, 1998.

GIL-PÉREZ et al. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. **Orealc/UNESCO**, Santiago de Chile, 2005. Disponível em: <<https://www.oei.es/historico/decada/libro.php>> Acesso em: 05 jan. 2019.

GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W. O.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 14, n. 3, p. 39-57, 1998.

GIORDAN, Marcelo. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GLĂVEANU, Vlad Petre. Revisiting the “art bias” in lay conceptions of creativity. **Creativity Research Journal**, v. 26(1), p. 11-20, 2014.

GLEISER, Marcelo. **Poeira das Estrelas**. São Paulo, SP: Globo, 2006. 277p.

GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: Discursos Pedagógicos e Epistemológicos**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Florianópolis, 2005. Disponível em:

<[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro2011/quimica\\_artigos/dissert\\_fabio\\_goncalves.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro2011/quimica_artigos/dissert_fabio_goncalves.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2018.

GONÇALVES, F. P.; DE BRITO, M. A. **Experimentação na educação em química – fundamentos, propostas e reflexões**. Florianópolis, Ed. UFSC, 2014.

GREENBERG, Arthur. **Uma breve história da química – da alquimia às ciências moleculares modernas**; tradução da primeira edição inglesa: Henrique Eisi Toma; Paola Corio; Viktoria Klara Lakatos Osório. São Paulo: Blucher, 2009. 379p.

GUIMARÃES, Camila. O Ensino público no Brasil: ruim, desigual e estagnado. **Época**. São Paulo. 05.Jan.2015. Disponível em:

<<https://epoca.globo.com/ideias/noticia/2015/01/bo-ensino-publico-no-brasilb-ruim-desigual-e-estagnado.html>> Acesso em: 01 nov. 2018.

HANNAFIN, M. J.; HANNAFIN, K. M. Cognition and student-centered, web-based learning: Issues and implications for research and theory. In: SPECTOR, J. M. et al. **Learning and instruction in the digital age**, p. 11-23. Boston: Springer US, 2010.

HERMAN, Carolyn. Inserting an investigative dimension into introductory laboratory courses. **Journal of Chemical Education**, v. 75, n. 1, p. 70-72, 1998.

HERRON, M. The nature of scientific inquiry. **School Review**, v. 79, p. 171-212, 1971.

HODSON, D. Is this really what scientists do seeking a more authentic science and beyond the school laboratory? In: WELLINGTON, J. **Practical work in school science: wich way now?** London: Routledge, p. 93-108, 1998.

Hodson, D. Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. **Educación Química**, v.16, n.1, p. 30-38, 2005.

HOFSTEIN, A. Laboratory work, forms of. In: GUNSTONE, R. (Ed.). **Encyclopedia of science education**. Dordrecht: Springer, 2015.

HOFSTEIN, A; KIPNIS, M.; ABRAHAMS, I. How to learn in and from science laboratories. In: EILKS, I. e HOFSTEIN, A. (Eds.). **Teaching chemistry: a study book**. Rotterdam: Sense, 2013.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BROCCOS, P. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 139-159, novembro 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172015000400139](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172015000400139)>. Acesso em: 08 jan. 2019

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: An overview. In S. ERDURAN, M. P. JIMÉNEZ-ALEIXANDRE (Eds.), **Argumentation in science education: Recent developments and future directions**. Dordrecht: Springer, 2008.

JONES, Leo. **The Student-Centered Classroom**. 1ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 41p.

KIPNIS, M.; HOFSTEIN, A. The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills. **International Journal of Science and Mathematics Education**. v. 6, p. 601–627, 2008.

KLEIN, Ruben. Como está a educação no Brasil? O que fazer? **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 51, p. 139-172, 2006.

KLIEBARD, Herbert. **The Struggle for the American Curriculum**. 3ª ed. Oxford, UK: Taylor & Francis Books, Inc., 2004. 358p.

LAMBA, R. S. Inquiry-based student-centered instruction. In: GARCÍA-MARTÍNEZ, J. e SERRANO-TORREGROSA, E. (Eds.). **Chemistry education: best practices, opportunities and trends**. Weinheim: Wiley-VCH, 2015.

LANDAU, Valerie. **Developing an Effective Online Course**. 1ª ed. California: California Community Colleges, 2002. 69p.

LECHTANSKI, Valerie Ludwig. **Inquiry-based Experiments in Chemistry**. Washington, DC: Oxford University Press, 2000. 252p.

LEITÃO, Selma. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. **Argumentação na escola: o conhecimento em construção**. Campinas, SP. p. 13-43. 2011.

LEMKE, J. L. **Talking science: Language, learning, and values**. Norwood: Ablex, 1990.

LIMA, Jailson. Criatividade como ferramenta de ensino. Revista **Ei! Ensino Inovativo**, v. 2, p. 17-21, 2015.

LORENZ, K. M. A influência francesa no ensino de ciências e matemática na escola secundária brasileira no século XIX. Anais do **2º Congresso Brasileiro de História da Educação**, Natal, 2002. Disponível em: <<http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe2/pdfs/Tema3/0306.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2019.

MARTINS, A. P. B.; PORTO, M. B. D. S. M. O Ensino e a Aprendizagem das Ciências da Natureza no Ensino Fundamental II: uma proposta envolvendo a Natureza da Ciência. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 981-990, 2018. Disponível em: <<http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/viewFile/938/869>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

MELLADO, V.J.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 3, p. 331-339, 1993.

MIRZA, N. M.; PERRET-CLERMONT, A. N. (Eds). **Argumentation and education: theoretical foundations and practices**. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2009.

MORAES, Carmen Sylvia Vidigal. O Ensino Médio e as comparações internacionais: Brasil, Inglaterra e Finlândia. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 38, nº. 139, p.405-429, abr.-jun., 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/es/v38n139/1678-4626-es-38-139-00405.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

MOREIRA, Marco Antônio. **Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Abandonoport.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2019.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. S. O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de química. **Química Nova**, vol. 37, no. 5, p. 919-926, 2014. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=174](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=174)> Acesso em: 08 jan. 2019.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: Ensino Médio**. Volume 1, 2ª ed., São Paulo: Scipione, 2014. 432p.

MULLER, C. **The role of caring in the teacher-student relationship for at-risk students**. 1ª ed. Los Angeles, CA: Sociological Inquiry. 2001. 161p.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar Ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 09, n. 01, p. 89-111, 2007.

MURRAY, C.; MALMGREN, K. Implementing a teacher–student relationship program in a high-poverty urban school: Effects on social, emotional, and academic adjustment and lessons learned. Worcester, MA: **Journal of School Psychology**, v. 43, n. 2, p. 137-152, 2005.

MURTHY, P. P. N.; THOMPSON, M.; HUNGWE, K. Development of a Semester-Long, Inquiry-Based Laboratory Course in Upper-Level Biochemistry and Molecular Biology. **Journal of Chemical Education**. v. 91, p. 1909–1917, 2014.

NAIR, Prakash. **Blueprint for Tomorrow: Redesigning Schools for Student-Centered Learning**. 1ª ed., Cambridge, MA: Harvard Education Press, Jan. 2019. 216p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning**. 10th Printing, Washington, DC: National Academy Press, 2008. 202 p.

NERSESSIAN, N. **Model based reasoning in conceptual change**. In L. Magnani, N. Nersessian, & P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (p. 5–22). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999.

NÍAZ, M. Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 97-100, 1994.

OBREGON, R. de F. A.; et al. A interação como elemento constitutivo dos processos de desenvolvimento da criatividade. In: **Congresso Internacional de Criatividade e Inovação**. 2011. Manaus. Anais... Manaus, 2011. p. 255-267.

OLIVEIRA, R. P; ARAUJO, G. C. Qualidade do ensino: uma nova dimensão da luta pelo direito à educação. **Revista Brasileira de Educação**, nº 28, p. 5-23, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbedu/n28/a02n28.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

O'NEILL, G.; McMAHON, T. 'Student-Centred Learning: What does it mean for students and lectures?' In: O'NEILL, G. et al. (eds.) **Emerging Issues in the Practice of University Learning and Teaching**, Dublin: AISH, 2005.

O'SULLIVAN, M. The reconceptualisation of learner-centred approaches: A Nambian case study. **International Journal of Educational Development**, v. 24, n. 6, p. 585-602, 2003.

OLIVEIRA, Dalila A. O. As políticas para o ensino médio na realidade brasileira: uma agenda em disputa. **Revista Poiésis**, Tubarão, v. 10, n. 17, p. 187-198, jan./jun. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.19177/prppge.v10e172016187-198>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

OLIVEIRA, J. F. R. et al. **Tendências epistemológicas para o ensino de ciências e matemática**. 1ª ed., São Paulo: Amazon, 2012. 36p.

OLIVEIRA, Renato J. de. A Crítica ao Verbalismo e ao Experimentalismo no Ensino de Química e Física. **Química Nova**, v. 15, n. 1, p. 86-89, 1992. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol15No1\\_86\\_v15\\_n1\\_%2813%29.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol15No1_86_v15_n1_%2813%29.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2019.

OSBORNE, J. F.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the quality of argument in school science. **Journal of Research in Science Teaching**, v.41, p. 994–1020, 2004.

PEDERSEN, S.; LIU, M. Teachers' beliefs about issues in the implementation of a student-centered learning environment. **Educational Technology Research and Development**, v. 51, n. 2, p. 57-76, 2003.

PERRENOUD, Philippe. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999. 96p.

PLANTIN, C. **A argumentação: História, teorias e perspectivas**. 1ª ed, São Paulo: Parábola, 2008. 152p.

PLANTIN, C. **Dictionnaire de l'argumentation. Une introduction conceptuelle aux études d'argumentation**. Lyon: ENS Éditions, 2016.

PLAZA, Julio. Arte/Ciência, uma consciência. **Comunicações e Artes**, v. 19, n. 29, p. 37-47, 1996. Disponível em: <[http://www.mac.usp.br/mac/expos/2013/julio\\_plaza/pdfs/arte\\_ciencia\\_uma\\_consciecia.pdf](http://www.mac.usp.br/mac/expos/2013/julio_plaza/pdfs/arte_ciencia_uma_consciecia.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2018.

POSTELNEK, Ayla. **The Power of Potential: Student Centered Learning**, 2017. (14min45s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pl1GtWRI55A>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

POZO, J. I; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2009. 296p.

PPI – Projeto Pedagógico Institucional. **Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria**. Santa Maria, 2018. 179p. Disponível em: <[http://www.politecnico.ufsm.br/images/projeto\\_pedagogico/projeto\\_pedagogico\\_2018.pdf](http://www.politecnico.ufsm.br/images/projeto_pedagogico/projeto_pedagogico_2018.pdf)>. Acesso em: 21 jan. 2019.

PRENSKY, Marc. O papel da tecnologia no ensino e na sala de aula. **Conjectura**, Caxias do Sul, v. 15, n. 2, p. 201-204, mai./ago. 2010. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/viewFile/335/289>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

PRIESTLEY, W. J. The impact of longer-term intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction: seeking a more effective role for laboratory in science education. **Dissertation Abstracts International**, v. 58, n.3, p. 806, 1997.

RAGHUBIR, K. P. Inquiry Teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, p.13-17, 1979.

RELVAS, Marta Pires. **Neurociência e educação: potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Wak, 2010. 158p.

ROBINSON, Ken. **Libertando o poder criativo: a chave para o crescimento pessoal e das organizações**. 1ª Edição, São Paulo: HSM, 2012.

ROBINSON, K.; ARONICA, L. **Creative Schools: The Grassroots Revolution – That's Transforming Education**. New York, NY: Penguin Books, 2016. 320p.

ROSA, Paulo Ricardo da Silva. **Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa em Ensino de Ciências**. Campo Grande: UFMS, 2013. 172p. Disponível em: <[http://www.paulorosa.docente.ufms.br/Uma\\_Introducao\\_Pesquisa\\_Qualitativa\\_Ensino\\_Ciencias.pdf](http://www.paulorosa.docente.ufms.br/Uma_Introducao_Pesquisa_Qualitativa_Ensino_Ciencias.pdf)>. Acesso em: 08 fev. 2019.

SALDAÑA, P.; TAKAHASHI, F.; GAMBA, E. Apesar de cortes, institutos federais lideram nota do Enem em 14 estados. **Folha de São Paulo/Uol**. São Paulo. 14.Jan.2018. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2018/01/1950323-apesar-de-cortes-institutos-federais-lideram-nota-do-enem-em-14-estados.shtml>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

SAMPSON, V.; ENDERLE, P.; GROOMS, J. Argumentation in Science Education. **Science Teacher**, v.80, n.5, p. 30-33, Jul 2013.

SANTANA, R. S.; FRANZOLIN, F. O ensino de ciências por investigação e os desafios da implementação na práxis dos professores. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v.9, n.3, p.218-237, 2018.

SAMPAIO, G. M. D.; SANTOS, N. P. Os livros didáticos de Física e Química nos primeiros dezoito anos do Colégio Dom Pedro II (1838-1856). Anais do **6º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p42.pdf>> Acesso em: 08 jan. 2019.

SANCHIS, I.P.; MAHFOUD, M. Interação e construção: o sujeito e o conhecimento no construtivismo de Piaget. **Revista Ciência e Cognição**, volume 12, p. 165-177, 2007. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347195.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SANMARTÍ, Neus. Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. **Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales**, v. 12, p. 51-62, 1997.

SANMARTÍ, Neus. **Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència**, Centre de Recursos Pedagògics de la Ciutat de Barcelona: Barcelona, 2003.

SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. **Química Nova**, v. 4, n. 1, p. 6-15, 1981.

SCHWAB, J. J. The teaching of science as enquiry. In: SCHWAB, J. J.; BRANDWEIN, P. F. (eds). **The teaching of science**. Cambridge: Harvard University Press, p. 3-103, 1962.

SCHWARTZMAN. S.; CHRISTOPHE, M. **A Educação em Ciências no Brasil**, documento preparado por solicitação da Academia Brasileira de Ciências, 2011. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-210.pdf>>, Acesso em: 01 nov. 2018.

SENA, A. B. T. de; MARTINS, J. P. O desenvolvimento da criatividade na educação infantil e sua contribuição na aprendizagem da educação matemática nas series iniciais do ensino fundamental. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 1, n. 7, 2013. Disponível em: <[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigoparapublicacao\\_1.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigoparapublicacao_1.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2019.

SILVA, André Luís Silva da. **A formação de um professor de ciências pesquisador a partir de seu saber/fazer pedagógico**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/108933>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

SILVA, D. P. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química: reflexões de um grupo de professores**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-01062012-135651/pt-br.php>>. Acesso em: 01 nov. 2018.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. **A experimentação no ensino de ciências**. In: SCHNETZLER, R. P. ARAGÃO, R. M. R. *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, p. 120-153, 2000.

SILVA, P. B. et al. O valor pedagógico da curiosidade científica dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 241-248, novembro 2018. Disponível em: <[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40\\_4/04-EA-72-17.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_4/04-EA-72-17.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2019.

SILVA, R. C. D.; MELO, S. D. G. ENEM: propulsão ao mercado educacional brasileiro no século XXI. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 43, n. 4, p. 1385-1404, out./dez. 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/edreal/v43n4/2175-6236-edreal-43-04-1385.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2019.

SILVEIRA, F. L.; BARBOSA, M. C. B; SILVA, R. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): uma análise crítica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 1101-1 – 1101-5, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n1/1806-1117-rbef-S1806-11173710001.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

SIMON, S.; JOHNSON, S. Professional learning portfolios for argumentation in school science. **International Journal of Science Education**, v.30, p.669–688, 2008.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2013. Disponível em:

<[http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/quimica\\_atividades\\_experimentais.pdf](http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/quimica_atividades_experimentais.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2018.

STADLER, J. P.; GONÇALVES, F. R.; HUSSEIN, S. O perfil das questões de ciências naturais do novo Enem: interdisciplinaridade ou contextualização? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 2, p. 391-402, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v23n2/1516-7313-ciedu-23-02-0391.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.

STEINBERG, L. We know some things: Parent–adolescent relations in retrospect and prospect. **Journal of Research on Adolescence**, v. 11, p. 1-19, 2001.

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, 2008.

TAMIR, P. Practical work at school: An analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed). **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

TANG, K.S. Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 9, p. 1415-1440, 2016.

TOLEDO, E. J. L.; FERREIRA, L. H. A atividade investigativa na elaboração e análise de experimentos didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p.1-23, 2016.

TORRES, P.L.; ALCÂNTARA, P.R.; IRALA, E.A.F. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n. 13, p. 129-145, 2004.

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

TRAVITZKI, Rodrigo. **Enem: limites e possibilidades do Exame Nacional do Ensino Médio enquanto indicador de qualidade escolar**. 2013. 320 p. Tese (doutorado) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. **Argumentação no Ensino de Ciências – Tendências, práticas e metodologia de análise**. 1ª Edição, Curitiba: Appris, 2013. 112p.

VIGOTSKY, L.S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

VILANOVA, Rita. Educação em ciências e cidadania: mudança discursiva e modos de regulação na política do Programa Nacional do Livro Didático. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 1, p. 177-197, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n1/1516-7313-ciedu-21-01-0177.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

WEIMER, Maryellen. **Learner-Centered Teaching: Five Key Changes to Practice**. 2ª ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2013. 304p.

WERLANG, Canrobert Kumpfer. **A Reforma da Educação Profissional. Uma reflexão no Colégio Agrícola de Santa Maria**. Santa Maria: Imprensa Universitária - UFSM, 1999.

WERLANG, Canrobert Kumpfer. **Metodologia para Planejamentos Escolares – Uma contribuição para elaboração de Projetos Político-pedagógicos**. Santa Maria: Imprensa Universitária – UFSM, 2000.

XIMENES, Salomão B. Retorno do Ensino Religioso à BNCC: a culpa não é do STF. **Carta Educação**, São Paulo, 05 dez. 2017. Disponível em: <<http://www.cartaeducacao.com.br/artigo/o-retorno-do-ensino-religioso-bncc-responsabilidade-nao-e-do-stf/>>. Acesso em: 30 jan. 2019.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. **Como aprender e ensinar competências**. Tradução de Carlos Henrique Lucas Lima. Porto Alegre: Artmed, 2010. 197p.

ZACHOS, P.; HICK, T. L.; DOANE, W. E. J.; SARGENT, C. Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. **Journal of Research in Science Teaching**, v.37, p.938–962, 2000.

ZANCHETTIN, Fábio. O fim da divulgação dos resultados do Enem por escola: uma breve reflexão sobre a avaliação das políticas públicas e o acesso à informação. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 5, p. 971-985, set.-out.

2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rap/v52n5/1982-3134-rap-52-05-971.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2019.

ZANETIC, João. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v.57, n.3, p. 21-24, 2005.

ZILLI, A. R. et al. Criatividade como diferencial nas organizações de ensino superior. In: **Colóquio Internacional sobre Gestión Universitaria em America del Sur**, 10. 2010. Mar del Plata. Anais..., Mar del Plata, 2010.

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

## APÉNDICE A



## É possível montar uma torre de líquidos?



### Visão Geral

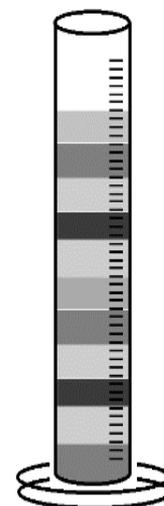
Densidade é um conceito fundamental dentro das ciências exatas e, no entanto, frequentemente trabalhado de forma inconsistente na escola. Muitos estudantes, ao serem questionados sobre “o que é densidade”, respondem que é “massa dividida pelo volume”, uma confusão entre o conceito e a fórmula matemática. Isso gera obstáculos de difícil transposição.

Esta atividade propõe um desafio aos estudantes: o de construir uma torre de líquidos, com o maior número possível de fases, a partir de vários materiais presentes no cotidiano. Para isso são exigidos planejamento e conhecimento sobre densidade e solubilidade.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar o conceito de densidade, além de questões sobre solubilidade;
- Planejar e construir uma torre de líquidos;
- Determinar a densidade dos diferentes materiais;
- Apresentar o planejamento, os resultados e os erros.



### Materiais e Reagentes

- |                                   |             |                |
|-----------------------------------|-------------|----------------|
| • Béqueres                        | • Querosene | • Álcool gel   |
| • Provetas de diversos tamanhos   | • Água      | • Óleo de soja |
| • Balança semi-analítica          | • Melado    | • Detergente   |
| • Corantes alimentícios (6 cores) | • Vinagre   |                |



### Procedimentos e Dados

A fim de montar uma torre de líquidos, sugere-se que os estudantes fiquem livres para pesquisar, planejar e executar suas estratégias.



### **Questões Sugeridas**\_\_\_\_\_

- (a) O que foi considerado para a definição da ordem de disposição dos materiais na torre?
- (b) Qual o maior número de camadas alcançado? Alguma inversão de camadas é viável?
- (c) Quais condições poderiam comprometer a estabilidade da torre de líquidos?



### **Referência**\_\_\_\_\_

SANTOS, I.A.P.; SANTOS, A.S.; SANTOS, A.P.; SANTOS, M.C.; JUNIOR, A.C.; SILVA, M.B.; SILVA, J.S. Torre de líquidos: A utilização da experimentação nas aulas de química no Ensino Médio. 54<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Química, 2014. <<http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/6/5621-10352.html>> Acessado em 10/04/2016.

OBS.: Adaptado do artigo citado acima. Imagem pelo autor.



## Como separar tudo isso daqui?



### Visão Geral

Na natureza é muito difícil encontrar substâncias na forma pura. Elas geralmente estão juntas, formando misturas homogêneas ou heterogêneas.

É de interesse da Química desenvolver e aplicar técnicas para a separação das substâncias constituintes de uma mistura. Um exemplo da importância disso é o uso de areia da praia na construção civil. Esse tipo de areia deve ser separado do sal presente nela, pois o alto teor de sal favorece processos de corrosão nos materiais metálicos, podendo comprometer gravemente a estrutura de uma casa ou prédio.



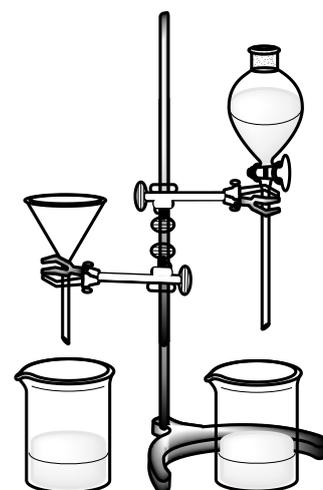
### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar o estudo dos processos de separação de misturas;
- Oportunizar aos estudantes que conduzam processos para separar os componentes de algumas misturas;
- Estimular os estudantes a explicarem suas estratégias para separar os componentes das misturas dadas.



### Materiais e Reagentes

- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| • Funil               | • Sal de cozinha             |
| • Filtro de papel     | • Areia                      |
| • Pinça metálica      | • Limalha de ferro           |
| • Ímã                 | • Óleo de soja               |
| • Centrífuga          | • Giz triturado              |
| • Funil de decantação | • Iodo sólido, $I_2$         |
| • Mufa e garra        | • Éter de petróleo ou hexano |
| • Suporte Universal   | • Água                       |
| • Isopor picado       | • Botões grandes (de roupas) |





## Procedimentos

Fornecer aos estudantes os 4 sistemas a seguir, previamente preparados, e pedir que montem estratégias de separação de seus componentes.

SISTEMAS	COMPONENTES
A	30 mL de água e 30 mL de óleo em um mesmo béquer
B	15 g de sal e 2 g de iodo sólido ( $I_2$ ) em um mesmo béquer
C	50 ml de água e uma barra de giz triturada em um mesmo béquer
D	Isopor picado, sal de cozinha, areia, limalha de ferro e botões de roupa.



## Dados

Os grupos provavelmente irão propor diferentes modos de separação para uma mesma mistura. As estratégias diferentes podem ser discutidas no grande grupo, avaliando a viabilidade e possível eficiência.

Um exemplo:

A mistura “giz triturado e água” pode ser separada por filtração; também pode ser utilizada uma sedimentação seguida de decantação, ou ainda a utilização da centrifugação para acelerar a sedimentação, antes da decantação.



## Questões Sugeridas

- Por que as técnicas de separação escolhidas pelo grupo são as melhores?
- Qual a importância de se desenvolver técnicas de separação de misturas para a ciência Química?



## Referência

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Química Geral. Vol. 1, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental, imagens e tabela pelo autor.



## Como saber se houve ou não reação química?



### Visão Geral

De maneira geral, a Química como ciência se preocupa em estudar a constituição da matéria, bem como as transformações que ela sofre, ou seja, as reações químicas.

Estamos rodeados de processos químicos e físicos acontecendo o tempo todo, desde aquelas que ocorrem no interior de nosso corpo até aquelas que ocorrem nas ruas ou na cozinha de casa.

Esta atividade propõe a condução e observação de alguns experimentos, visando encontrar evidências que levem a concluir que houve ou não transformação química em determinado processo.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: fenômenos físicos e químicos, calor, energia, afinidade química;
- Conduzir de forma segura alguns experimentos, manipulando substâncias muitas vezes já conhecidas teoricamente em sala de aula;
- Proporcionar aos estudantes que observem e caracterizem os sistemas no início e fim de cada experimento; e coletem dados relevantes para suas conclusões;
- Oportunizar a socialização de resultados, comparando as justificativas dos diferentes grupos.



### Materiais e Reagentes

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| • 2 Béqueres de 100 mL                | • Água destilada                             |
| • 1 Béquer de 500 mL                  | • Açúcar comum                               |
| • Tubos de ensaio                     | • Amido de milho                             |
| • Estante para tubos de ensaio        | • Magnésio metálico em raspas                |
| • Espátula/colher                     | • Carbonato de potássio sólido, $K_2CO_3$    |
| • Pinça para cadinho – tamanho grande | • Sulfato de cobre(II) sólido, $CuSO_4$      |
| • Lâmparina a álcool e fósforos       | • $NaOH$ (aq) $1,0 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ |
| • Lugol (solução)                     | • $HCl$ (aq) $1,0 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  |



## Procedimentos e Dados

### ➤ EXPERIMENTO A – Carbonato de potássio e ácido clorídrico

- Colocar 3 espátulas de  $K_2CO_3$  em um béquer de 100 mL limpo;
- Acrescentar lentamente a solução de ácido clorídrico;
- Observar e anotar.



### ➤ EXPERIMENTO B – Sulfato de cobre(II) e água

- Colocar 2 espátulas de  $CuSO_4$  em um béquer de 100 mL limpo;
- Acrescentar água;
- Misturar bem, observar e anotar.



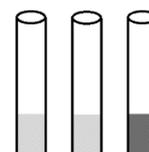
### ➤ EXPERIMENTO C – Solução anterior e solução aquosa de hidróxido de sódio

- Encher meio tubo de ensaio com a mistura obtida no experimento anterior;
- Acrescentar lentamente gotas de solução de hidróxido de sódio;
- Observar e anotar.



### ➤ EXPERIMENTO D – Lugol em diferentes sistemas

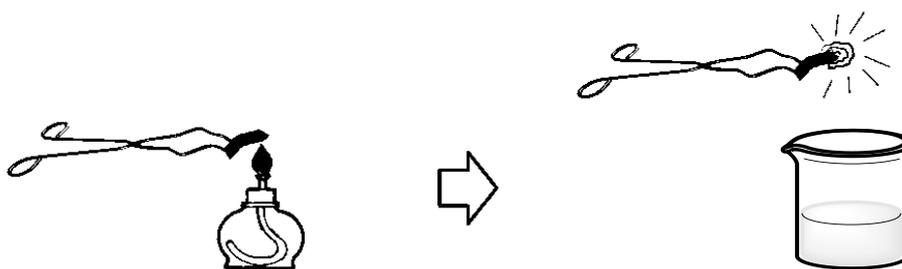
- Encher 1/3 de um tubo de ensaio com água;
- Encher 1/3 de um tubo de ensaio com água misturada com açúcar comum (agite);
- Encher 1/3 de um tubo de ensaio com água misturada com duas pitadas de amido de milho (agite);
- Acrescente três gotas de lugol em cada um dos tubos;
- Observar e anotar.



➤ **EXPERIMENTO E** – Queima do magnésio metálico

- Encher 1/3 de um béquer de 500 mL com água;
- Acender a chama de uma lamparina a álcool;
- Prender um pedaço de raspa de magnésio na ponta de uma pinça para cadinho;
- Posicionar o béquer com água ao lado da lamparina;
- Aproximar o magnésio da chama;
- Assim que as primeiras faíscas iniciarem, retirar a pinça da chama e posicionar ela bem em cima do béquer com água.

OBS.: A chama produzida é extremamente luminosa, por isso deve-se sugerir aos estudantes que não olhem diretamente para ela o tempo todo. A pinça para cadinho deve ser bem longa, evitando que o aquecimento queime a mão da pessoa que vai segurá-la. O béquer com água é sugerido por segurança, pois caso alguma parte do magnésio em chamas se desfaça, o pedaço irá cair na água, evitando perigo de incendiar algum material que esteja sobre a bancada.



### Dados

Cada experimento pode sofrer desdobramentos em novos experimentos. Avalie cada caso.

No experimento A, o carbonato de potássio pode ser substituído por outro bicarbonato de sódio.

No experimento C, o produto pode ser filtrado ou até sedimentado rapidamente em uma centrífuga.



Caso o laboratório não tenha LUGOL à disposição, prepare a solução da seguinte forma, em balão volumétrico de 50 mL:

- 2,5 g de iodo ressublimado ( $I_2$  sólido)
- 10 g de iodeto de potássio
- água suficiente para 50 mL



### **Questões Sugeridas** \_\_\_\_\_

- (a) Em quais experimentos houve reação química? Por quê
- (b) No conjunto de experimentos, que evidências indicam reação química?
- (c) Em que casos houve somente um fenômeno físico? Por quê?
- (d) Cite exemplos de outros fenômenos químicos que apresentem alguma ou algumas das evidências observadas por você no conjunto de experimentos.



### **Referência** \_\_\_\_\_

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Química Geral. Vol. 1, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental e imagens pelo autor.



## Por que a água tá fugindo?



### Visão Geral

A água é uma substância essencial para a manutenção da vida no planeta. A combinação de seus átomos na molécula, a geometria molecular, a polaridade, bem como as interações entre elas têm relação direta com todas as propriedades físicas dessa substância.

Este experimento propõe a exploração de algumas propriedades da água e também do álcool etílico, outra substância muito comum e presente no nosso cotidiano.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: molécula, substância, polaridade, volatilidade, tensão superficial e forças intermoleculares;
- Estabelecer relações e comparações entre algumas propriedades físicas de substâncias com suas estruturas moleculares;
- Explicar o comportamento de substâncias diferentes em iguais condições.



### Materiais e Reagentes

- Placa de Petri em vidro (bem seca)
- Pipetas de Pasteur
- Água destilada
- Etanol absoluto
- Mistura 1:1 de água com detergente comum
- Azul de metileno (ou outro corante colorido)



### Procedimentos

PRIMEIRA PARTE:

- Na parte traseira de uma placa de Petri, bem limpa e seca, adicione uma gota de água destilada em uma das metades da placa. Na outra metade, adicione uma gota de álcool absoluto. Para isso, use diferentes pipetas de Pasteur, também limpas e secas. Observe as gotas separadas por um tempo e faça anotações;

parte traseira da  
placa de Petri



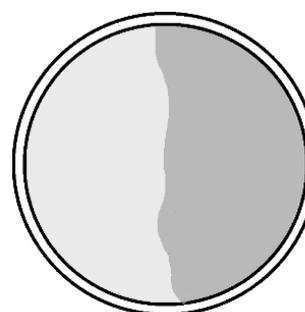
SEGUNDA PARTE:

- Prepare ao redor de 30 mL de água levemente colorida – mistura de água destilada com uma gota de azul de metileno ou outro corante;
- Utilize agora a parte interna da placa de Petri utilizada anteriormente. Certifique-se que ela está bem limpa e seca;
- Com auxílio de uma pipeta de Pasteur limpa, preencha a metade da placa de Petri com água colorida, certificando-se que a outra metade esteja seca;
- Com auxílio de uma pipeta de Pasteur limpa, vá preenchendo a outra metade da placa de Petri com etanol absoluto;
- Observe atentamente quando os líquidos entram em contato. Faça anotações;
- Com nova pipeta de Pasteur limpa, adicione uma ou duas gotas da mistura de água/detergente, bem na fronteira onde os líquidos estão interagindo. Faça anotações.

placa de Petri



etanol  
absoluto



água  
colorida

Vista de cima da placa de Petri



## Dados

Em uma molécula de água há duas ligações covalentes H–O fortemente polarizadas, enquanto que no etanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) há somente uma, além da presença do pequeno grupo hidrocarboneto de baixa polaridade. Assim, as moléculas de água se associam muito mais fortemente entre si (ligações de hidrogênio), quando comparadas às moléculas do álcool.

Essas características afetam, dentre outras propriedades, a tensão superficial dos líquidos, a volatilidade, pontos de fusão e ebulição.



### **Questões Sugeridas** \_\_\_\_\_

- (a) Explique o porquê do formato das gotas de água e de álcool no experimento inicial?
- (b) Qual dos líquidos é mais volátil? Por quê?
- (c) Explique o comportamento da água, no segundo experimento, quando os líquidos entram em contato.
- (d) O que ocorreu com a adição da mistura água/detergente? Por quê?



### **Referência** \_\_\_\_\_

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9ª Ed. Prentice-Hall, 2005.

OBS.: Proposta experimental e imagens pelo autor.



## Como que 15 mL + 15 mL não dá 30 mL?



### Visão Geral

Esta atividade experimental propõe a exploração de algumas propriedades físicas de diferentes substâncias, bem como o comportamento delas quando misturam. Nesta proposta, os aspectos energéticos de transformações físicas também serão abordados.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: volatilidade, calor, transformações endo e exotérmicas, solubilidade e forças intermoleculares;
- Estabelecer relações e comparações entre algumas propriedades físicas de substâncias com suas estruturas moleculares;
- Explicar o comportamento de substâncias diferentes em iguais condições, bem como o comportamento delas quando misturam.



### Materiais e Reagentes

- |                     |   |
|---------------------|---|
| • Provetas de 25 mL | • Álcool etílico absoluto                 |
| • Termômetro        | • Acetona                                 |
| • Tubos de ensaio   | • Carbonato de Potássio sólido, $K_2CO_3$ |
| • Água destilada    |   |



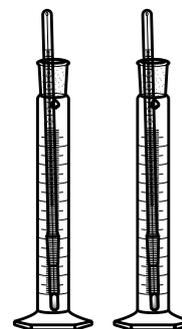
### Procedimentos e Dados

#### PRIMEIRA PARTE

- Para os três solventes: água, etanol e acetona, coloque uma gota de cada um deles nas costas da mão e observe. Faça anotações.

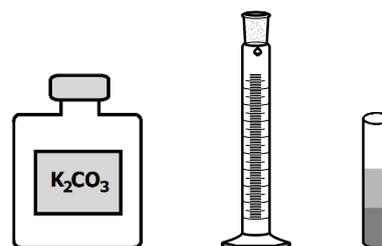
## SEGUNDA PARTE

- Coloque 15 mL de água em uma proveta. Meça a temperatura;
- Em outra proveta, coloque 15 mL de álcool etílico absoluto. Meça a temperatura;
- Acrescente toda a água de uma proveta naquela que contém o álcool, medindo a temperatura imediatamente após a mistura;
- Agite muito suavemente a mistura com o próprio termômetro, cuidando para não quebrar. Verifique se há variação de temperatura;
- Confira o volume da final da mistura.



## TERCEIRA PARTE

- Coloque cerca de 6 mL da mistura álcool/água, preparada na parte anterior, em um tubo de ensaio;
- Faça adições de carbonato de potássio sólido ao tubo, agitando bem a cada adição;
- Observe e faça anotações.



### Dados \_\_\_\_\_

Densidade da água =  $1,0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Densidade do álcool etílico absoluto =  $0,8 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

O carbonato de potássio,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , é um sal bastante solúvel em água.



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

(a) Para a primeira parte, explique o comportamento dos solventes, em termos de volatilidade, bem como de energia liberada/absorvida nas transformações.

(b) Para a segunda parte, o que explica as alterações de temperatura? Por que a mistura final tem volume diferente do esperado?

(c) Para a terceira parte, qual o papel do carbonato de potássio para que o sistema final adquirisse aquele aspecto?

(d) O que compõe cada fase do sistema final? Como identificar?



## **Referência** \_\_\_\_\_

LAUXEN, A. A. Atividades Experimentais de Química Geral. 6ª Ed. Passo Fundo: Berthier, 2015. 80 p.

MATEUS, A. L. Química na Cabeça. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001. 128 p.

OBS.: Adaptado das referências citadas acima. Imagens pelo autor.



# Que gás é esse?

## Propriedades Químicas



### Visão Geral

Abordar na prática o estudo da natureza química de gases pode parecer mais desafiador quando comparado ao de substâncias nos estados sólido e líquido, já que coletar e investigar gases exige planejamento e uso de acessórios ou equipamentos.

Esta proposta experimental sugere a investigação da natureza química de três gases incolores: o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e o gás hidrogênio ( $\text{H}_2$ ).



### Objetivos de Aprendizagem

- Trabalhar com os conceitos: o estado gasoso, combustível, comburente;
- Desafiar os estudantes a investigar/pesquisar por reações químicas que produzam os gases  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{H}_2$ ;
- Trabalhar com técnicas para a coleta e manipulação de gases de forma segura;
- Investigar a natureza dos gases coletados em relação às suas propriedades comburentes e/ou combustíveis;
- Explicar as reações, os experimentos e expor conclusões.



### Materiais e Reagentes

- |   |  |
|---|--|
| • 3 Erlenmeyers de 500 mL                     | • Algum metal em pedaços pequenos (Mg, Al, Zn) |
| • Rolha compatível com o Erlenmeyer de 500 mL | • $\text{KMnO}_4$ sólido                       |
| • Vela comum curta (3 ou 4 cm)                | • $\text{HCl}$ (aq) $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$   |
| • Balão de festa (comum)                      | • $\text{HCl}$ (aq) $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$   |
| • Lamparina a álcool                          | • $\text{H}_2\text{O}_2$ (aq) concentrado, 35% |
| • $\text{Na}_2\text{CO}_3$ sólido             |  |



## Procedimentos

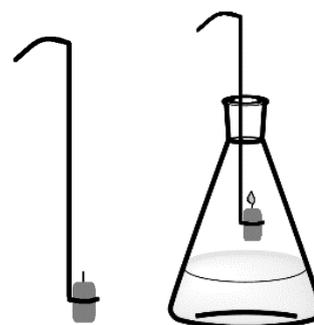
A seguir sugestões de procedimentos, que podem ser adaptados.

**NÃO DIZER AOS ALUNOS QUE GÁS ESTÁ SENDO PRODUZIDO EM CADA ETAPA!**

A manipulação de reagentes e soluções concentradas deve ser realizada com muito cuidado e com utilização de jaleco, luvas e óculos de proteção, sempre sob orientação do professor.

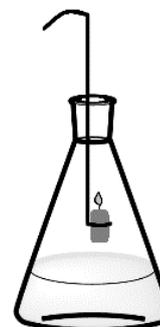
### • Produção de gás carbônico, $\text{CO}_2$ :

- Colocar cerca de duas colheres de carbonato de sódio sólido no erlenmeyer;
- Acrescentar  $\text{HCl}$  (aq)  $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$  aos poucos e encerrar o gás com um pedaço de papel na boca do frasco;
- Fixar uma pequena vela em um fio metálico grosso, como mostrado na figura ao lado;
- Acender a vela e introduzi-la no erlenmeyer contendo o gás;
- Anotar o que se observa;
- Repetir várias vezes a introdução da vela acesa no frasco com o gás.



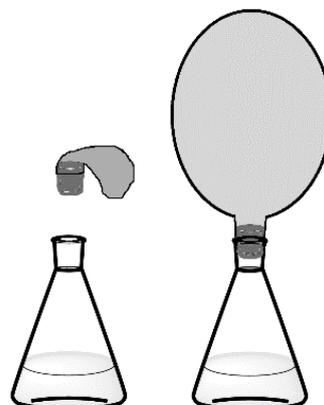
### • Produção de gás oxigênio, $\text{O}_2$ :

- Colocar cerca de 25 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (aq) no erlenmeyer;
- Acrescentar aos poucos pequenas pitadas de  $\text{KMnO}_4$  sólido;
- A medida que vai se observando a formação de gás, fechar o sistema com um pedaço de papel;
- Esperar o término da formação de gás;
- Acender a vela e introduzi-la no erlenmeyer contendo o gás;
- Anotar o que se observa;
- Repetir várias vezes a introdução da vela acesa no frasco com o gás.



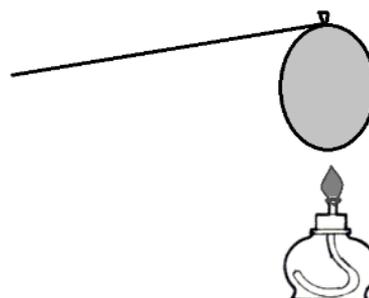
### • Produção de gás hidrogênio, H<sub>2</sub>:

- Colocar papel alumínio picado no erlenmeyer (ou magnésio em raspas, ou ainda zinco granulado);
- Fixar firmemente a boca do balão à extremidade de uma rolha com furo que a atravesse;
- Acrescentar o HCl (aq) 2,0 mol.L<sup>-1</sup> ao erlenmeyer e imediatamente fechar o sistema com a rolha fixada ao balão;
- ♦ ATENÇÃO: a reação é violenta e exotérmica!
- Após o enchimento do balão, torcer o mesmo ainda na rolha, para então soltá-lo e fechá-lo com um nó, encerrando o gás definitivamente no balão.



### • Reação do gás hidrogênio, H<sub>2</sub>:

- Fixar o balão com gás hidrogênio à extremidade de um cabo de vassoura;
- Acender uma lamparina à álcool;
- Colocar o balão em contato com a chama da lamparina.



### Dados

O gás carbônico impede que o oxigênio alimente a chama de outro combustível. O gás oxigênio é um comburente, ou seja, necessário para a combustão junto ao combustível. Já o gás hidrogênio é um gás leve e combustível. Sua reação com o oxigênio do ar é explosiva.



### **Questões Sugeridas** \_\_\_\_\_

- (a) O que é um gás e quais as suas propriedades? Dê exemplos baseados nos experimentos;
- (b) Equacione todas as reações que ocorreram;
- (c) Por qual motivo a chama da vela se extingue na presença de gás carbônico?
- (d) Por qual motivo a chama fica maior e mais viva na presença de oxigênio?
- (e) O que se pode afirmar sobre a densidade do gás hidrogênio?
- (f) Por que somente o gás hidrogênio é combustível, dentre os gases estudados?
- (g) Quais seriam as possíveis aplicações para os diferentes gases? Por quê? Exemplifique.



### **Referência** \_\_\_\_\_

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9ª Ed. Prentice-Hall, 2005.

OBS.: Proposta experimental, estruturas e imagens pelo autor.



## Algumas substâncias mudam de cor com o pH?



### Visão Geral

Indicadores ácido-base são substâncias que mudam de cor em solução em uma faixa estreita de valores de pH. Muitas dessas moléculas ocorrem naturalmente. Por exemplo, as antocianinas encontradas em flores, frutas e legumes são indicadores de pH.

Esta é uma proposta experimental para conhecer alguns dos mais utilizados indicadores ácido-base em laboratórios de Química.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: pH, ácidos, bases, indicadores de pH;
- Conhecer as cores assumidas por indicadores em meio ácido, básico e neutro;
- Discutir sobre a relevância da utilização de indicadores ácido-base.



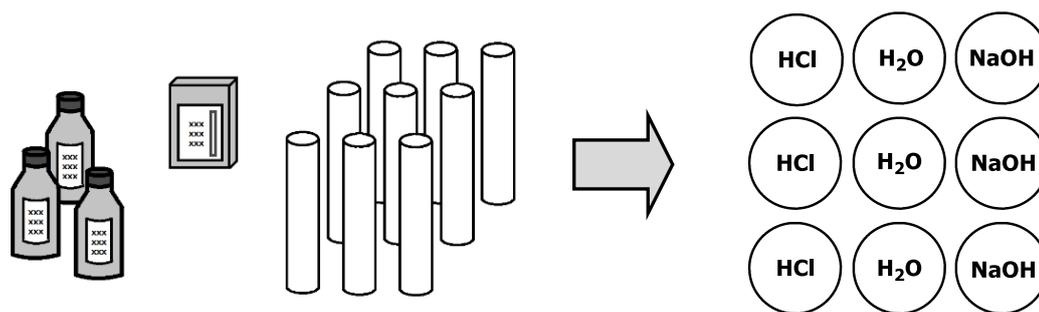
### Materiais e Reagentes

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| • Tubos de ensaio                        | • Água destilada                    |
| • Estante para tubos de ensaio           | • HCl (aq) 0,1 mol.L <sup>-1</sup>  |
| • Fenolftaleína (solução alcoólica)      | • NaOH (aq) 0,1 mol.L <sup>-1</sup> |
| • Azul de bromotimol (solução alcoólica) |                                     |
| • Papel indicador universal              |                                     |



### Procedimentos

- Sugere-se dispor os tubos de ensaio como mostrados na imagem, organizando uma fila de tubos com solução ácida, uma fila de tubos com água e uma fila de tubos com solução alcalina.



- Registro das cores verificadas:

	Ácido	Neutro	Base
Fenolftaleína			
Azul de Bromotimol			
Papel Indicador Universal			



### Dados \_\_\_\_\_

Somente uma pequena quantidade da substância indicadora é necessária para produzir uma mudança de cor visível, sendo que alguns indicadores mudam de uma cor para outra, enquanto outros mudam entre estados coloridos e incolores.



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- Quais as cores assumidas pelos indicadores em diferentes meios aquosos?
- Qual indicador é mais apropriado para o reconhecimento de determinado meio, mas não para outro? Por quê?
- Você já ouviu falar em outros indicadores de pH? Quais?



### Referência \_\_\_\_\_

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Química Geral. Vol. 1, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental, tabela e imagens pelo autor.



## Qual o pH desses produtos e alimentos?



### Visão Geral

Em 1909, o bioquímico dinamarquês Soren Sorensen (1868 – 1939) propôs um tratamento matemático para trabalhar com concentração hidrogeniônica,  $[H^+]$ . Isso após perceber a importância das concentrações desse íon ácido em reações enzimáticas. Assim, ele propôs a medição do pH – *pondus hydrogenii*, ou seja, o potencial de hidrogênio, como o cologarítimo decimal da concentração molar de íons  $H^+$ .

A ideia desta atividade pode surgir após os experimentos da atividade anterior.

Aqui é proposta a verificação do pH de diversos produtos comuns no cotidiano – desde alimentos até produtos de limpeza.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: pH, pOH, concentração de íons  $H^+$  e  $OH^-$ ;
- Discutir o que se entende por acidez e basicidade, além da opinião dos estudantes sobre o caráter ácido-base e a faixa de pH de diversos produtos que queiram investigar;
- Planejar e conduzir experimentos para a verificação do pH;
- Desenvolver cálculos de concentração de íons  $H^+$  e  $OH^-$ , a partir dos dados experimentais;
- Explicar os experimentos e discutir as conclusões sobre as descobertas.



### Materiais e Reagentes

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| • Placas de Petri               | • pHmetro digital  |
| • Tubos de ensaio               | • Calculadora  |
| • Estante para tubos de ensaio  | • Água   |
| • Béqueres                      | • Diversos produtos que possam ter em casa: frutas, café, chás, refrigerantes, vinagre, leite, produtos de limpeza pessoal, produtos de limpeza de casa, comprimidos, etc. |
| • Almofariz e pistilo           |  |
| • Faca de serra sem ponta       |  |
| • Papel indicador universal     |  |
| • Outros indicadores ácido-base |  |



## Procedimentos

- Sugere-se que os estudantes tragam de casa diversas amostras de produtos para serem analisados na aula experimental;
- Permitir que os estudantes discutam, pesquisem, levantem hipóteses e testem hipóteses sobre o caráter ácido-base dos diversos produtos trazidos. Para isso, sugira que usem os indicadores fornecidos e auxiliie na utilização do pHmetro, caso haja disponibilidade.

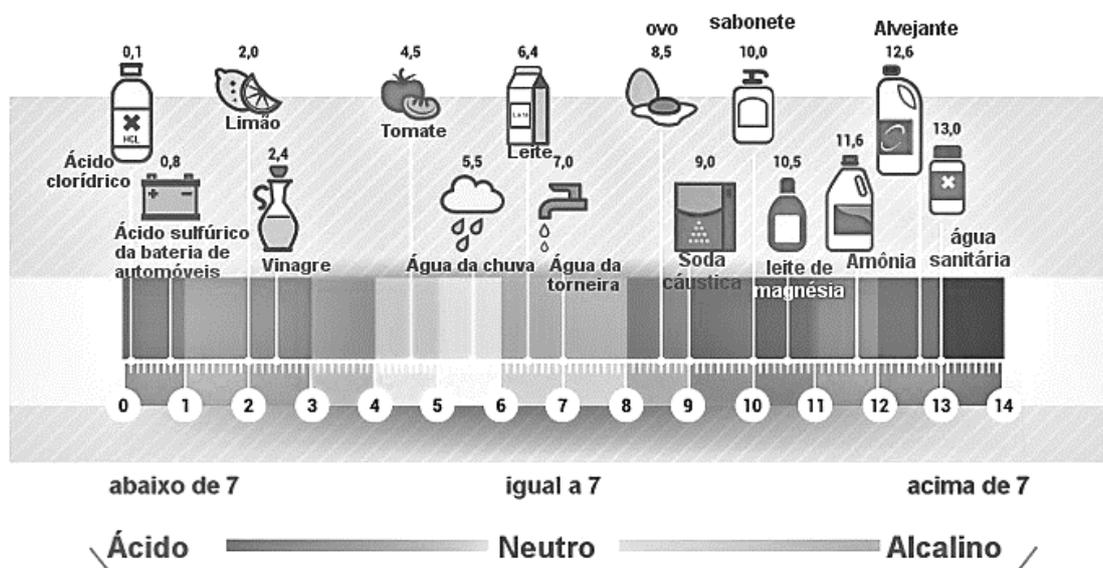


## Dados

Verifique se os estudantes entendem a ideia de pH e que seu valor é dependente da concentração de íons  $H^+$ . Se eles afirmarem que entendem isso, peça que prove isso experimentalmente com os materiais e equipamentos fornecidos na proposta experimental.

$$pH = \text{colog} [H^+] \quad \text{ou} \quad pH = -\log [H^+]$$

Alguns dados de pH:





### **Questões Sugeridas** \_\_\_\_\_

- (a) Qual o pH dos diversos produtos investigados?
- (b) Que substâncias são as responsáveis pelo caráter ácido ou básico dos diferentes produtos?
- (c) Alguns produtos surpreenderam você pelo valor de pH? Justifique.
- (d) Quais as principais diferenças ao medir o pH com indicadores e com o pHmetro?
- (e) Tendo os valores de pH, calcule a concentração de íons  $H^+$  e/ou  $OH^-$  para alguns produtos.
- (f) O pH é fixo para as substâncias? Por exemplo, ácido clorídrico tem sempre o mesmo pH? Justifique.



### **Referência** \_\_\_\_\_

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Físico-Química. Vol. 2, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental por estudantes.



## Estou coletando o volume correto?



### Visão Geral

Em laboratórios de Química há diversas vidrarias com diferentes utilidades e funções. A maioria delas apresenta marcações indicando os volumes que elas podem comportar, seja em sua plena capacidade ou não. Nesse sentido, esta proposta experimental visa o aprendizado de conceitos como “exatidão” e “precisão” ao propor a verificação do quão confiável é uma vidraria para a medição de volume.

Esta é uma atividade pré-requisito para o desenvolvimento de experimentos em atividades futuras.



### Objetivos de Aprendizagem

- Trabalhar os conceitos de exatidão e precisão;
- Tornar os estudantes aptos a coletar e transferir líquidos de forma adequada utilizando pipetas graduadas e volumétricas;
- Investigar a confiabilidade de um béquer e uma pipeta volumétrica para medição de volumes;
- Oportunizar aos estudantes que investiguem, colem dados, façam comparações, formulem hipóteses e conclusões em grupo.



### Materiais e Reagentes

- Béquer de 50 mL
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pipetador
- Água
- Balança semi-analítica



### Procedimentos

- Colete 40 mL de água, utilizando um béquer;
- Colete 10 mL de água, utilizando uma pipeta volumétrica;

- Discuta uma forma de verificar se os volumes coletados estão corretos e o que se pode afirmar sobre a precisão e exatidão relacionadas a essas vidrarias.



## Dados

---

A água tem densidade igual a  $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$ , portanto, a verificação da massa dos volumes de água coletados pelas diferentes vidrarias será o indicador se houve ou não a coleta do volume proposto.

Para a organização dos dados coletados, pode-se sugerir a montagem de uma tabela.

É importante verificar se os estudantes sentem a necessidade da repetição das coletas para embasar melhor suas respostas. Caso isso não ocorra, induza-os a concluir isso, pois a repetição de coletas e análise será importante para a construção e compreensão do conceito de “precisão”.



## Questões Sugeridas

---

- Qual vidraria é mais confiável para medição de volume de líquidos, béquer ou pipeta volumétrica? Por quê? Utilize os conceitos de precisão e exatidão ao explicar.
- Baseado no que foi concluído, que outras vidrarias de laboratório se esperam que sejam mais confiáveis para a medição de volume? Por quê?
- Quais seriam as possíveis fontes de erro associados às vidrarias e também aos procedimentos experimentais?



## Referência

---

BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. Química: a ciência central. 9ª Ed. Prentice-Hall, 2005.

GIBIN, B. G.; FILHO, M. P. S. Atividades experimentais investigativas em Física e Química – Uma abordagem para o Ensino Médio. 1ª Ed. LF Editorial, 2016.

OBS.: Proposta experimental e imagens pelo autor.



## Qual a concentração de ácido nessa amostra?



### Visão Geral

---

Atualmente a Química se utiliza de muitos instrumentos para analisar, tanto quali quanto quantitativamente, os componentes de qualquer tipo de amostra. Essas são as ditas análises instrumentais.

Antes do surgimento desses instrumentos modernos, a análise química se utilizava de técnicas que empregavam alguma reação específica, precipitação, extração ou destilação. Muitas dessas técnicas, ditas clássicas, apesar de simples, são muito precisas e ainda são amplamente utilizadas, podendo ser exploradas no ensino de Química. É o caso da volumetria de neutralização, que será explorada nesta atividade.

OBS.: Esta proposta exige atividades pré-laboratório – treinamento da técnica de titulação com a bureta, leitura correta em medições utilizando vidrarias volumétricas, diluições e tratamento de dados.



### Objetivos de Aprendizagem

---

- Revisar e reforçar tópicos como: concentração de soluções, ácidos e bases, reação de neutralização, diluição, precisão e exatidão;
- Oportunizar aos estudantes a condução de titulações para a determinação da concentração de ácidos, utilizando como titulante uma base de concentração conhecida;
- Explicar o passo a passo da titulação, desde a preparação da amostra até o tratamento dos dados;
- Socializar os resultados e discutir possíveis causas de erros.



### Materiais e Reagentes

---

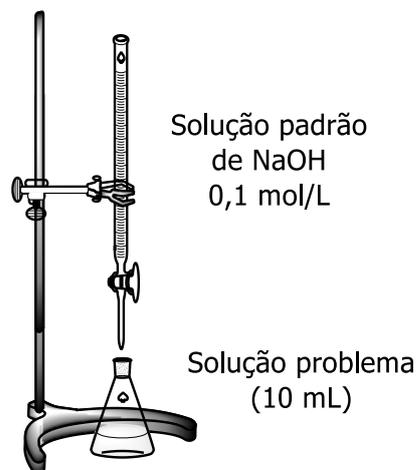
- Bureta de 25 mL
- Erlenmeyer de 50 ou 100 mL
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pera ou pipetador
- Suporte universal
- Mufa e garra

- 60 mL de solução de HCl 0,12 mol . L<sup>-1</sup> (problema 1)
- 60 mL de solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,08 mol . L<sup>-1</sup> (problema 2)
- 150 mL de solução padronizada de NaOH 0,1 mol . L<sup>-1</sup>
- Indicador fenolftaleína (solução alcoólica)



## Procedimentos

- Proceder a montagem do sistema para a titulação, prendendo a bureta ao suporte universal, por meio de mufa e garra (imagem);
- Encher a bureta com a solução padronizada de NaOH;
- Com uma pipeta volumétrica, coletar 10 mL da solução problema de HCl e colocar em um erlenmeyer;
- Acrescentar duas gotas de fenolftaleína ao erlenmeyer com a amostra;
- Proceder a titulação até o ponto de viragem;
- Anotar a quantidade de titulante gasto;
- Repetir mais duas vezes, ou seja, analisar em triplicata;
- Proceder os cálculos para a concentração de ácido na amostra “problema 1”.



Repetir todo o procedimento para a segunda amostra (problema 2), com toda a vidraria devidamente lavadas. A bureta continua com o mesmo titulante.



## Dados

A volumetria de neutralização de ácido forte com base forte é conduzida até o indicador fenolftaleína ficar permanentemente com coloração levemente rósea.

Nas análises em triplicata, deve-se realizar a média dos volumes de titulante gastos, antes de proceder os cálculos.



### **Questões Sugeridas** \_\_\_\_\_

- (a) Explique no que se baseia a técnica da titulação ácido-base.
- (b) Que reações ocorrem durante o processo?
- (c) Por que ocorre mudança de cor do indicador? O que isso na realidade indica?
- (d) Quais as concentrações dos ácidos nas soluções 1 e 2, em quantidade de substância (mol/L), g/L e % (massa/volume)?
- (e) Houve problemas de precisão? Quais as possíveis fontes desse erro?
- (f) Se a técnica clássica fosse adaptada para a inserção de algum instrumento que dispensasse o indicador, o que você acha que poderia ser usado? Por quê?



### **Referência** \_\_\_\_\_

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; FILHO, E. A. V.; SILVA, M. B.; GIMENES, M. J. G.; Química Geral Experimental, Freitas Bastos Editora, Rio de Janeiro, 2012.

OBS.: Proposta experimental e imagem pelo autor.



## Qual o teor de acidez desse vinagre?



### Visão Geral

Esta atividade experimental propõe a determinação do teor de acidez acética em amostra comercial de vinagre por titulação ácido-base, utilizando solução aquosa de hidróxido de sódio como titulante.

A atividade deve ser conduzida por estudantes que tiveram atividades pré-laboratório de treinamento do uso e manipulação das vidrarias, além da condução de titulação proposta na atividade anterior.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: concentração de soluções, ácidos e bases, reação de neutralização, diluição, precisão e exatidão;
- Oportunizar aos estudantes a condução de titulações para a determinação da concentração de ácido acético em amostra comercial de vinagre;
- Os estudantes terão que planejar a condução da técnica, já que já têm conhecimento do processo;
- Socializar os resultados e discutir possíveis causas de erros.



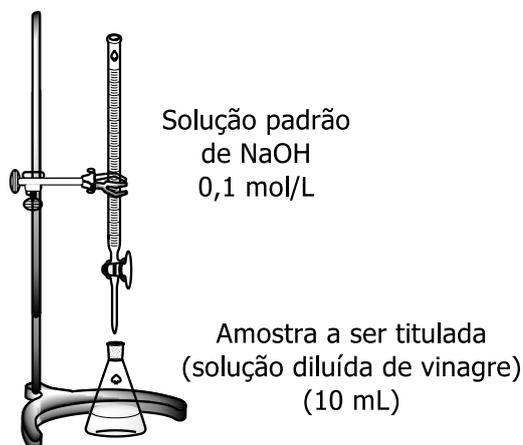
### Materiais e Reagentes

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| • Bureta de 25 mL             | • 50 mL de amostra de vinagre comercial (incolor)              |
| • Erlenmeyer de 50 ou 100 mL  | • 100 mL de solução padronizada NaOH 0,1 mol . L <sup>-1</sup> |
| • Pipeta volumétrica de 10 mL | • Indicador fenolftaleína (solução alcoólica)                  |
| • Pera ou pipetador           |  |
| • Suporte universal           |  |
| • Mufa e garra                |  |
| • Balão volumétrico de 100 mL |  |



## Procedimentos

• Permitir que os estudantes planejem como conduzirão o experimento de determinação da acidez acética na amostra de vinagre, tendo os materiais e reagentes fornecidos na listagem acima. Caso eles necessitem outros materiais, analise a solicitação.



## Dados

O ácido acético é a substância responsável pelo sabor e odor característico do vinagre.

Geralmente a concentração de ácido acético em vinagres fica ao redor de 4%.

Tendo a disposição a solução padronizada de NaOH na concentração de 0,1 mol . L<sup>-1</sup> e bureta de 25 mL, os estudantes concluirão, inicialmente, que será impossível alcançar o ponto de viragem, sentindo a necessidade de diluir a amostra para ter êxito. Analise as propostas e deixe-os conduzirem o experimento.



## Questões Sugeridas

- Explique a estratégia utilizada para chegar à determinação da concentração de ácido acético na amostra comercial de vinagre.
- O resultado obtido confere com informações do rótulo?
- Quais as possíveis fontes de erro?
- Qual a % de eficiência do experimento conduzido por seu grupo?



## Referência

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; FILHO, E. A. V.; SILVA, M. B.; GIMENES, M. J. G.; Química Geral Experimental, Freitas Bastos Editora, Rio de Janeiro, 2012.

OBS.: Proposta experimental e imagem pelo autor.



## Uau! Como isso tá gelando sozinho?



### Visão Geral

Em países como o Canadá e Rússia os invernos são tão rigorosos que o acúmulo de neve nas ruas e estradas torna-se um enorme problema. Para evitar acidentes, funcionários do governo jogam toneladas de sal nas vias públicas, a fim de derreter o gelo.

Nesse exemplo, tira-se proveito de uma propriedade coligativa chamada crioscopia, em que a adição de um soluto a um solvente causa a diminuição da temperatura de congelamento.

Esta atividade propõe a verificação do abaixamento da temperatura de congelamento da água pela adição de sal.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: propriedades dos líquidos, mecanismo de dissolução de soluto em solvente, forças intermoleculares, calor, crioscopia;
- Conduzir um experimento para verificar a diminuição da temperatura em um sistema água/sal;
- Explicar o experimento e os resultados.



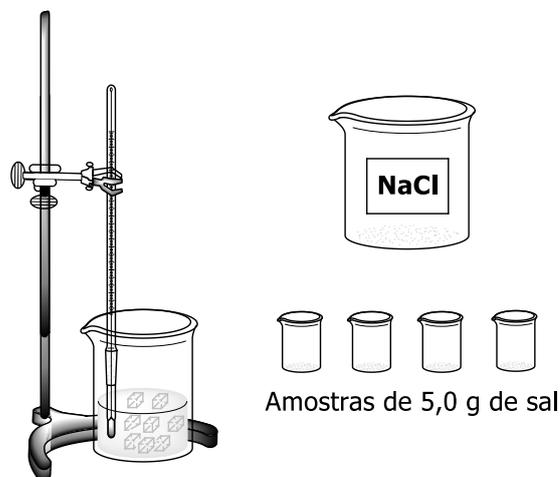
### Materiais e Reagentes

- Béquer de 100 mL
- Espátula/colher
- Bastão de vidro
- Termômetro (com medidas negativas)
- Suporte universal
- Garra e mufa
- Balança semi-analítica
- Cronômetro
- Água destilada
- Gelo
- Sal de cozinha



## Procedimentos

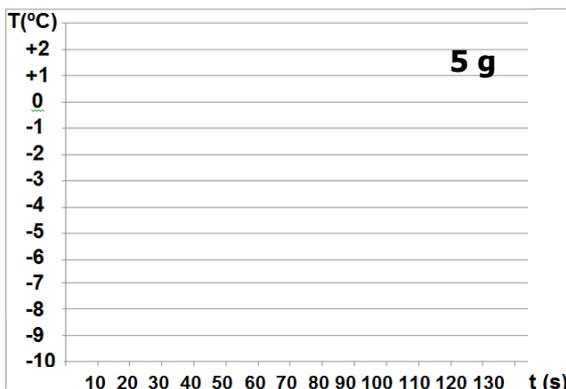
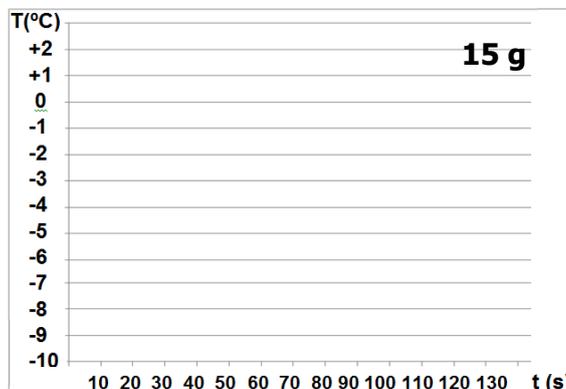
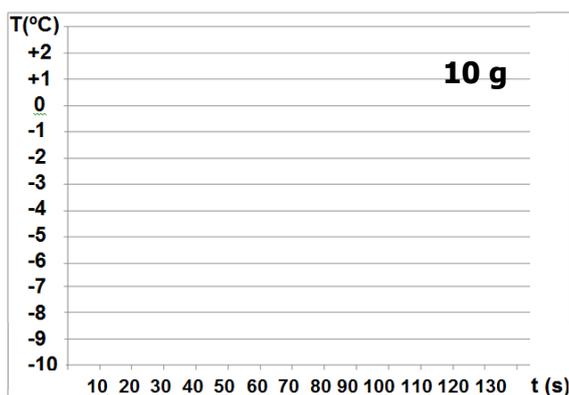
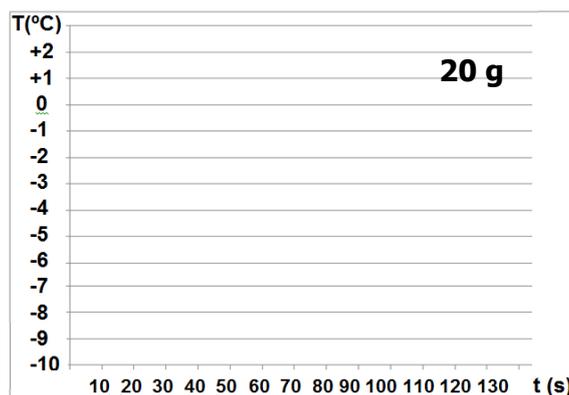
- Sugere-se uma montagem, conforme a imagem: o termômetro preso ao suporte universal de forma que a extremidade medidora fique ao centro da amostra de gelo/água que ficará no béquer;
- Meça na balança 4 amostras de 5 g de sal cada. Deixe separado;
- Triture 50 g de gelo e adicione ao béquer de 100 mL com o termômetro;
- Acrescente 15 mL destilada ao gelo triturado;
- Aguarde a temperatura estabilizar e anote;
- Acrescente 5 de sal, acione o cronômetro e rapidamente comece a misturar com auxílio do bastão de vidro (1ª adição);
- Acompanhe a variação de temperatura por 120 segundos, anotando o valor de temperatura a cada 30 segundos;
- Ao final dos 120 segundos, acrescente mais 5 g de sal (2ª adição);
- Continue o processo de acompanhar a temperatura por 120 s, anotando o valor a cada 30 s;
- Repita o processo para a 3ª e 4ª adições de sal.



Sugestão de tabela para anotar os valores:

Tempo (s)	Adições de 5 g de sal / Temperatura (°C)			
	1ª adição (5 g)	2ª adição (5 g) Total: 10 g	3ª adição (5 g) Total: 15 g	4ª adição (5 g) Total: 20g
0				
30				
60				
90				
120				

- A partir dos dados obtidos e registrados na tabela, sugere-se o registro dos valores nos gráficos a seguir:

**1ª Adição de 5 g de sal****2ª Adição de 5 g de sal****3ª Adição de 5 g de sal****4ª Adição de 5 g de sal**

## Dados \_\_\_\_\_

Uma amostra de água na temperatura de 0 °C pode manter um equilíbrio sólido-líquido:



A adição de sal ao sistema provoca a fusão do gelo, fenômeno endotérmico que acaba roubando calor do sistema, provocando o abaixamento da temperatura. O equilíbrio sólido-líquido poderá ser reestabelecido, porém ocorrerá em temperatura menor que o ponto de congelamento normal, pois os íons do sal no sistema dificultam a formação de camadas na rede cristalina sólida da água.

Para o experimento, deixe os estudantes discutirem os resultados e sugiram variações para possíveis repetições do processo, com alterações (ou não) que julguem necessárias.



### **Questões Sugeridas**

---

- (a) Quais as características macroscópicas e microscópicas da água nos estados líquido e sólido?
- (b) Como e por que o sal se dissolve em água?
- (c) O que ocorre quando se adiciona sal ao sistema? Explique.
- (d) Que outras aplicações poderiam tirar proveito desse efeito?



### **Referência**

---

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Química Geral. Vol. 1, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental, estruturas, tabelas, gráficos e imagens pelo autor.



## Quantas calorias tem esse alimento?



### Visão Geral

Os índices de obesidade e sobrepeso no Brasil chegaram a patamares alarmantes, concentrando-se principalmente na zona urbana e nas regiões com maior poder de renda. Não só preocupados com esse fator, mas também com outros problemas de saúde, muitos procuram uma dieta equilibrada com orientação de um nutricionista e passam a controlar a quantidade de calorias ingeridas diariamente.

O estudo de Termoquímica no ensino médio oportuniza ao professor estabelecer uma relação entre o assunto teórico estudado e o conteúdo energético dos alimentos, fazendo assim com que o assunto tenha maior relevância para o estudante.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar os tópicos: calorias, calorímetro, calor específico, calorias em alimentos;
- Construção de um protótipo de calorímetro para análise do conteúdo energético de alguns alimentos;
- Selecionar alimentos e conduzir o experimento para determinação das calorias na amostra;
- Explicar os resultados, cálculos, erros, porcentagem de eficiência do experimento e conclusões.



### Materiais e Reagentes

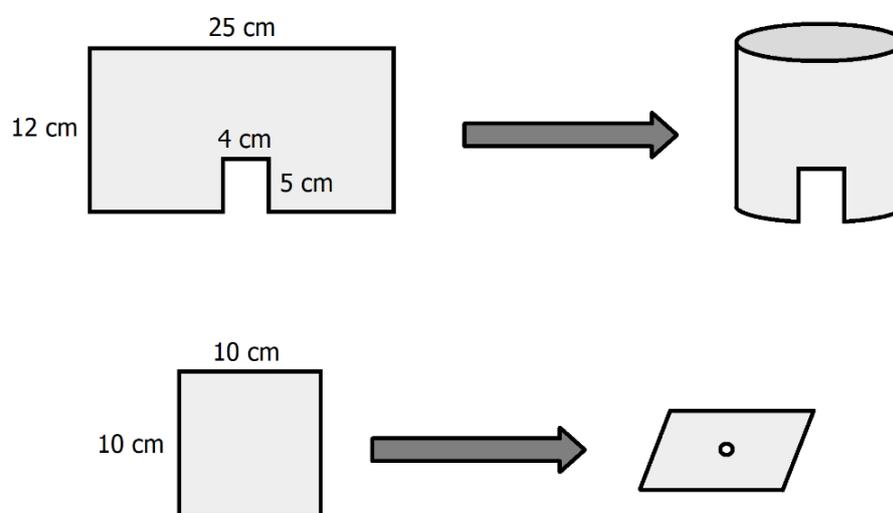
- Retângulo de papelão (25 x 12 cm)
- Quadrado do papelão de 10 cm de lado
- 1 Tubo de ensaio de 16 x 150 mm
- 2 Pinças de madeira para tubo de ensaio
- Placa de Petri
- Tesoura
- Régua
- Fita adesiva
- 2 Amostras de cada tipo de alimento
- Pisseta com água destilada
- Proveta de 10 mL
- Balança
- Alfinetes
- Fósforos
- Termômetro



## Procedimentos

### • Montagem do Calorímetro:

1. Anote a massa do tubo de ensaio: \_\_\_\_\_ g;
2. Recorte uma janela no retângulo de papelão (4 cm de comprimento X 5 cm de altura);
3. Feche o retângulo unindo as extremidades com fita adesiva;
4. Coloque o cilindro sob a placa de petri;
5. Meça o diâmetro do tubo de ensaio e faça um orifício ligeiramente menor que essa medida no centro do papelão quadrado;
6. Introduza neste orifício o tubo de ensaio;
7. Complete a montagem colocando o papelão quadrado com o tubo de ensaio sobre o cilindro de papelão;
8. Regule a altura para que o tubo de ensaio fique cerca de 4 cm acima da placa de petri;
9. Prenda o tubo de ensaio com uma pinça de madeira.



### • Medição do potencial energético de amostras de alimentos:

Faça o que é sugerido, completando a tabela com as informações verificadas.

1. Coloque 15 mL de água no tubo de ensaio (20 mL para o amendoim);
2. Meça a temperatura inicial da água e anote na Tabela;
3. Fixe uma das amostras do alimento no alfinete e segure este com uma pinça de madeira;

4. Inflame a amostra de alimento com a chama de um fósforo e, rapidamente, coloque a chama abaixo do fundo do tubo de ensaio e mantenha até o fim da queima. CUIDADO para que a chama não atinja o papelão;
5. Quando a combustão terminar, agite levemente o tubo de ensaio, meça a temperatura final da água e anote na Tabela;
6. Renove a água no tubo de ensaio todas as vezes e repita os procedimentos com os outros pedaços de alimento (2 medidas para cada tipo de alimento).

**Quadro** – Registro dos dados. Para cada alimento há duas linhas, já que sugere-se que a experimento seja feito duas vezes.

Alimento	Massa da amostra de alimento (g)	Massa do tubo de ensaio (g)	Massa de água no tubo (g)	Temperatura INICIAL da água (°C)	Temperatura FINAL da água (°C)	$\Delta T$ (°C)
Pão torrado						
Pipoca de microondas (manteiga)						
Biscoito amanteigado						
Amendoim						



## Dados \_\_\_\_\_

Os dados obtidos nos experimentos e registrados na tabela anterior serão utilizados para o cálculo da quantidade de calor absorvida pelo conjunto “tubo de ensaio + água”, que será igual ao calor fornecido pela massa de alimento em questão.

O calor envolvido no processo poderá ser calculado pela expressão:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Q = calor cedido/recebido (cal); m = massa (g); c = calor específico (cal/g.°C)

T = temperatura (°C)

- Dados de referência:

Calor específico (cal/g.°C)	Água	1,0
	Vidro	0,2
Conteúdo ener- gético (valor de refe- rência) (kcal/g)	Pão torrado	3,5
	Pipoca de micro-ondas sabor manteiga	4,0
	Biscoito amanteigado	4,5
	Amendoim	5,4

- Cálculo da % de eficiência do experimento:

$$\% \text{ eficiência} = \frac{\text{valor obtido no experimento}}{\text{valor de referência}} \cdot 100$$



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- Antes do Experimento – Quais dos alimentos irá liberar maior quantidade de energia? Por quê?
- Por que ocorre o aquecimento da água?
- Para que serve a montagem em papelão?
- Qual alimento libera maior quantidade de calor, por grama de alimento? Por quê?
- Qual a % de eficiência do experimento conduzido?
- Quais as possíveis fontes de erro?



### Referência \_\_\_\_\_

GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. Interações e Transformações – Livro de Laboratório: Módulos III e IV. EDUSP. São Paulo, 1999.

OBS.: Estruturas e imagens pelo autor.



## Pilha com limões e batatas? Como assim?



### Visão Geral

Pilhas e baterias fazem parte do cotidiano das pessoas. Temos muitos dispositivos portáteis que necessitam de energia elétrica, como celulares, tablets, relógios, calculadoras etc. Assim, tiramos proveito de pilhas e baterias, pois produzem corrente elétrica a partir de reações químicas espontâneas.

Muitos alunos sentem a necessidade de aprender de forma mais criativa e dinâmica. Assim, esta atividade propõe a montagem de pilhas com materiais simples, visando a melhor compreensão dos princípios que regem as reações eletroquímicas desses sistemas.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: oxidação, redução, corrente elétrica, pilhas;
- Montar pilhas utilizando materiais do cotidiano, testando diferentes associações;
- Explicar o que ocorre nas diferentes montagens, suas reações, verificando as condições para a manutenção dos sistemas em funcionamento, polos, voltagem etc.



### Materiais e Reagentes

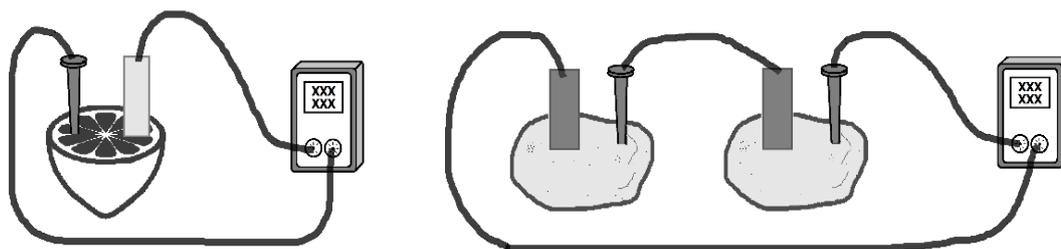
- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| • Pregos                                | • Fios finos de cobre            |
| • Pedacos de alumínio ou papel alumínio | • Jacarezinhos (ou fita adesiva) |
| • Placas de cobre                       | • Faca de serra sem ponta        |
| • Moedas de 5 centavos – cobreada       | • Multímetro                     |
| • Moedas de 10 centavos – dourada       | • Batatas                        |
| • Placas de zinco                       | • Limões                         |



## Procedimentos

- Fornecer aos estudantes todos os materiais listados e pedir que montem “pilhas” a partir disso. Peça que façam observações, medições, anotações e comparações entre os sistemas. Sugira que levantem hipóteses e testem essas hipóteses.

Algumas possibilidades de sistemas, conectados a um multímetro para medição de tensão e corrente:



## Dados

As reações que ocorrem em pilhas são do tipo oxidação-redução, motivadas por uma diferença de potencial, que os estudantes podem verificar com o multímetro.

A seguir alguns dados de potencial padrão de eletrodo, para os metais envolvidos na proposta.

Potencial de Oxidação (volts, V)	Reação Redox (Equilíbrio)	Potencial de Redução (volts, V)
+ 1,66	$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Al}$	- 1,66
+ 0,76	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}$	- 0,76
+ 0,44	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}$	- 0,44
+ 0,14	$\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}$	- 0,14
0,00	$2 \text{H}^{+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00
- 0,34	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+ 0,34

Constituição das moedas de 5 e 10 centavos de Real:

Moeda	Imagem	Composição Química
5 centavos (cobreada)		Aço (Fe/C) revestido com cobre (Cu).
10 centavos (dourada)		Aço (Fe/C) revestido com bronze (Cu/Sn).

<https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/profissoes/qquimica/de-que-sao-feitas-as-moedas-do-brasil/>



### Questões Sugeridas

- O que são reações de oxidação e redução? Como, onde e por que elas estão ocorrendo nas montagens?
- Por que as tensões medidas nas diferentes montagens são diferentes? Por que algumas são maiores e outras menores? Explique.
- O que diferencia as montagens realizadas em aula daquelas pilhas do tipo padrão (ex. pilha de Daniell) e do tipo comercial?



### Referência

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Físico-Química. Vol. 2, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental adaptada. Tabela e imagens pelo autor (exceto imagens das moedas).



## Dá para acender lâmpadas com essas pilhas de limão?



### Visão Geral

A lâmpada é considerada uma das mais importantes invenções da humanidade, o que possibilitou transformar a escuridão da noite em um período utilizável para o trabalho e mesmo para o lazer. Antes disso havia a luz das lamparinas, mas a qualidade e conforto possíveis através da luz de uma lâmpada é inquestionável.

Thomas Edison leva todo o crédito pela invenção, mas antes dele pelo menos 21 outros cientistas já haviam conseguido luz através do efeito joule. A grande contribuição de Thomas Edison foi descobrir melhores ligas metálicas que resistissem a queima devido à grande temperatura, podendo assim transformar a lâmpada em material comercial. As ligas anteriores, na melhor das hipóteses, duravam apenas algumas horas.

Esta atividade experimental é uma continuação da proposta de montagem de pilhas com materiais metálicos, limões e batatas. A ideia da proposta pode surgir da curiosidade dos estudantes em colocar à prova suas pilhas, fazendo-as gerar energia para o funcionamento de alguns dispositivos eletrônicos.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: diferença de potencial, corrente elétrica, lâmpada incandescente e LED;
- Estabelecer discussões dos tópicos de eletroquímica que dialogam com tópicos estudados em Física, ao abordar a eletricidade e o funcionamento de lâmpadas – incandescentes, fluorescentes e do tipo LED (mais modernas);
- Discutir sobre o porquê de lâmpadas LED exigirem diferentes valores de ddp, dependendo da cor de luz que emitem;
- Proceder montagens de pilhas com materiais alternativos, de modo a fazer pequenas lâmpadas funcionarem;
- Explicar como foi possível, ou não, chegar aos resultados almejados.



## **Materiais e Reagentes** \_\_\_\_\_

- Montagens de pilhas da atividade anterior
- Lâmpadas pequenas incandescentes – do tipo pingo
- Lâmpadas pequenas do tipo LED, em cores como: vermelha, verde, amarelo, azul e branca.



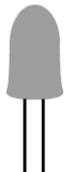
## **Procedimentos** \_\_\_\_\_

- Permitir que os estudantes discutam, pesquisem, levantem hipóteses, testem hipóteses, montando sistemas para fazer acender pequenas lâmpadas incandescentes e LED de diferentes cores.



## **Dados** \_\_\_\_\_

Informações sobre diferenças entre lâmpadas incandescentes e lâmpadas LED:

Tipo de lâmpada	Imagem	Características
Incandescente		<p>Possuem filamento metálico, que fica incandescente durante o funcionamento. Necessitam de maior quantidade de energia para brilharem, pois cerca de 80% da energia investida é perdida na forma de calor.</p>
LED (Light Emitting Diode)		<p>Possuem componente eletrônico que gera luz com baixo consumo e não apresentam filamento metálico. Necessitam de uma menor quantidade de potência para gerar o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente, e não utiliza reator.</p>

**EFEITO JOULE** – Fenômeno que ocorre quando um condutor é aquecido ao ser percorrido por uma corrente elétrica. Assim, a energia elétrica é transformada em energia térmica.



## Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- (a) O que diferencia lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LED? Quais são as suas vantagens e desvantagens?
- (b) As montagens de pilhas com limões e/ou batatas possibilitam acender as diferentes lâmpadas? Como? Por quê?
- (c) Por que as lâmpadas LED de diferentes cores necessitam diferentes valores de ddp?
- (d) O que é o efeito Joule? Em que casos, na atividade desenvolvida, esse fenômeno ocorreu?



## Referência \_\_\_\_\_

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Físico-Química. Vol. 2, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

Acessados em dezembro de 2016:

<<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-uma-lampada-incandescente/>>

<[https://www.ehow.com.br/funcionam-lampadas-led-como\\_76051/](https://www.ehow.com.br/funcionam-lampadas-led-como_76051/)>

OBS.: Proposta experimental por estudantes e imagens pelo autor.



## É possível decompor a água?



### Visão Geral

Por volta de 1800, dois cientistas (Nicholson e Carlisle), seguindo os estudos de Alessandro Volta, decompueram a água em seus elementos hidrogênio e oxigênio. O processo, que não é espontâneo, foi possível com aplicação de corrente elétrica fornecida por fonte externa.

Esta atividade propõe um experimento para a eletrólise da água.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: reações de oxirredução e espontaneidade, pilha, eletrólise, corrente elétrica, carga elétrica, eletrodos em processos eletroquímicos, estequiometria;
- Observar a montagem da eletrólise em um voltâmetro de Hoffmann;
- Explicar todos os fenômenos envolvidos no sistema, equacionar as reações, nomear os eletrodos e identificar os seus sinais.



### Materiais e Reagentes

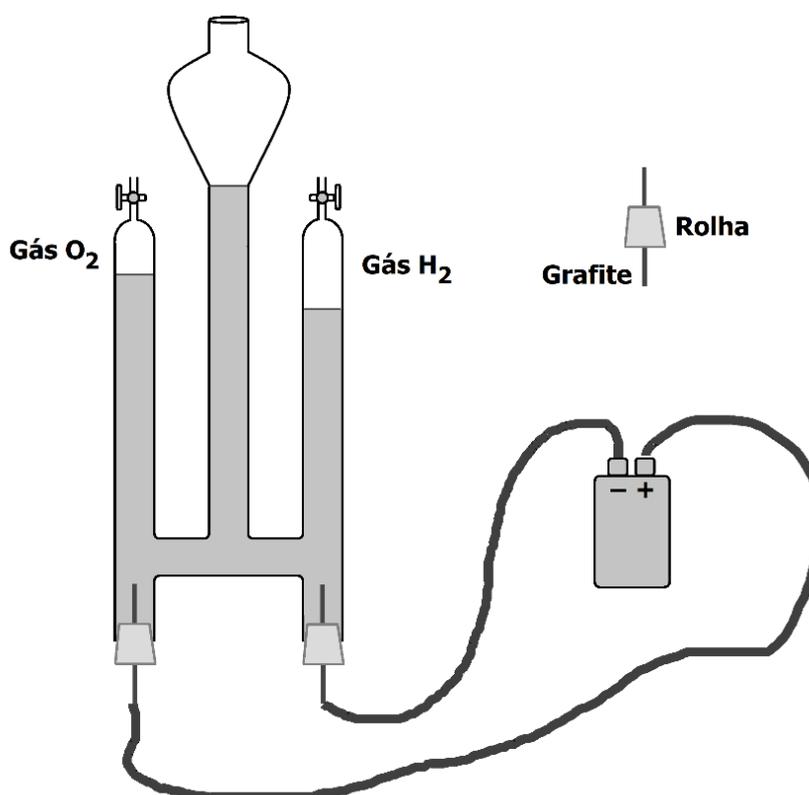
- |                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| • 2 Suportes universais            | • Fita veda rosca                     |
| • Voltâmetro de Hoffmann em vidro  | • Dois sistemas “mufa e garra”        |
| • 2 Rolhas de borracha ou silicone | • NaOH (aq) 0,5 mol . L <sup>-1</sup> |
| • 2 Grafites grossos (n° 2)        | • Adesivos em papel                   |
| • Bateria de 9 V                   | • Canetinhas                          |
| • Fios finos de cobre              |                                       |
| • Jacarezinhos (opcional)          |                                       |



### Procedimentos

- Coloque dois suportes universais lado a lado;
- Prenda cada um dos braços externos do voltâmetro de Hoffmann (tubos) aos suportes universais, utilizando mufa e garra para isso;

- Fure as rolhas de forma a deixar um grafite longo atravessando cada uma delas (imagem);
- Feche as extremidades dos tubos externos do voltâmetro com as rolhas contendo o grafite atravessado. Para vedação eficiente, pode-se utilizar fita veda rosca;
- Certifique-se que o sistema está bem vedado. Pode-se fazer testes com água, para verificar vazamentos e fazer correções;
- Fixe fios de cobre às extremidades dos grafites expostos. Pode-se utilizar jacarinhos para isso;
- Deixe as torneiras, dos tubos externos do voltâmetro (ao topo), bem fechadas;
- Encha o voltâmetro de Hoffmann com a solução de hidróxido de sódio até que os tubos externos fiquem completamente cheios;
- Fixe as outras extremidades dos fios nos terminais da bateria de 9 V, fechando assim o sistema e dando início ao processo de eletrólise;
- Observe o que ocorre no sistema, tome nota e comece a levantar hipóteses sobre o que está ocorrendo em nível microscópico.





## Dados

O sistema montado e fechado irá produzir gases, que desprendem na solução a partir dos terminais em grafite, conforme a equação de reação:



A formação dos gases se dá por oxirredução, a partir dos íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ .

No sistema, as barras de grafite servem como eletrodos inertes.



## Questões Sugeridas

- Explique todo o fluxo de elétrons, desde a fonte até o voltâmetro;
- Que reações estão acontecendo? Explique-as e caracterize-as;
- Escreva as semirreações de oxidação e redução, além da reação global da eletrólise;
- Por que o nível dos gases não é o mesmo? Que gases são esses?
- Escreva em pedaços de papel adesivo os sinais (+), (+), (-) e (-) e as palavras “cátodo” e “ânodo” duas vezes cada. Cole os adesivos com os nomes dos eletrodos e sinais dos polos nos terminais da bateria de 9 V e do voltâmetro onde a eletrólise ocorre, dessa forma identificando todo o sistema.



## Referência

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9ª Ed. Prentice-Hall, 2005.

OBS.: Proposta experimental adaptada. Estruturas e imagens pelo autor.



## Cadê a cor que estava aqui?



### Visão Geral

O estudo de equilíbrios químicos é essencial para a ciência química e é desenvolvido para caracterizar a condição termodinâmica de uma reação. É apontado por muitos docentes de nível médio como algo complexo a ser ensinado e compreendido, principalmente na abordagem de deslocamentos de equilíbrio químico, segundo o Princípio de *Le Châtelier*.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar o conceito de equilíbrio químico e suas condições de ocorrência;
- Evidenciar a relação da estrutura química com as propriedades da matéria, exemplificando como alterações na estrutura química implicam na mudança de cor de substâncias;
- Estudar o equilíbrio químico do “azul de bromotimol” em meio aquoso e como substâncias adicionadas ao sistema afetam o equilíbrio inicial.



### Materiais e Reagentes

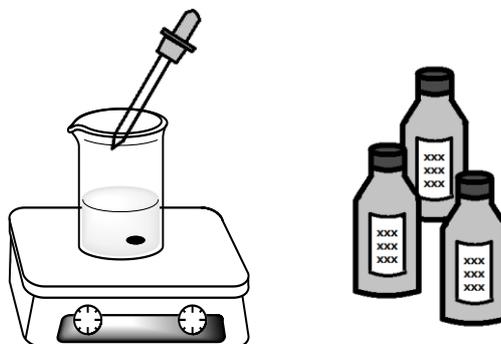
- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| • Béquer  | • NaOH (aq) 0,1 mol.L <sup>-1</sup> |
| • Solução alcoólica de azul de bromotimol         | • HCl (aq) 0,1 mol.L <sup>-1</sup>  |
| • Água destilada ou deionizada                    |                                     |
| • Agitador e barra magnética (ou bastão de vidro) |                                     |



### Procedimentos

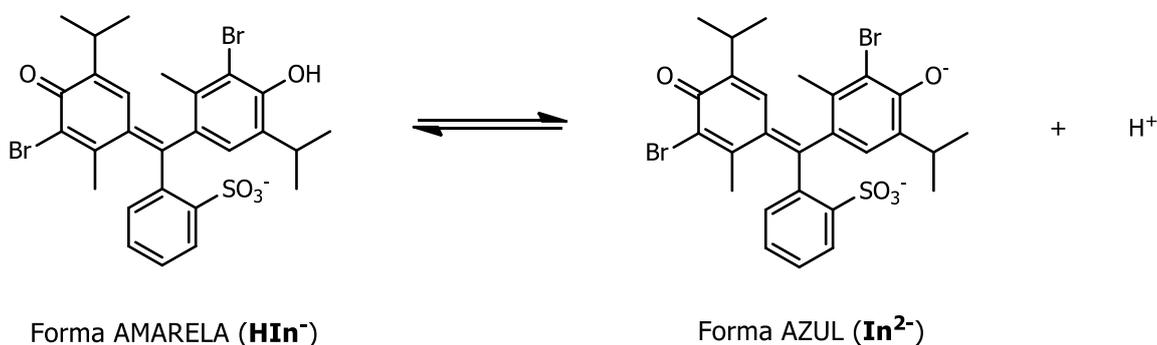
- Acrescentar água e a barra magnética ao béquer. Ligar agitação;
- Mostrar aos alunos a cor do azul de bromotimol em álcool;

- Acrescentar gotas da solução de azul de bromotimol à água. Observar alterações;
- Acrescentar gotas de solução aquosa de NaOH. Observar alterações;
- Acrescentar gotas de solução aquosa de HCl. Observar alterações.



### Dados \_\_\_\_\_

O equilíbrio estabelecido na solução está representado a seguir e pode ser fornecido, ou pode ser solicitado aos alunos que pesquisem.



A forma amarela migra para a forma azul com a perda do próton ácido do fenol. Trata-se de um ácido bastante fraco.



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- O que é um equilíbrio químico? E quais as condições para ocorrência?
- Quais as características macroscópicas e microscópicas de um equilíbrio químico?
- Por qual motivo a cor original da substância se altera em solução aquosa?
- Por qual motivo a cor assumida é aquela em solução alcalina? E em solução ácida?

(e) Conforme visto em aula, quais os fatores que levaram às alterações de cor em cada etapa?

(f) No que essas alterações de cor podem ser úteis em outros experimentos?



### **Referência** \_\_\_\_\_

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9ª Ed. Prentice-Hall, 2005.

OBS.: Proposta experimental, estruturas e imagens pelo autor.



## Misturam ou não misturam?



### Visão Geral

A compreensão das propriedades físicas de substâncias, como por exemplo a solubilidade, é útil para a aplicação dessas na indústria e no cotidiano. Essa compreensão vem do estudo da natureza e constituição das substâncias, como por exemplo: seus átomos, suas ligações, seus arranjos espaciais e consequente polaridade.

Esta atividade experimental propõe a verificação da solubilidade de substâncias em água e entre si.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar o conceito polaridade e solubilidade;
- Verificar a solubilidade de algumas substâncias em água.



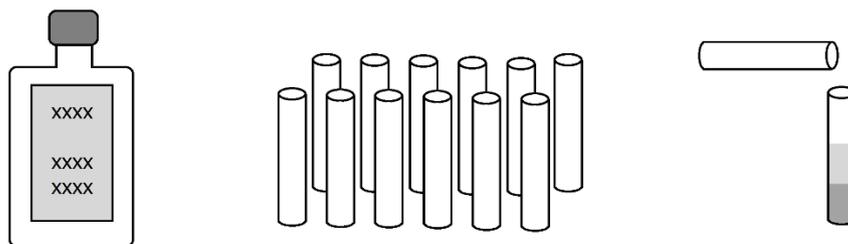
### Materiais e Reagentes

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| • Tubos de ensaio       | • Etanol   |
| • Estante para os tubos | • Octanol  |
| • Éter de petróleo      | • Água destilada                                 |
| • Cicloexano            | • Iodo sólido, I <sub>2</sub>                    |
| • Acetona               | • Sulfato de Cobre(II) sólido, CuSO <sub>4</sub> |
| • Clorofórmio           |  |



### Procedimentos

- Promover, de forma livre, porém organizada, a mistura de pequenas quantidades de cada uma das substâncias em pares, em tubos de ensaio; investigando e anotando.



### Dados \_\_\_\_\_

As substâncias apolares não são solúveis em água (polar), já as polares sim. Em química orgânica é comum encontrarmos substâncias solúveis tanto em solventes apolares como em polares (como a água). A análise da estrutura química dessas substâncias pode esclarecer o motivo desse comportamento.



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- Quais pares de substâncias são solúveis? Por quê?
- Por que alguns pares de substâncias formam sistemas heterogêneos?
- Por que algumas substâncias são solúveis tanto em solventes polares como apolares?



### Referência \_\_\_\_\_

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. Química: a ciência central. 9ª Ed. Prentice-Hall, 2005.

OBS.: Proposta experimental, estruturas e imagens pelo autor.



## Quanto de álcool tem nessa gasolina?



### Visão Geral

A gasolina brasileira contém etanol (álcool etílico) em sua constituição. Isso ocorre para estimular a produção de etanol e reduzir índices de carbono no ambiente.

Esta atividade experimental propõe a determinação do teor de etanol em gasolinas.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar os tópicos: gasolina, etanol, combustão, solubilidade;
- Proceder a determinação experimental do teor de etanol em gasolinas através do processo de extração com água;
- Proceder os cálculos e discutir os resultados;
- Discutir o porquê da adição do etanol à gasolina brasileira;
- Abordar tópicos ambientais à discussão.



### Materiais e Reagentes

- Provetas de 50 mL
- Rolha para as provetas
- Água destilada ou deionizada
- Amostras de gasolina



### Procedimentos

- Colocar 25 mL de uma amostra de gasolina em uma proveta;
- Acrescentar 25 mL de água;
- Fechar a proveta com rolha e agitar suavemente, abrindo o sistema constantemente para evitar aumento de pressão;

- Deixar o sistema repousar e estabilizar, para então coletar os dados;
- Proceder os cálculos.



### Dados \_\_\_\_\_

Atualmente no Brasil cada litro de gasolina contém 27% de etanol anidro.

O etanol anidro é aquele que não contém água.

A adição de álcool à gasolina faz o produto ficar mais caro para o consumidor.



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- O que são gasolinas? Quais suas características mais evidentes? Por quê?
- O que se observa ao adicionar água à gasolina?
- Há alteração de volume na mistura final, quando comparada à inicial?
- A água promoveu a extração do etanol ou da gasolina?
- O que explica a solubilidade do etanol tanto em gasolina como em água?
- O que explica a posição superior e inferior das fases na mistura final? E qual a constituição de cada fase?
- Qual o teor de álcool nas amostras de gasolina?
- Você acredita ter extraído todo o álcool da gasolina, nos testes?
- Considerando que as amostras contêm exatamente 27% de etanol, calcule a % de eficiência do experimento realizado;
- Por que o álcool é considerado menos poluente ao meio ambiente?
- Qual o impacto financeiro e de rendimento do álcool comparado à gasolina?



## **Referência**

---

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Atividades experimentais e investigativas no ensino de química. CETEC CAPACITAÇÕES, 2013.

OBS.: Adaptado do livro citado acima. Imagens pelo autor.



## Uma reação que produz um espelho?



### Visão Geral

Esta atividade experimental propõe a condução de uma reação química que produz um belíssimo efeito: a formação de um espelho! Essa reação tem como produto a deposição de prata metálica nas paredes do frasco de vidro em que é conduzida e seu efeito é bastante impressionante para os alunos.

A reação, que é um caso de óxido-redução, requer cuidado e paciência.



### Objetivos de Aprendizagem

- Revisar e reforçar tópicos como: oxidação, redução, reações de compostos carbonílicos;
- Preparação de soluções – prática;
- Explicar o que ocorre na reação orgânica com produção do espelho de prata.



### Materiais e Reagentes

- Frascos de vidro (limpos) transparente com tampa
- Erlenmeyer de 250 mL
- Provetas
- Pipetas de Pasteur
- Balão volumétrico de 1 L
- Balão volumétrico de 500 mL
- Glicose,  $C_6H_{12}O_6$  (s)
- Nitrato de prata,  $AgNO_3$  (s)
- Hidróxido de amônio concentrado,  $NH_4OH$
- Água destilada





## Procedimentos

---

### SOLUÇÃO A – $\text{AgNO}_3$ (aq) $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$

- Proceda os cálculos e prepare 1 litro da solução de nitrato de prata em balão volumétrico.

### SOLUÇÃO B – $\text{NaOH}$ (aq) $1,00 \text{ mol.L}^{-1}$

- Proceda os cálculos e prepare 1 litro da solução de hidróxido de sódio em balão volumétrico.

### SOLUÇÃO C – Reagente de Tollens, $[2 [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2 \text{OH}^-]$

- Coloque 15 mL da **Solução A** ( $\text{AgNO}_3$ ) em um erlenmeyer;
- NA CAPELA, adicionar  **$\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado** gota-a-gota e sob leve agitação, até o desaparecimento do precipitado amarelo formado pela primeira gota;
- Adicionar ao erlenmeyer a **Solução B** ( $\text{NaOH}$ ), gota-a-gota, até ocorrer a formação do precipitado escuro;
- Sob agitação, adicionar novamente  **$\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado**, gota-a-gota, até o desaparecimento do precipitado escuro.

### SOLUÇÃO D – 500 mL de solução aquosa de glicose, 10% (m/V)

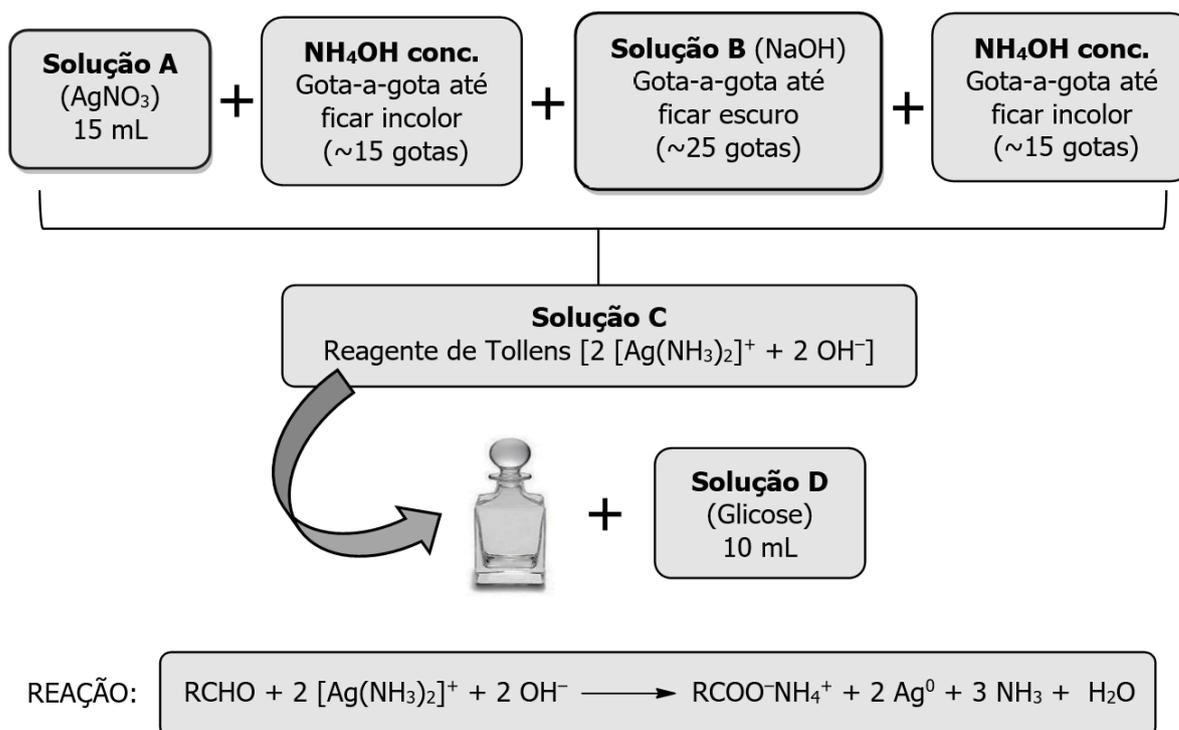
- Proceda os cálculos e prepare meio litro da solução de glicose em balão volumétrico.

## ➤ ESPELHAMENTO

- Transfira o reagente de Tollens (solução C) para o frasco a ser espelhado;
- Adicione 10 mL da solução de glicose (solução D) ao frasco;
- Feche o frasco e mantenha sob leve agitação, de forma que o líquido fique **em contato com toda a superfície** interna, garantindo a prateação completa do interior do frasco;

- Descarte o excesso de líquido do frasco em recipiente próprio para resíduos de prata;
- Lave o interior do frasco com água.

Esquema representativo do procedimento experimental:



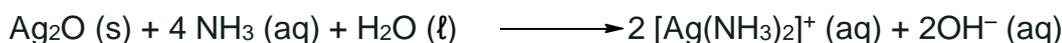
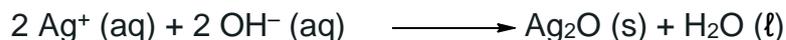
## Dados

Bernhard Christian Gottfried Tollens foi um químico alemão cujo nome é reconhecido pelo *teste do espelho de prata* com o reativo ou reagente de Tollens. Ele desenvolveu o teste para diferenciar aldoses de cetoses em açúcares.

O reagente de Tollens é uma solução alcalina e amoniacal de nitrato de prata, que serve como teste para a identificação de aldeídos.

Seu preparo parte de uma solução aquosa de nitrato de prata, que contém íons Ag<sup>+</sup>. Com a adição da solução de hidróxido de sódio, há a formação de um precipitado escuro, que corresponde à formação de óxido de prata, Ag<sub>2</sub>O (s). Esse precipitado dissolve em amônia aquosa concentrada, pois leva à formação do íon diaminoprata(I), [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, chamado em Química de “complexo”.

Equações das reações de preparo do reagente de Tollens:



O reagente de Tollens dá resultado negativo para cetonas, já que não oxidam. Mas o resultado é positivo para aldeídos, pois é um grupamento que pode sofrer oxidação. Nesse teste, a prata ( $\text{Ag}^+$ ) é a verdadeira responsável pela oxidação, sofrendo ela própria, no processo, a redução à prata metálica ( $\text{Ag}^0$ ).

Aqui o professor pode explorar as reações de preparação do reativo e questionar sobre o porquê de ter a necessidade da adição de amônia na fase final, já que os íons  $\text{Ag}^+$  (oxidante) estão presentes desde o início da preparação.

A resposta está no fato de que a adição de amônia ao nitrato de prata faz com que esses íons sejam menos suscetíveis à redução, o que produz prata em uma forma mais controlada. Isso se verifica pelos potenciais de redução da prata quando livre e quando coordenada à amônia, complexo diaminoprata(I):

Reação de Redução de $\text{Ag}^+$ a $\text{Ag}^0$	Potencial padrão de Redução, $E^0$ (volt)
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$	+ 0,799
$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag} + 2 \text{NH}_3$	+ 0,373



### Questões Sugeridas \_\_\_\_\_

- Por que é importante que algumas etapas dessa aula sejam conduzidas na capela?
- Quais os estados de oxidação comuns para a prata? Explique a facilidade ou dificuldade de transformação de uma em outra forma. Embase suas explicações.
- Durante as fases de preparação do reagente de Tollens, que reações ocorrem? Quais as indicações visuais de que estão ocorrendo reações?
- Por que o teste é positivo para aldeídos, mas não é para cetonas?
- De que é formado o espelho que se forma na superfície interna dos frascos de vidro?

(f) O que tornaria a adesão do espelho ainda mais eficiente no interior dos frascos?



### **Referência** \_\_\_\_\_

CISCATO, C. A. M; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E. Química, Química Orgânica. Vol. 3, 1ª Ed., Ed. Moderna, São Paulo, 2015.

OBS.: Proposta experimental, imagens, esquema e tabela pelo autor.

**ANEXO A**

## **EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA EM ELETROQUÍMICA E ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO MÉDIO EM UMA ESCOLA FEDERAL EM SANTA MARIA/RS**

### **INQUIRY EXPERIMENTATION IN ELECTROCHEMISTRY AND ARGUMENTATION IN HIGH SCHOOL IN A FEDERAL SCHOOL IN SANTA MARIA/RS**

**Rodrigo Rozado Leal**

Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, rodrigo355@hotmail.com

**Maria Rosa Chitolina Schetinger**

Universidade Federal de Santa Maria, Dep. de Química, mariachitolina@gmail.com

**Giovanni Bressiani Pedroso**

Universidade Federal de Santa Maria, Dep. de Química, giobpedroso@gmail.com

#### **Resumo**

A argumentação tem sido uma preocupação na pesquisa em Educação em Ciências e considerada benéfica para a compreensão conceitual e capacitação dos alunos a pensar criticamente em um contexto científico. A formulação de argumentos é significativa no desenvolvimento de atividades científicas, mas no contexto escolar os alunos precisam ter a oportunidade de se envolverem em argumentações. Considerando o contexto brasileiro, essa questão ainda não está bem elucidada. Neste artigo, é discutido como três atividades com experimentos investigativos em eletroquímica, com diferentes níveis de abertura, puderam promover a argumentação em um grupo de 48 alunos da segunda série do Ensino Médio (EM) do Colégio Politécnico da UFSM, escola da rede federal em Santa Maria, Rio Grande do Sul. O discurso durante as atividades com experimentos com alto grau de abertura mostrou-se rico em argumentos, enquanto que durante a atividade com experimentos com baixo grau de abertura o discurso mostrou-se escasso em argumentação. Os argumentos foram coletados e analisados de acordo com o modelo de argumentação de Toulmin (2006).

**Palavras-chave:** Ensino de Química, Experimentação Investigativa, Argumentação

#### **Abstract**

Argumentation has been a concern in Science Education research. It is considered to be beneficial to conceptual understanding and provide students with the ability to think critically in a scientific context. Formulating arguments is significant in developing science activities, but in school context students need to be given the opportunity to engage in argumentation. Considering the Brazilian context, this issue has not been well elucidated yet. In this paper, it is discussed how three activities with inquiry-type experiments in electrochemistry, with different level of openness, can promote argumentation in a high school group of 48 students, from second grade, in the chemistry laboratory of Colégio

Politécnico da UFSM, a federal school in Santa Maria, Rio Grande do Sul. The discourse during activities with experiments with high level of openness was found to be rich in arguments, whereas that during the activity with experiments with low level of openness the discourse was found to be sparse in arguments. The arguments were collected and analyzed according to the Toulmin model of argumentation (2006).

**Keywords:** Teaching Chemistry, Inquiry Experimentation, Argumentation

## Introdução

Diversos estudos a respeito da Educação no século XXI têm apontado a necessidade de uma complexa e constante reflexão sobre a prática docente, avaliação da assimilação ou não daquilo que é ensinado e se as necessidades do público discente estão sendo atendidas nessa prática. A tarefa é desafiadora, já que a atividade docente, em qualquer âmbito de ensino, é construída pelo professor ao longo da sua carreira de forma muito particular, além de estar cercada de erros e acertos, de novidades ou marcada pela repetição de antigas e inadequadas abordagens.

Nesse percurso profissional, muitos docentes são sensíveis a essas reflexões e acabam encontrando alternativas, às vezes frustrantes para o aluno ou pra ambos, mas também às vezes com bons resultados, de forma que merecem socialização.

Neste artigo há o relato de um trabalho desenvolvido com alunos da segunda série do Ensino Médio (EM), no Laboratório de Química do Colégio Politécnico da UFSM, escola da rede federal vinculada à Universidade Federal de Santa Maria, na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. As atividades buscaram uma abordagem que estimulasse os alunos a argumentarem, elaborarem e expressarem os seus raciocínios químicos, levantando assim a questão da importância de avaliar a forma com que as repostas dos discentes são dadas quando questionados sobre algum ponto científico.

A Educação e o Ensino de Ciências na Escola de Educação Básica (EB) não têm por fim a formação de cientistas e pesquisadores, mas promover a difusão das atitudes e valores associados à postura indagativa e crítica própria das ciências (SCHWARTZMAN; CHRISTOPHE, 2011). A implementação disso no ambiente escolar é desafiador e necessário, já que de todo o conhecimento gerado até hoje, a Ciência é parte integrante do arcabouço cultural da humanidade. Assim, a Educação Científica é mais efetiva quando conduzida por atividades contextualizadas, socialmente engajadas, críticas e problematizadoras, não restringindo o ensino ao uso de fórmulas, resolução de exercícios e memorização (ZANETIC, 2005). Nesse sentido, a experimentação em ciências mostra-se naturalmente atraente, tanto para professores que almejam um trabalho de ensino mais ativo e motivador, como para os próprios alunos, que gostam de atividades diferentes daquela tradicional em sala de aula.

Segundo Oliveira (2010), a experimentação tem condições de, dentre várias contribuições, motivar os alunos; estimular a criatividade e o trabalho em grupo; aprimorar habilidades manipulativas e a capacidade de observação e registro; analisar dados e propor hipóteses; e estimular a compreensão da Natureza da Ciência (NdC). Nesse sentido, com intuito de investigar esses aspectos, Santos e Nagashima (2017)

concluíram, em um estudo particular no Laboratório de Química do EM, que a experimentação despertou nos alunos um maior interesse pela disciplina, proporcionando um caráter motivador, lúdico e essencialmente vinculado aos sentidos. Mais de 90% dos alunos participantes do estudo atestaram que a atividade teve papel importante na construção de conceitos químicos e como facilitador da aprendizagem.

Muito se lê sobre o sucesso de abordagens experimentais no ensino, mas há um contraponto a ser feito, uma vez que várias pesquisas apontam que a experimentação não proporciona, obrigatoriamente, uma efetiva aprendizagem (BARBERÁ; VALDÉZ, 1996). O insucesso pode ocorrer em atividades experimentais mal planejadas, com professores incapacitados caindo no experimentalismo, o qual tem pouco impacto na aprendizagem, reforçando nos alunos a ideia de que a Ciência se desenvolve e busca respostas por meio da experimentação de forma exclusiva (HODSON, 1998).

Assim, o alcance dos pontos positivos levantados anteriormente pode variar de acordo com a abordagem experimental escolhida, com a capacitação do docente e até mesmo com o perfil dos alunos. Não se pode ter a ideia de que a experimentação por si só resolverá todos os problemas de aprendizagem, mas que com estudo e preparo essa abordagem pode ser uma poderosa ferramenta de ensino e aprendizagem.

Na sequência será descrita uma breve revisão sobre a abordagem experimental escolhida neste estudo, a escolha do tema, a metodologia do trabalho e seus resultados.

### **A experimentação investigativa**

O ensino por investigação consiste em uma abordagem didática que pode englobar diferentes estratégias, centradas no aluno, que não mais apenas ouve e copia o que o professor fala. Esse tipo de abordagem desperta a autonomia nos alunos.

O trabalho com atividades investigativas no Ensino de Ciências tem sido muito evidenciado nos últimos 20 anos como uma abordagem criativa e diferenciada, ainda mais numa época em que o excesso de informação induz o aluno a questionar até que ponto a Escola tradicional é necessária. Mas a implementação de atividades dessa natureza exige que professores que trabalham de forma tradicional mudem o seu papel, quebrem sua rotina e enfrentem os desafios impostos por qualquer processo de mudança.

No caso da adoção de atividades investigativas no Ensino de Ciências, Santana e Franzolin (2018) em um estudo com professores de Ensino Fundamental (EF) apontam: desmotivação dos professores por falta de tempo para um necessário planejamento de atividades investigativas, falta de capacitação para tal, insegurança, falta de auxílio na implementação e grande número de alunos para atender em cada turma. Esses são pontos críticos a serem considerados, já que ter segurança sobre a abordagem, preparo e planejamento adequados são de extrema importância para alcançar êxito.

O ensino por investigação tem longa história no Ensino de Ciências, mas ainda persistem ideias erradas sobre as características dessa abordagem didática. Por exemplo, há a crença de que atividades investigativas são necessariamente práticas ou experimentais e vice-versa, mas Munford e Lima (2007) apontam essa ideia como equivocada, já que há diversas atividades investigativas sem envolver experimentos, além

de que há muitas atividades experimentais com nenhum viés investigativo. Ambos também indicam o equívoco de muitos na crença de que toda atividade investigativa deva ser bastante aberta, aquela em que a escala de autonomia dos alunos é alta e pouca orientação do professor é necessária para alcançar o êxito. No caso de atividades investigativas com alunos de EF ou EM, por exemplo, deve haver um acompanhamento mais próximo, com orientações por parte do professor, principalmente quando tem abordagem experimental, já que crianças e adolescentes têm pouca ou nenhuma experiência e familiaridade com equipamentos e procedimentos em laboratório.

Toledo e Ferreira (2016) indicam que atividades experimentais são recursos valiosos para elevar a motivação e ampliar a aprendizagem, independentemente se usada na introdução ou na contextualização de um tema. Porém, para isso, devem trazer consigo mais do que cores e transformações explosivas, devendo priorizar a construção de um ambiente que auxilie o aluno a assumir seu papel de agente do próprio aprendizado, estimulando a autonomia, a reflexão e o senso crítico. Nesse sentido, a metodologia investigativa aplicada às atividades experimentais pode ser ideal, já que vai ao encontro daquilo que foi apontado, tendo grande potencial de desenvolver nos alunos habilidades procedimentais, atitudinais e cognitivas. Essa metodologia exige que o aluno, a partir de uma situação-problema, elabore uma hipótese, obtenha dados e os coloque sob julgamento, confirmando-a ou rejeitando-a.

Historicamente, a contribuição de Francis Bacon (1561-1626) no século XVII para elaboração do método científico veio da sua percepção acerca da necessidade de se substituir uma simples observação, como era feita por Aristóteles (322-384 a.C.), por uma observação efetuada em circunstâncias padronizadas por intermédio de procedimentos protocolados (TOLEDO; FERREIRA, 2016). Atualmente, em pleno século XXI, essa realidade está ainda mais evidente, embora as interpretações sobre qual das diversas abordagens utilizar ainda gerem discussões (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Em todos os casos, concorda-se que essas atividades são sempre baseadas em problemas que os alunos devem resolver e que esta proposta de ensino se apresenta muito diferente da abordagem do ensino tradicional, no qual o professor tem a preocupação de desenvolver uma lista de conteúdos, muitas vezes de modo expositivo, sem proporcionar aos alunos uma reflexão mais profunda.

No trabalho com a experimentação investigativa há muitos elementos associados ao trabalho científico, porém, o professor deve entender que o foco é a aprendizagem, não esperando que seus alunos venham a realizar descobertas (AZEVEDO, 2004). Esse trabalho requer, junto aos alunos: a) um trabalho prévio com fundamentação teórica específica e contextualização do tema que se pretende explorar; b) um trabalho prévio no laboratório ou ambiente em que se pretenda desenvolver a experimentação, que vise à familiarização dos alunos com os equipamentos, vidrarias ou procedimentos experimentais; c) iniciar a atividade principal de investigação a partir de uma pergunta elaborada pelo aluno ou pelo professor; d) possibilitar aos estudantes que desenvolvam a atividade, observem, anotem, elaborem hipóteses e as testem, refaçam o experimento na íntegra ou com adaptações, nesse caso, o professor deve ser consultado para avaliar se a adaptação é segura para ser conduzida; e) haja um momento de socialização dos

resultados entre os alunos de diferentes grupos e discussão geral para conclusões (SILVA, 2011; BIANCHINI; ZULIANI, 2009; FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010).

Em linhas gerais, a experimentação investigativa faz com que os alunos, quando devidamente engajados, tenham um papel intelectual mais ativo durante as aulas, o que reflete diretamente na qualidade da aprendizagem. Pelas características da experimentação investigativa discutidas neste tópico é que, neste trabalho, procurou-se investigar como esse tipo de atividade no laboratório de química poderia estimular os alunos na construção de argumentos.

### Grau de abertura de uma atividade experimental investigativa

São antigas as reflexões e explorações sobre o laboratório didático e o papel da experimentação no Ensino de Ciências em geral. Vários autores (SCHWAB, 1962; HERRON, 1971; TAMIR, 1991; PRIESTLEY, 1997; BORGES, 2002) tratam de graus de abertura nesse contexto de ensino-aprendizagem experimental, que se referem ao grau em que o problema de pesquisa, procedimentos e resultados são divulgados aos alunos antes da realização do experimento.

Nesse sentido, Tamir (1991) propôs a categorização da abertura de atividades de cunho investigativo com o uso de um esquema de análise que leva em consideração a maior ou menor liberdade dos alunos nas escolhas e/ou desenvolvimento das seguintes áreas do processo experimental: (i) *problemática a ser investigada*, (ii) *procedimentos experimentais* e (iii) *coleta de dados e elaboração de conclusões a partir desses*. Para esse autor, as propostas experimentais numa abordagem puramente tradicional seriam análogas a um “livro de receitas”, nos quais o problema, os procedimentos e os resultados ficariam a cargo do professor, caso de baixo grau de abertura da atividade. Já no outro extremo, de atividades experimentais abertas, as três áreas do processo de experimentação ficariam a cargo dos alunos. O Quadro 1 ilustra isso de forma resumida, classificando a abertura de atividades experimentais investigativas em quatro níveis: de 0 a 3, que aqui serão representadas por A0 a A3, para não haver confusão com os níveis de argumentação que serão abordados posteriormente.

Quadro 1 – Graus de abertura de atividades experimentais investigativas.

Elementos de uma Atividade Experimental Investigativa	Graus de Abertura de Atividades Experimentais Investigativas			
	A0	A1	A2	A3
 PROBLEMA				
 PROCEDIMENTOS				
 CONCLUSÕES				



A cargo do professor



A cargo dos alunos

Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Conforme o Quadro 1, o menor grau de abertura, representado por A0, é aquele considerado totalmente fechado, no qual os alunos recebem o problema do professor, recebem o passo-a-passo do experimento e já sabem o resultado antecipadamente. É típico de atividades experimentais de confirmação e também de atividades demonstrativas. No grau A1, fica a cargo do professor a apresentação do problema e do roteiro experimental, já os alunos ficam encarregados da elaboração das conclusões a partir da coleta e tratamento de dados. No grau A2, apenas a situação-problema é fornecida, ficando a cargo dos alunos a elaboração e condução do procedimento e conclusões. Por fim, no grau de abertura A3, fica a cargo dos alunos toda a proposta, desde a escolha da problemática a ser investigada até as conclusões.

Esse é um exemplo de proposta que questiona o método “livro de receitas” que se preocupa mais com o experimento em si do que os meios para o alcançar e o compreender. Os graus mais abertos de experimentação investigativa rompem com o alto grau de memorização e dependência do professor, aumentam o grau de retenção dos assuntos abordados, facilitam a aplicação do que se aprende, além de abrir espaço para tomada de decisões e formulação de hipóteses (GALLET, 1998).

Assim, Tamir (1991) propõe, acima de tudo, uma reflexão sobre o modo de se trabalhar a experimentação no ensino, sendo que essa flexibilização tem por objetivo o aumento da motivação do aluno, o desenvolvimento de suas habilidades de investigação e realização, além de trabalhar parâmetros que são fundamentais para o método científico.

### **Argumentação no ensino de ciências**

A linguagem une os seres humanos enquanto espécie, permitindo a comunicação (diálogos, expressar sentimentos, manifestação de ideias e opiniões) além de importante elemento no que concerne ao armazenamento do conhecimento a ser compartilhado (CHOMSKY, 1977). Vigotsky (2008) já apontava a íntima relação entre pensamento e linguagem, quando considera as funções cognitivas especificamente humanas. Isso no contexto de sala de aula pode e deve ser explorado, considerando-se fatores que incluem a construção coletiva do conhecimento pelos alunos a partir de suas diferenças: abordagem sociointeracionista de Vigotsky. Nesse sentido, é importante atentar não só para como a linguagem é abordada pelo professor no processo de ensinar, mas também a linguagem utilizada pelos discentes no processo de aprender.

Bargalló (2005) compara a aprendizagem de ciências com a aprendizagem de um novo idioma, afirmando que não se trata somente da aquisição de vocabulário, mas também do reconhecimento da estrutura gramatical da nova língua. No caso do conhecimento científico, há também uma estrutura própria, a qual é sistematizada pela linguagem. Dessa forma, a aprendizagem de ciências requer compreensão de sua estrutura, a fim de alcançar a alfabetização científica. Nessa perspectiva, e entendendo que argumentação e suas relacionadas refutações são elementos inerentes ao progresso da Ciência, muitos pesquisadores têm se interessado em investigar processos argumentativos na Escola e na Universidade, o que tem evidenciado o seu papel formador enquanto componente e meio para o ensino de conteúdos e de práticas

epistêmicas, especialmente os científicos (MIRZA; PERRET-CLERMONT, 2009; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). A linguagem científica é baseada em argumentos, portanto, aos alunos deve ser dada a oportunidade de “falar ciência” (LEMKE, 1990).

Vieira e Nascimento (2013) abordam o importante papel da argumentação no ensino, destacando as potencialidades desta na formação dos alunos: desenvolvimento de compreensões conceituais e epistêmicas, construção de afirmações baseadas em evidências, desenvolvimento do pensamento crítico, desenvolvimento de processos cognitivos de alta ordem e desenvolvimento de autonomia; sendo esta última um dos objetivos mais importantes para a Educação e, em particular, para a Educação em Ciências.

A argumentação no Ensino de Ciências é diferente daquela utilizada na vida diária, não se tratando de uma “troca acalorada” de opiniões e emoções com intuito de derrotar a opinião do rival. De fato, trata-se de um discurso lógico e racional, que visa encontrar uma relação entre ideias e evidências (DUSCHL; SCWEINGRUBER; SHOUSE, 2007). Nesse contexto, é importante o significado da palavra “opinião”, que, segundo Breton (1999), é ao mesmo tempo o conjunto das crenças, dos valores e das representações de mundo, sendo um ponto de vista possível. A confrontação de pontos de vista pode levar à produção de argumentos. Assim, um argumento é um enunciado elaborado para justificar determinada opinião a fim de ser aceito por um público particular (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013). Do ponto de vista cognitivo, a formulação de um argumento é um processo conceitual, no qual habilidades de raciocínio são desenvolvidas, pois exige o estabelecimento de relações claras entre dados e conclusão.

Várias pesquisas em argumentação, sendo muitas delas direcionadas ao ensino, têm utilizado o modelo do filósofo Stephen Toulmin (1922-2009) para avaliar argumentos, embora o padrão não verse especificamente sobre o campo da Educação. O modelo de Toulmin surge para, segundo o autor, abordar o uso prático da lógica em argumentos, já que a abordagem formal de categorias lógicas, como a dedução, é pouco usual na argumentação cotidiana (TOULMIN, 2006; VELASCO, 2009). Dessa forma, uma caracterização mais estrutural à argumentação é oferecida no modelo de Toulmin, que tem três componentes básicos: uma afirmação ou conclusão (C), dados (D) e justificativa ou garantia (G) (TOULMIN, 2006).

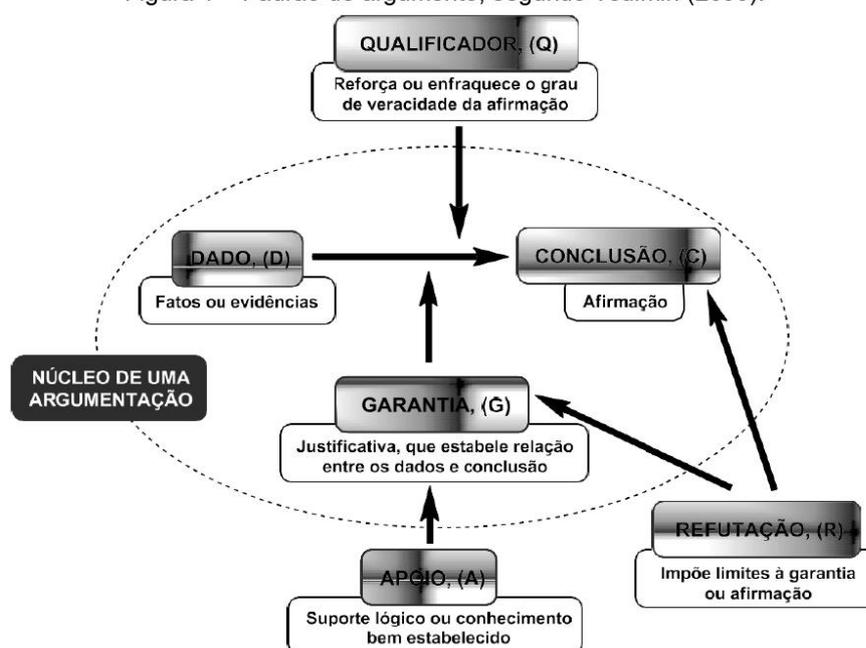
Os fatos ou dados (D) são as evidências usadas para provar uma afirmação ou conclusão (C). A garantia (G) é uma justificativa, que é de natureza hipotética e geral, tendo papel conector entre a evidência e a afirmação ou conclusão. Essas três partes são importantes para uma comunicação clara, principalmente quando se quer transmitir ideias e posicionamentos com convicção.

Em “Pedro nasceu em Porto Alegre, então ele deve ser gaúcho”, a primeira parte da oração é a evidência (D) que dá suporte a afirmação de que Pedro é gaúcho (C). Nesse exemplo, a garantia ou justificativa está implícita, que seria: “Porto Alegre é uma cidade do Rio Grande do Sul e toda a pessoa nascida nesse estado brasileiro é gaúcha”. A justificativa, ausente no exemplo dado, é parte importante de um processo argumentativo, porém algumas vezes o orador assume que é óbvia demais para ser

explicitada. No caso de processos argumentativos mais complexos em ensino-aprendizagem ou debates em que se objetiva a construção de uma conclusão sólida, o orador deve estar seguro da clareza de sua justificativa, a fim de que o ouvinte compreenda o porquê da defesa de tal ponto de vista, sem confusão ou má interpretação.

A Figura 1 mostra a estrutura do padrão proposto por Toulmin (2006), destacando o núcleo da argumentação contendo os três elementos básicos (D, G, C), bem como outros elementos que complementam esse núcleo, tornando o argumento mais rico.

Figura 1 – Padrão de argumento, segundo Toulmin (2006).



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

O apoio (A), refutação (R) e qualificador (Q) são aditivos que enriquecem o argumento, segundo o padrão de Toulmin. O apoio é um suporte lógico ou conhecimento bem estabelecido adicionado à justificativa, com intuito de melhor convencer a audiência. As refutações têm papel preventivo contra quaisquer contra-argumentos, evidenciando em quais situações a afirmação ou conclusão pode se tornar falsa e assim impondo limites à conclusão. Já os qualificadores modais são palavras ou expressões que qualificam a afirmação final no sentido de reforçá-la ou até mesmo enfraquecê-la. São exemplos de qualificadores: *absolutamente, sempre, nunca, às vezes, geralmente, provavelmente*.

Essa estrutura propõe um padrão para análise de argumentos a partir de elementos lógicos. A estrutura básica seria: “a partir de um dado D, já que G, então C”.

No livro *Argumentação no Ensino de Ciências*, os autores relatam:

“Esse padrão coloca a argumentação em uma célula composta de seis elementos lógicos. Primeiro, uma conclusão (C), que é afirmada sobre a base de um dado (D). Esse passo argumentativo é autorizado por uma lei de passagem (G), ela mesma retirada de um conhecimento ou base de apoio (A). A refutação (R) especifica as condições que invalidam essa passagem. Considerando os “pesos” dos elementos restritivos (refutação) e justificatórios (garantia e apoio), o qualificador modal Q (ou modalizador) atenua ou reforça o *status* da conclusão considerada” (VIEIRA; NASCIMENTO, 2013, p. 60).

Assim, o modelo de Toulmin pode ser considerado uma poderosa ferramenta para a compreensão da argumentação e suas relações com o pensamento científico, uma vez que uma das características de discursos nas ciências é a estima pela solidez de suas proposições (CAPECCHI; CARVALHO, 2004; VIEIRA; NASCIMENTO, 2013).

### **Metodologia**

Para o desenvolvimento deste trabalho foi adotado um caminho metodológico predominantemente qualitativo, sendo que alguns itens foram analisados de forma quantitativa. A abordagem qualitativa permitiu a descrição do que foi estudado, enquanto que a abordagem quantitativa foi útil para evidenciar a magnitude dos fenômenos observados, principalmente para fins comparativos.

### **Sujeitos e contexto social da pesquisa**

A investigação foi desenvolvida com alunos da 2ª série do EM do Colégio Politécnico da UFSM, na cidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. O curso de EM dessa escola tem bastante prestígio na comunidade local pelo excelente rendimento no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

O ingresso no EM da Escola ocorre por meio de seleção, que segue o sistema de cotas. Dessa forma, ingressam alunos oriundos do EF de escolas públicas e particulares, com boa bagagem de conhecimento e com bastante motivação para estudar.

No caso desta pesquisa, os alunos envolvidos já haviam estudado eletroquímica em sala de aula, de forma teórica.

### **Situação estudada**

O trabalho foi conduzido em um laboratório de química da Escola, com boa estrutura, equipamentos, vidrarias e reagentes. Naquele espaço, cada aula experimental é usualmente oferecida para uma média de 12 alunos, que se reúnem em grupos menores de três ou quatro alunos para trabalharem.

Vale ressaltar que as práticas no laboratório de química são extraclasse e realizadas em turno inverso àquele de aula normal. Os alunos são convidados a participar dessas atividades extras e a participação voluntária supera 90%. Assim, os sujeitos dessa pesquisa tinham familiaridade com atividades práticas no laboratório de química, conheciam questões de segurança, tinham experiência no manuseio de

vidrarias, equipamentos e condução de práticas básicas, além de noções de tratamento e interpretação de dados de análises experimentais.

### **As atividades experimentais do estudo**

Com o intuito de investigar processos argumentativos de alunos de EM no laboratório de química durante a realização de atividades investigativas, foi escolhido para o trabalho o tema Eletroquímica. Apesar de sua relevância para a formação discente, o tema apresenta dificuldades de aprendizagem em função da elevada demanda por conceitos e diferenciação entre os componentes que constituem pilhas, baterias e eletrólises. Assim, há espaço para o desenvolvimento de abordagens didáticas, sobretudo de cunho experimental que empreguem materiais acessíveis no cotidiano e que sejam pensadas para contemplar os principais tópicos do assunto.

As três atividades experimentais investigativas desenvolvidas no laboratório com os alunos em diferentes aulas foram classificadas segundo seu grau de abertura, de acordo com os critérios propostos por Tamir (1991), discutidos anteriormente.

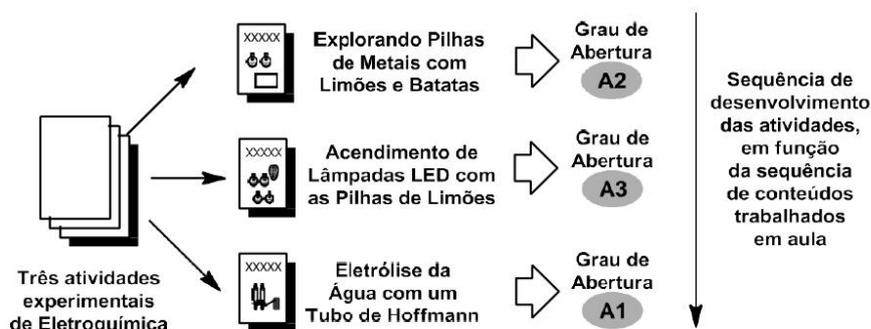
Na primeira aula foi proposto que os alunos montassem e investigassem pilhas com diferentes materiais metálicos, limões e batatas. Eles tinham a disposição esses materiais, além de multímetro. Essa atividade foi classificada com grau de abertura A2, já que o problema foi fornecido, sendo solicitado aos alunos que elaborassem estratégias de montagem dos sistemas (procedimentos) e que relatassem suas conclusões.

Na segunda aula, os próprios alunos propuseram testar suas pilhas de limão para o acendimento de pequenas lâmpadas incandescentes e do tipo LED. Essa atividade foi classificada com grau de abertura A3, já que toda a proposta ficou a cargo dos próprios alunos.

Na terceira aula foi proposto que os alunos observassem a condução de um experimento de eletrólise da água, utilizando para isso um tubo de Hoffmann, que permite a coleta dos gases produzidos no processo. Com o andamento do procedimento foi possível verificar que os gases são produzidos em quantidades diferentes, o que intrigou inicialmente os alunos, fazendo-os buscar explicações para isso. Como a atividade propôs a problemática e também o procedimento, ficando somente as conclusões a cargo dos alunos, ela foi classificada com o grau de abertura A1.

A Figura 2 mostra o esquema de organização e condução das atividades experimentais escolhidas para o estudo, dentro do tema “eletroquímica”.

Figura 2 – Atividades experimentais investigativas em eletroquímica e seus graus de abertura, segundo critérios propostos por Tamir (1991).



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Para fins de facilitar a discussão, as atividades foram identificadas pelos números I, II e III levando em consideração os graus de abertura das atividades em ordem crescente e não na ordem de seu desenvolvimento no laboratório. A Figura 3 ilustra isso na sequência.

Figura 3 – Identificação das atividades experimentais investigativas em eletroquímica de acordo com seus graus de abertura.



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Foi também verificado o tempo da aula em que o professor utiliza a palavra – seja para instruções ou para sanar dúvidas – e o quanto do tempo total de aula os alunos utilizam para suas discussões, planejamentos e exposição de conclusões.

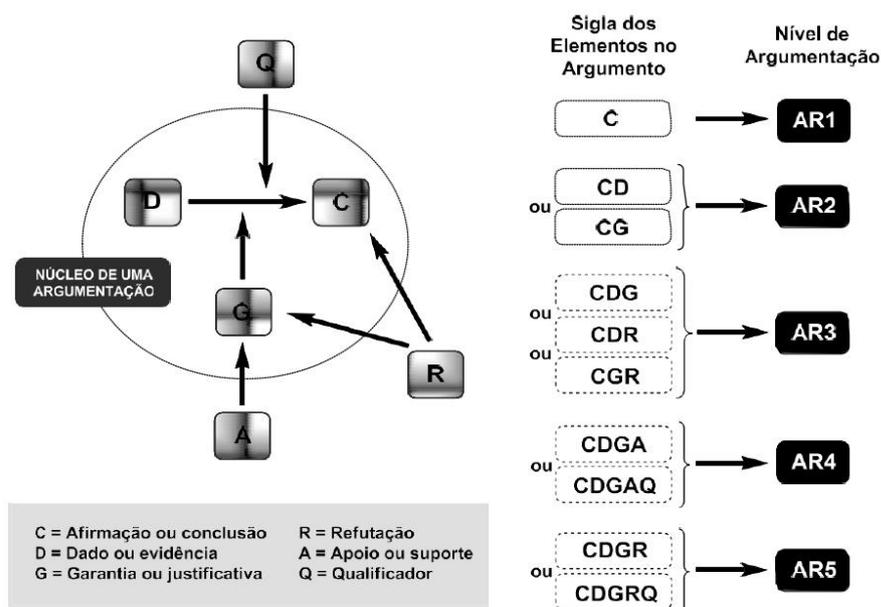
Ao final de cada atividade os grupos de alunos foram incentivados a apresentarem suas conclusões e a responderem perguntas do professor e dos colegas de outros grupos. Foi solicitado aos alunos que fizessem suas exposições orais da forma mais completa possível, resgatando conhecimentos prévios do assunto, conhecimentos teóricos de aula, hipóteses iniciais, etc.

### Coleta de dados e instrumento de avaliação

Foram analisadas as falas dos alunos em aula de laboratório nos momentos reservados para questionamentos e para discussão dos experimentos realizados. Não foi realizada uma análise fina dos discursos, mas a observação foi mais atenta para a identificação e registro da ocorrência de argumentos e seus elementos componentes, levando em consideração o padrão de argumento de Toulmin (2006). Gravações de áudio auxiliaram na posterior revisão das análises.

Com o intuito de avaliar o grau dos argumentos presentes nas discussões, foi escolhida uma ferramenta que leva em consideração a presença dos elementos de argumentação propostos por Toulmin (ERDURAN *et al.*, 2004; OSBORNE *et al.*, 2004; SIMON; JOHNSON, 2008). A Figura 4 mostra os níveis de argumentação de um a cinco (AR1 a AR5) e os elementos que devem estar presentes em cada tipo de argumento para tal classificação.

Figura 4 – Nivelamento do grau de argumentação, considerando o padrão de Toulmin (ERDURAN *et al.*, 2004; OSBORNE *et al.*, 2004; SIMON; JOHNSON, 2008).



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

A escolha da ferramenta de nivelamento de argumentação aplicada neste trabalho não é arbitrária. Trata-se de uma ferramenta que se alinha com o tipo de discurso que surge em aulas experimentais e já foi utilizada em pesquisas internacionais (ERDURAN *et al.*, 2004; OSBORNE *et al.*, 2004; SIMON; JOHNSON,

2008).

Dois aspectos fundamentais, foram levados em consideração: a busca por argumentos que tivessem os elementos básicos (núcleo de uma argumentação): afirmação/conclusão (C), evidência/dados (D) e justificativa/garantia (G); e também a presença dos elementos aditivos: refutações (R), suporte/apoio (A) e qualificador modal (Q). Ainda de acordo com a Figura 4, argumentos incluindo vários componentes apresentam grau significativamente maior.

## Resultados e discussão

A dinâmica deste trabalho ao longo de todo o processo proporcionou um cenário rico e positivo em aprendizagens. Isso foi possível pelas características da metodologia experimental escolhida, a da investigação. Com essa proposta, percebeu-se considerável envolvimento dos alunos nas três atividades, propiciando forte interação e diálogo dentro dos grupos, a fim de cumprirem os objetivos propostos ou até mesmo objetivos traçados por eles próprios. Isso foi ao encontro do que aponta Afonso (2008) ao afirmar que atividades experimentais têm potencial de trabalhar questões de autoestima e aumentar níveis de aprendizagem de grupos sociais mais desfavorecidos, devido aos contextos de cooperação e colaboração que proporcionam.

Além disso, Coelho da Silva (2009) destaca esse tipo de atividade experimental como ferramenta importante para o desenvolvimento da autonomia dos alunos. De fato, os grupos mostraram engajamento e comprometimento com as situações de aula, tentando por si próprios buscar, pensar e testar estratégias para a solução dos problemas do tema eletroquímica, principalmente nas atividades com maior grau de abertura.

Essas questões se refletiram no tempo de fala dos sujeitos envolvidos na pesquisa: professor e alunos. A Figura 5 mostra que as atividades II e III, que são as que apresentam maior grau de abertura neste estudo, tiveram considerável diminuição da participação do professor em aula, quando comparadas a atividade I, com grau de abertura A1.

Figura 5 – Média do tempo de fala em aula (em %) para as atividades I, II e III, de acordo com seu grau de abertura. Participaram 144 alunos, no total das três atividades.



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Esses resultados evidenciam que as atividades com grau de abertura A2 e abertura A3 (máxima) foram mais centradas no aluno que no professor, que era uma ideia desejada, buscando uma aprendizagem mais ativa, deixando o aluno com maior responsabilidade pela construção de seu conhecimento, respeitando seu ritmo pessoal e trabalhando de forma cooperativa.

A partir da análise dos discursos, foi possível perceber que os alunos aceitaram bem as atividades e tiveram notável progresso na compreensão dos princípios que regem a eletroquímica, mais especificamente pilhas e eletrólises.

Foi também possível detectar que as falas continham argumentos nos cinco níveis, de AR1 a AR5, conforme a Figura 4. Na sequência é apresentado um exemplo de cada tipo de argumento, nos diferentes níveis. Foram indicados codinomes, que não coincidem com os nomes de qualquer dos alunos envolvidos no estudo. Nos trechos escolhidos e transcritos estão indicados entre parênteses os elementos da argumentação do padrão de Toulmin, responsáveis pela classificação do grau do argumento desenvolvido: afirmação/conclusão (C), evidência/dado (D), justificativa/garantia (G), refutação (R), suporte/apoio (A) e qualificador modal (Q) (ERDURAN *et al.*, 2004; OSBORNE *et al.*, 2004; SIMON; JOHNSON, 2008).

O Quadro 2 exemplifica um caso com o menor grau de argumentação, que se restringe a uma afirmação, sem a utilização de qualquer tipo justificativa.

Quadro 2 – Exemplo de argumento de grau AR1 e seu único elemento identificador.

<b>AR1</b>	<b>Componente: C</b>
<b>Lia:</b> “ <i>Esse procedimento provou que a água pode ser decomposta. (C)</i> ”	

Fonte: LEAL, R. R., 2019.

No Quadro 3 há um exemplo de argumento de grau AR2, já que é formado por uma afirmação justificada. Na situação específica, o aluno afirma que o gás gerado em um dos braços do tubo de Hoffman é o oxigênio ( $O_2$ ), usando a equação balanceada do processo como justificativa.

Quadro 3 – Exemplo de argumento de grau AR2 e seus elementos identificadores.

<b>AR2</b>	<b>Componentes: CD ou CG</b>
<b>Hugo:</b> “ <i>No lado de cá o gás gerado é o oxigênio (C), que “fecha” com a equação balanceada (G).</i> ”	

Fonte: LEAL, R. R., 2019.

O exemplo mostrado no Quadro 4 é de um argumento de nível AR3. Os autores da ferramenta consideram o nível AR3 um tipo completo de argumento, já que inclui os três elementos do núcleo de uma argumentação do padrão de Toulmin (C, D e G). Também defendem que esse nível de argumentação pode ter um dos elementos (D ou G) substituídos por uma refutação (R).

Nesse exemplo específico (Quadro 4), a aluna de codinome Lia refuta o argumento de um outro colega, o qual defendia que a ddp da pilha teria dependência com o meio (limão ou batata). Então, ela defende seu ponto de vista embasando sua conclusão com dados do próprio experimento, que ela denominou de “testes”.

Quadro 4 – Exemplo de argumento de grau AR3 e seus elementos identificadores.

<b>AR3</b>	<b>Componentes: CDG ou CDR ou CGR</b>
<p><b>Rita:</b> “A questão específica da ddp aqui não tem a ver com a concentração dos eletrólitos na batata e no limão (R), mas sim com os tipos de metais que a gente usa (C). Verificamos isso fazendo testes... (exemplifica alguns dos testes) (D).”</p>	

Fonte: LEAL, R. R., 2019.

O Quadro 5 exemplifica um argumento de nível AR4, que é caracterizado pela utilização do suporte ou apoio teórico (A) em conjunto com os três elementos do núcleo de argumentação de Toulmin (C, D e G). O nível AR4 também prevê a utilização de qualificador modal, não sendo esse essencial para que o argumento seja classificado nesse nível. Na situação específica, a novidade quando comparada aos níveis anteriores, é a utilização do suporte teórico: detalhes específicos e bem conhecidos sobre características de ondas eletromagnéticas e suas relações com cor, frequência e energia.

Quadro 5 – Exemplo de argumento de nível AR4 e seus elementos identificadores.

<b>AR4</b>	<b>Componentes: CDGA ou CDGAQ</b>
<p><b>Jean:</b> “Nós concluímos que lâmpadas LED têm relação direta entre a frequência da cor da lâmpada com a ddp que precisam pra acender (C), isso porque uma só pilha de limão não acendeu a lâmpada de LED azul, mas com cinco deu certo (D). A lâmpada de LED azul tem frequência alta (G). Nós estudamos que, no espectro visível, o azul junto com anil e violeta são as cores que têm os menores comprimentos de onda, ou seja, as maiores frequências (A). Lembrando também que na equação do cálculo da energia do fóton (<math>E = h \cdot \nu</math>), a energia e a frequência têm relação direta (A).”</p>	

Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Por fim, no Quadro 6 o exemplo de um argumento do mais alto grau, segundo a ferramenta adotada (AR5), que prevê a presença dos três elementos do núcleo de argumentação de Toulmin (C, D e G), mais o elemento refutação (R). O qualificador modal (Q) pode ou não estar presente nesse nível de argumentação.

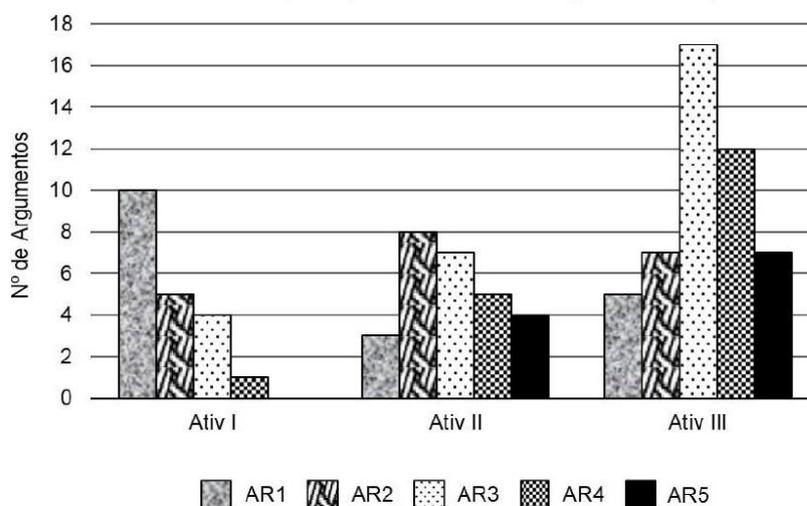
Quadro 6 – Exemplo de argumento de nível AR5 e seus componentes.

<b>AR5</b>	<b>Componentes: CDGR ou CDGRQ</b>
<p><b>Sara:</b> “Eu vou ter que discordar de ti. A redução não pode ser do cobre. Não tem cátions de cobre aqui (R). Quando o metal tá na forma “zero” ele não pode reduzir (G). Provavelmente (Q) os íons <math>H^+</math> do ácido reduzam formando gás hidrogênio (C), vimos algumas bolhas formando ali naquela parte (D). A não ser que seja outra substância que eu sei dizer qual é (R).”</p>	

Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Com o intuito de investigar a influência do grau de abertura das atividades investigativas na ocorrência de argumentos nos discursos dos alunos, foi realizado o levantamento do número de argumentos presentes em cada atividade. A Figura 6 apresenta um gráfico com histogramas da distribuição dos argumentos levantados durante as discussões das três atividades experimentais investigativas do estudo.

Figura 6 – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (I, II e III). (N = 95 argumentos, referentes ao conjunto das três atividades, com participação de 48 alunos por atividade)



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

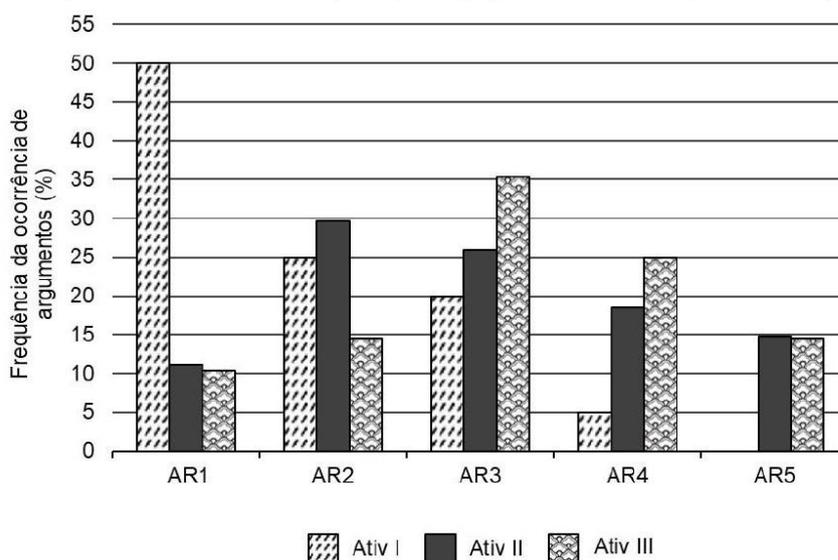
O destaque no número de argumentos produzido na Atividade III evidenciou que o grau máximo de abertura apresentado (A3) impactou produção mais intensa de argumentos pelos grupos. De fato, essa atividade, por ter sido proposta pelos próprios alunos, elevou a motivação deles na busca por uma solução, o que impactou numa apresentação de conclusões e discussão mais rica.

Percebe-se ainda que o número de argumentos com nível AR3 e superior foi maior para as Atividades II e III, as quais apresentam, respectivamente, os graus A2 e A3 de abertura. Vale ressaltar que a ferramenta de avaliação de argumentos utilizada aponta que bons argumentos são aqueles a partir do terceiro grau, AR3, por apresentar os elementos básicos da argumentação do padrão de Toulmin.

A Atividade I, que foi a mais fechada do estudo (nível de abertura A1) destacou-se por apresentar o maior número de argumentos de primeiro grau, AR1. Esse tipo de argumento é considerado fraco por se reduzir a uma afirmação sem nenhum tipo de suporte. Além disso, a Atividade I não apresentou argumentos de nível máximo (AR5) e apenas um argumento de grau AR4.

A Figura 7 complementa a discussão ao apresentar um gráfico com histogramas da porcentagem de frequência da ocorrência de argumentos de diferentes níveis nas atividades do estudo.

Figura 7 – Histogramas comparando a frequência da ocorrência de argumentos de diferentes níveis, em %, por atividade (I, II e III). (N = 95 argumentos, referentes ao conjunto das três atividades, com participação de 48 alunos por atividade)



Fonte: LEAL, R. R., 2019.

Percebe-se nessa Figura 7 que a Atividade I apresentou um perfil inverso entre a porcentagem de frequência de ocorrência dos argumentos e a qualidade dos mesmos, chegando a zero de ocorrência no grau AR5. Já as Atividades II e III apresentam esse perfil de forma semelhante, sendo que a atividade II tem mais alta ocorrência de argumentos de níveis AR2 e AR3, enquanto que a atividade III tem mais alta ocorrência de argumentos de níveis AR3 e AR4.

### Considerações finais

Pelo exposto, pôde-se verificar as potencialidades da experimentação investigativa em eletroquímica no laboratório de química, principalmente como uma plataforma para exercitar e desenvolver habilidades argumentativas que, por consequência, levam ao desenvolvimento do pensamento crítico e autonomia dos alunos. A proposta de trabalhar a argumentação como algo inerente ao desenvolvimento e progresso da ciência teve êxito no trabalho, especialmente em experimentos das atividades com maior grau de abertura, oportunizando aos alunos um espaço para *falarem ciência*.

No estudo, embora alguns alunos apresentassem clara inclinação para interagir com os roteiros, preenchendo o material e respondendo as questões propostas, outros alunos optaram por sequer manusear o roteiro de aula, sem que isso gerasse dano ao andamento dos trabalhos nos grupos, visto tamanho envolvimento com a proposta.

Os resultados alcançados foram muito positivos, desde a forma como a proposta foi recebida e trabalhada pelos alunos – evidenciando grande protagonismo no desenvolvimento das atividades – até o impacto que o grau de abertura das propostas teve nas discussões e produção de argumentos.

Em conclusão, a partir das observações realizadas pode-se inferir que o aprendizado não se restringiu a tradicional relação entre professor-aluno, mas foi desenvolvido um trabalho em que o professor teve papel de mediador. As interações entre os alunos deixaram as atividades ainda mais ricas, pois oportunizaram a troca de experiências na construção do conhecimento, como previsto pelo sociointeracionismo de Vigotsky. Nesse caso, a aprendizagem foi centrada no aluno, uma prática desejada em tempos modernos, mas que resiste a ser difundida diante do ensino tradicional.

### Referências

- AFONSO, M. M. **A Educação científica no 1.º ciclo do Ensino Básico. Das teorias às práticas.** Porto: Porto Editora, 2008.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M., P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Thomson, p. 19-33, 2004.
- BARBERÁ, O; VELDÉS, P. El trabajo practico en la enseñanza de las ciências: una revisión. **Enseñanza de las ciências**, v. 14, n.3, p. 365-379, 1996. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21466>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- BARGALLÓ, C. M. Aprender Ciências a través del lenguaje. **Educador**, p. 27-39, 2005. Disponível em: [http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Aprender%20ciencias%20a%20traves%20del%20lenguaje\\_0.pdf](http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/Aprender%20ciencias%20a%20traves%20del%20lenguaje_0.pdf). Acesso em: 16 jul. 2019.
- BIANCHINI, T. B.; ZULIANI, S. R. Q. A. A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 7, Florianópolis. Anais. UFSC, p. 1-12. 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/266.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação numa Aula de Física. In: CARVALHO, A. M. P (org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática.** Ed. Thomson: São Paulo, SP, 2004.
- CHOMSKY, N. **Linguagem e Pensamento.** 4. ed. Petrópolis: Vozes, 1977.
- COELHO DA SILVA, J. L. Atividades laboratoriais e autonomia na aprendizagem das ciências. In F. VIEIRA, M. A. MOREIRA, J. L, COELHO DA SILVA & M. C. MELO (Eds.), **Pedagogia para a autonomia - Reconstruir a esperança na educação.** Actas do 4º Encontro do GT- PA (Grupo de Trabalho - Pedagogia para a Autonomia). Braga: Universidade do Minho, Centro de Investigação em Educação, p. 205-218, 2009.
- DUSCHL, R. A.; SCWEINGRUBER, H. A.; SHOUSE, A. W. **Taking Science to School: learning and teaching science in Grades K-8.** Washington, DC: National Academies Press, 2007.

- ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. F. TAPPING into argumentation: developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. **Science Education**, v.88, p.915–933, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.20012>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32\\_2/08-PE-5207.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/08-PE-5207.pdf). Acesso em: 19 jul. 2019.
- GALLET, Christian. Problem solving teaching in the chemistry laboratory: leaving the cooks... **Journal of Chemical Education**, v.75, n.1, p.72-77, 1998. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed075p72>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- HERRON, M. The nature of scientific enquiry. **School Review**, v. 79, p. 171-212, 1971. Disponível em: [https://www.jstor.org/stable/1084259?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1084259?seq=1#page_scan_tab_contents). Acesso em: 18 jul. 2019.
- HODSON, D. Is this really what scientists do seeking a more authentic science and beyond the school laboratory? In: WELLINGTON, J. **Practical work in school science: wich way now?** London: Routledge, p. 93-108, 1998.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: An overview. In S. ERDURAN, M. P. JIMÉNEZ-ALEIXANDRE (Eds.), **Argumentation in science education: Recent developments and future directions**. Dordrecht: Springer, 2008.
- LEMKE, J. L. **Talking science: Language, learning, and values**. Norwood, ed. Ablex, 1990.
- MIRZA, N. M.; PERRET-CLERMONT, A. N. (Eds). **Argumentation and education: theoretical foundations and practices**. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2009.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar Ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 09, n. 01, p.89-111, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v9n1/1983-2117-epec-9-01-00089.pdf>. Acesso em 18 jul. 2019.
- OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38134>. Acesso em 15 jul. 2019.
- OSBORNE, J. F.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the quality of argument in school science. **Journal of Research in Science Teaching**, v.41, p.994–1020, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20035>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- PRIESTLEY, W. J. The impact of longer-term intervention on reforming physical science teachers' approaches to laboratory instruction: seeking a more effective role for laboratory in science education. **Dissertation Abstracts International**, v. 58, n.3, p. 806, 1997.
- SANTANA, R. S.; FRANZOLIN, F. O ensino de ciências por investigação e os desafios da implementação na práxis dos professores. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v.9, n.3, p.218-237, 2018. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1427/1010>. Acesso

em 18 jul. 2019.

SANTOS, D. M.; NAGASHIMA, L. A. Potencialidades das atividades experimentais no ensino de química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v.8, n.3, p.94-108, 2017. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1081/898>. Acesso em: 17 jul. 2019.

SCHWAB, J. J. The teaching of science as enquiry. In: SCHWAB, J. J.; BRANDWEIN, P. F. (eds). **The teaching of science**. Cambridge: Harvard University Press, p. 3-103, 1962.

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. **A Educação em Ciências no Brasil**, documento preparado por solicitação da Academia Brasileira de Ciências, 2011. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-210.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2018.

SILVA, D. P. **Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química: reflexões de um grupo de professores**. 2011, Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-01062012-135651/pt-br.php>. Acesso em: 1 nov. 2018.

SIMON, S.; JOHNSON, S. Professional learning portfolios for argumentation in school science. **International Journal of Science Education**, v.30, p.669–688, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690701854873>. Acesso em: 18 jul. 2019.

TAMIR, P. Pratical work at school: An analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed). **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

TOLEDO, E. J. L.; FERREIRA, L. H. A atividade investigativa na elaboração e análise de experimentos didáticos. **Rev. Bras. Ens. Ciência e Tecnol.**, v. 9, n. 2, p.1-23, 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfrpr.edu.br/rbect/article/view/2805/pdf>. Acesso em: 18 jul. 2019.

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

VELASCO, P. D. N. Sobre a Crítica Toulminiana ao Padrão Analítico-dedutivo de Argumento. **Cognitio**, v. 10, n. 2, p. 281-292, jul./dez. 2009. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/cognitiofilosofia/article/viewFile/13443/9967>. Acesso em: 18 jul. 2019.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. **Argumentação no Ensino de Ciências – Tendências, práticas e metodologia de análise**. 1ª Edição, Curitiba, Ed. Appris, 2013. 112p.

VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

ZANETIC, João. Física e cultura. São Paulo, **Ciência e Cultura**, v.57, n.3, p. 21-24, 2005. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252005000300014](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000300014). Acesso em 18 jul. 2019.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaios**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/290881324\\_ATIVIDADES\\_INVESTIGATIVAS\\_NO\\_ENSINO\\_DE\\_Ciencias\\_ASPECTOS\\_HISTORICOS\\_E\\_DIFERENTES\\_ABORDAGE\\_NS](https://www.researchgate.net/publication/290881324_ATIVIDADES_INVESTIGATIVAS_NO_ENSINO_DE_Ciencias_ASPECTOS_HISTORICOS_E_DIFERENTES_ABORDAGE_NS). Acesso em: 19 jul. 2019.

**ANEXO B**

## Argumentação no ensino médio a partir da experimentação investigativa em Química

### Argumentation in high school from inquiry-based experimentation in Chemistry

### Argumentación en la escuela secundaria basada en la experimentación investigadora en Química

Recebido: 18/11/2021 | Revisado: 26/11/2021 | Aceito: 29/11/2021 | Publicado: 10/12/2021

**Rodrigo Rozado Leal**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1708-5325>  
 Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
 E-mail: [rodrigo.leal@ufsm.br](mailto:rodrigo.leal@ufsm.br)

**Maria Rosa Chitolina Schefinger**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5240-8935>  
 Universidade Federal de Santa Maria, Brasil  
 E-mail: [mariachitolina@gmail.com](mailto:mariachitolina@gmail.com)

#### Resumo

A pesquisa em educação em ciências vem recomendando atenção às práticas argumentativas. O desafio é buscar atividades que estimulem esse tipo de prática para que os alunos falem ciência, pois isso é considerado benéfico à compreensão conceitual e proporciona aos alunos a capacidade de pensar criticamente em um contexto científico. Neste artigo, é discutido como 20 atividades com experimentos investigativos em química podem promover a argumentação em alunos do ensino médio no laboratório de química. Esse tipo de abordagem experimental oferece aos alunos a oportunidade de aprender e apreciar o processo da ciência. As atividades foram categorizadas de acordo com o nível de proximidade à uma atividade investigativa e também com seu grau de abertura. Os discursos durante as atividades foram analisados a fim de identificar argumentos, segundo o padrão de argumentação de Toulmin. O estudo mostrou que a experimentação investigativa pode ser uma plataforma eficaz para estimular a produção de argumentos. Atividades com maior nível de investigação e abertura tiveram um impacto maior na produção de argumentos, especialmente os mais ricos, de acordo com a ferramenta de análise escolhida no estudo.

**Palavras-chave:** Experimentação Investigativa; Argumentação; Ensino Médio; Ensino de Química.

#### Abstract

Research in Science Education has been recommending attention to argumentative practices. The challenge is to look for activities that can stimulate this type of practice so that the students talk science, since it is considered to be beneficial to conceptual understanding and provide students with the ability to think critically in a scientific context. In this paper, it is discussed how 20 activities with inquiry-type experiments in chemistry can promote argumentation in high school students in the chemistry laboratory. This kind of experimentation approach give the students the opportunity to learn and appreciate the process of science. The activities were categorized according to the level of proximity to an investigative activity and also their degree of openness. The discourses during the activities were analyzed in order to identify arguments, according to Toulmin's argument pattern. The study showed that inquiry experimentation can be an effective platform to stimulate the production of arguments. Activities with a higher level of inquiry and openness had a greater impact on the production of arguments, especially those richer, according to the analysis tool chosen in the study.

**Keywords:** Inquiry Experimentation; Argumentation; High School; Teaching Chemistry.

#### Resumen

La investigación en educación científica ha estado recomendando atención a las prácticas argumentativas. El desafío es buscar actividades que incentiven este tipo de práctica para que los estudiantes hablen ciencia, ya que se considera beneficiosa para la comprensión conceptual y brinda a los estudiantes la capacidad de pensar criticamente en un contexto científico. En este artículo se discute cómo 20 actividades con experimentos de investigación en química pueden promover la argumentación en estudiantes de secundaria en el laboratorio de química. Este tipo de enfoque experimental brinda a los estudiantes la oportunidad de aprender y apreciar el proceso de la ciencia. Las actividades se categorizaron según el nivel de proximidad a una actividad de investigación y también su grado de apertura. Los discursos durante las actividades fueron analizados con el fin de identificar argumentos, de acuerdo con el patrón de argumentación de Toulmin. El estudio mostró que la experimentación investigativa puede ser una plataforma eficaz para estimular la producción de argumentos. Las actividades con mayor nivel de investigación y apertura tuvieron un mayor impacto en la producción de argumentos, especialmente los más ricos, según la herramienta de análisis elegida en el estudio.

**Palabras clave:** Experimentación investigativa; Argumentación; Escuela secundaria; Enseñanza de la química.

## 1. Introdução

A educação básica brasileira está passando por uma transição importante, com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que estabelece um conjunto de “aprendizagens essenciais” que todos os estudantes brasileiros devem desenvolver ao longo das etapas da educação básica. Tal proposta visa um trabalho que não ofereça somente conteúdos curriculares ou conceitos específicos dentro de disciplinas, mas um trabalho com variadas habilidades e competências, como a argumentação, que é abordada neste relato (Brasil, 2018).

Na BNCC, a argumentação aparece explicitamente na competência geral da educação básica 7:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. (Brasil, 2018, p. 9)

A argumentação no ensino médio pode ser trabalhada e estimulada numa proposta que coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem, indo de encontro ao modelo da narrativa, criticado por Moreira (2010). Esse modelo clássico, muito presente na escola brasileira, ainda é pouco questionado pelos alunos, pelas famílias e até mesmo por professores, em que o ensino fica centrado no professor como uma figura detentora do conhecimento e que deve ser ouvida pelos seus aprendizes.

Nesse contexto, o estudo relatado neste artigo buscou explorar a experimentação investigativa como um meio de trabalhar a química do ensino médio, colocando o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, buscou-se investigar o quanto esse tipo de atividade poderia contribuir para que os alunos pudessem *falar ciência*, ou seja, expressarem seus conhecimentos químicos e resultados de experimentos de maneira mais lógica através de argumentos.

Na sequência será descrita uma breve revisão sobre a abordagem experimental escolhida para este estudo, a importância da argumentação no ensino de ciências, a metodologia do trabalho e seus resultados.

## 2. Experimentação Investigativa

O ensino por investigação consiste em uma abordagem didática que pode englobar diferentes estratégias, centradas no aluno. No contexto de aulas de ciências naturais, o ensino por investigação desperta a autonomia nos alunos e tem se destacado como uma abordagem que oportuniza a eles o contato com práticas científicas e epistêmicas que se aproximam do fazer científico (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017).

No trabalho com a experimentação investigativa há muitos elementos associados ao trabalho científico, porém o professor deve entender que o foco é a aprendizagem, não esperando que seus alunos venham a realizar descobertas (Azevedo, 2004).

O planejamento e posterior desenvolvimento de uma atividade experimental investigativa requerem, junto aos alunos: (a) um trabalho prévio com fundamentação teórica específica e contextualização do tema que se pretende explorar; (b) um trabalho prévio no laboratório (ou ambiente em que se pretenda desenvolver a experimentação), que vise à familiarização dos alunos com os equipamentos, vidrarias ou procedimentos experimentais; (c) iniciar a atividade principal de investigação a partir de uma pergunta – elaborada pelo aluno ou pelo professor; (d) possibilitar aos estudantes que desenvolvam a atividade, observem, anotem, elaborem hipóteses e as testem, refaçam o experimento na íntegra ou com adaptações – nesse caso, o professor deve ser consultado para avaliar se a adaptação é segura para ser conduzida; (e) haja um momento de socialização

dos resultados entre os alunos de diferentes grupos e discussão geral para conclusões (Silva, 2011; Bianchini e Zuliani, 2009; Ferreira, Hartwig & Oliveira, 2010).

Alunos envolvidos em atividades experimentais investigativas em laboratório de ciências mostram significativos ganhos como: habilidade de formular hipóteses, planejar e executar investigações, realizar minuciosas observações, coletar dados, analisar e interpretar variáveis e resultados, e sintetizar novos conhecimentos. Além disso, esse tipo de atividade pode promover curiosidade, criatividade, responsabilidade e satisfação (Raghubir, 1979). Assim, a experimentação investigativa faz com que os alunos, quando devidamente engajados, tenham um papel intelectual mais ativo durante as aulas, o que reflete diretamente na qualidade da aprendizagem.

Silva (2011), em sua dissertação de mestrado, investigou aspectos relacionados à elaboração de atividades experimentais investigativas. A partir disso, a autora propôs uma classificação em quatro níveis, de acordo com a proximidade à abordagem investigativa, a qual foi adotada para classificação das atividades utilizadas neste estudo e que serão detalhadas na metodologia. O Quadro 1 mostra os quatro níveis, de N1 a N4, e suas características.

**Quadro 1** – Níveis de aproximação a uma atividade investigativa (Silva, 2011).

Nível	N1	N2	N3	N4
		Não apresenta características investigativas.	Tangencia características investigativas.	Apresenta algumas características investigativas.
<b>Objetivo</b>	Tópicos a serem estudados ou conteúdos específicos.	Habilidades genéricas e tópicos a serem estudados.	Habilidades e competências específicas.	Habilidades e competências específicas relacionadas ao assunto estudado.
<b>Problematização</b>	Não apresenta.	Questões sobre o assunto estudado (com o intuito de organizar ou introduzir o assunto, podem ou não ser respondidas).	Questões relacionadas ao assunto estudado que são retomadas durante o experimento.	Problema a ser resolvido por meio da atividade experimental, da busca de informações e de discussões.
<b>Elaboração de Hipóteses</b>	Não há.	Elaborada pelo aluno para uma situação específica que não é explorada.	Elaborada pelo aluno para uma situação específica que será explorada na atividade.	Elaborada pelo aluno a partir da problematização.
<b>Atividade Experimental</b>	Experimento por demonstração o aluno observa o que o professor apresenta sem interação.	Experimento por demonstração ou realizado pelo aluno a partir de um procedimento dado.	Experimento realizado pelo aluno a partir de um procedimento dado com algum grau de decisão no procedimento.	Experimento realizado pelo aluno a partir de um procedimento inicial e completado ou sugerido por ele.
<b>Questões Conceituais para os Alunos</b>	Não exploram os dados obtidos na atividade.	Exploram parcialmente os dados obtidos na atividade prática, solicitando ou não conclusões parciais.	Exploram os dados obtidos na atividade prática exigindo uma conclusão.	Exploram os dados obtidos na atividade prática exigindo uma conclusão ou a aplicação em novas situações.
<b>Sistematização dos Conceitos</b>	Realizada exclusivamente pelo professor ou não apresentada.	Sem encaminhamento de questões de análise e de exploração da hipótese.	A partir dos resultados das análises propostas e exploração das hipóteses.	A partir das análises dos resultados, do confronto das ideias iniciais e finais, da exploração das hipóteses e das respostas ao problema proposto.
<b>Características do Experimento</b>	Verificação ou ilustração de conceitos.	Apresenta características de verificação, porém com uma exploração conceitual inicial.	Apresenta características investigativas devido ao tipo de questões de análise dos dados.	Investigativo, busca resolver o problema proposto.

Fonte: Souza et al. (2013)

Muitos autores tratam do que chamam de *níveis de abertura* para atividades experimentais investigativas, que se referem ao grau em que o *problema de pesquisa*, *procedimentos* e *resultados* são divulgados aos alunos antes da realização do experimento.

Tamir (1991) propôs a categorização da abertura desse tipo de atividade com o uso de um esquema de análise que leva em consideração a maior ou menor liberdade dos alunos nas escolhas e/ou desenvolvimento das seguintes áreas do processo experimental: (i) *problemática* a ser investigada, (ii) *procedimentos* experimentais, e (iii) *dados e conclusões* a partir desses.

O Quadro 2 ilustra isso de forma resumida, classificando a abertura de atividades experimentais investigativas em quatro níveis: de 0 a 3, que aqui serão representadas por A0 a A3, para não haver confusão com os níveis de argumentação que serão abordados posteriormente.

**Quadro 2** – Níveis de abertura de atividades experimentais investigativas (Tamir, 1991)

Elementos de uma Atividade Experimental Investigativa	Níveis de Abertura de Atividades Experimentais Investigativas			
	A0	A1	A2	A3
 PROBLEMA				
 PROCEDIMENTOS				
 CONCLUSÕES				
 A cargo do professor		 A cargo dos alunos		

Fonte: Autoria própria (2021).

Para esse autor, as propostas de experimentos desenvolvidas numa abordagem puramente tradicional seriam análogas a um “livro de receitas”, nos quais o *problema*, os *procedimentos* e as *conclusões* ficariam a cargo do professor. Nesse caso, seria baixo o nível de abertura da atividade. Já no outro extremo, de atividades experimentais abertas, as três áreas do processo de experimentação ficariam a cargo dos alunos.

Os graus mais abertos de experimentação investigativa rompem com o alto grau de memorização e dependência do professor, aumentam o grau de retenção dos assuntos abordados, facilitam a aplicação do que se aprende, além de abrir espaço para tomada de decisões e formulação de hipóteses (Gallet, 1998). Assim, Tamir (1991) propõe, acima de tudo, uma reflexão sobre o modo de se trabalhar a experimentação no ensino, objetivando maior motivação do aluno, o desenvolvimento de suas habilidades de investigação e realização, além de trabalhar parâmetros que são fundamentais para o método científico.

### 3. Argumentação no Ensino de Ciências

No *Dictionnaire de l'argumentation* (Plantin, 2016), a Ciência – química, física, biologia, medicina, etc – é reconhecida como um dos múltiplos domínios em que a argumentação é central. De fato, a argumentação e suas relacionadas

refutações são elementos inerentes ao progresso da ciência e muitos pesquisadores têm se interessado em investigar os processos argumentativos na escola e na universidade, o que tem evidenciado o seu papel formador enquanto componente e meio para o ensino de conteúdos e de práticas epistêmicas, especialmente os científicos (Mirza & Perret-Clermont, 2009; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2008).

A linguagem científica é baseada em argumentos, portanto, aos alunos deve ser dada a oportunidade de *falar ciência*, que não significa falar sobre ciência, mas sim *fazer ciência* através da linguagem (Lemke, 1990), com benefícios como: desenvolvimento de compreensões conceituais e epistêmicas, construção de afirmações baseadas em evidências, desenvolvimento do pensamento crítico e de processos cognitivos de alta ordem, e desenvolvimento da autonomia; sendo esta última um dos objetivos mais importantes para a educação e, em particular, para a educação em ciências (Vieira & Nascimento, 2013).

Além desses benefícios, as práticas argumentativas na escola são poderosas para promover maior interação:

É no intercurso de situações argumentativas que as interações entre os alunos, alunos e professor e alunos e materiais didáticos são favorecidas. Nessas múltiplas interações os alunos têm a oportunidade de emitirem e testarem hipóteses, avaliarem e construir explicações e entendimentos sobre diferentes fenômenos que são debatidos durante investigações desencadeadas por situações-problemas a serem solucionadas (Ferraz & Sasseron, 2017, p.3).

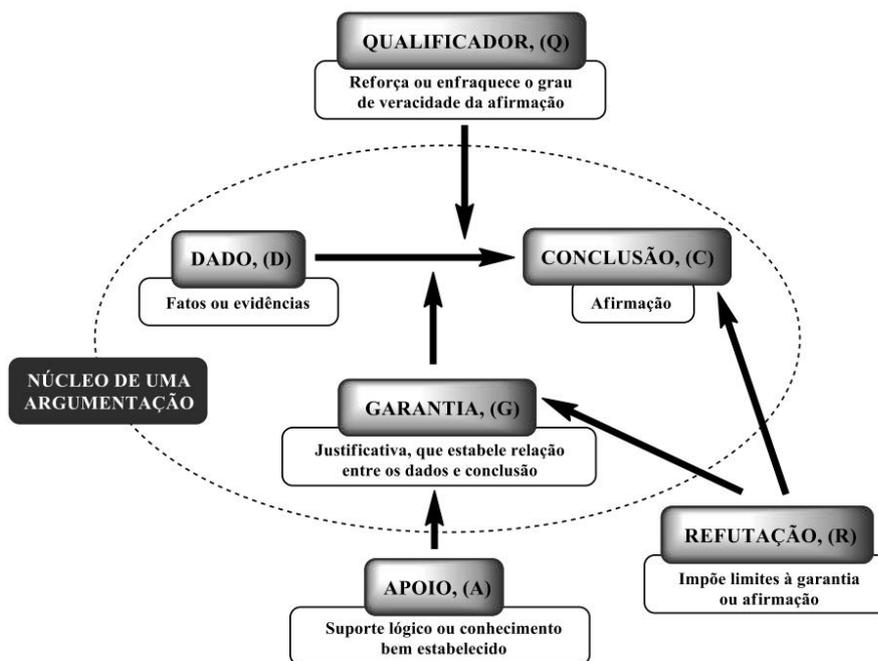
Na educação científica, as ferramentas mais conhecidas e comuns fornecidas pela teoria da argumentação são as analíticas desenvolvidas por Toulmin (2006), que têm sido usadas para melhorar os argumentos dos alunos e seus procedimentos interativos (Duschl, 2007). Essas pesquisas mostraram como os argumentos dos alunos, apoiados em predições sobre problemas científicos, podem revelar muito mais do que habilidades de raciocínio. Isso porque é possível analisar os diferentes componentes de seus argumentos.

O modelo de argumentação de Toulmin oferece uma caracterização mais estrutural à argumentação, que tem três componentes básicos: uma afirmação ou conclusão (C), dados (D) e justificativa ou garantia (G) (Toulmin, 2006). Os fatos ou dados (D) são as evidências usadas para provar uma afirmação ou conclusão (C). A garantia (G) é uma justificativa, que é de natureza hipotética e geral, tendo papel conector entre a evidência e a afirmação ou conclusão. Essas três partes são importantes para uma comunicação clara, principalmente quando se quer transmitir ideias e posicionamentos com convicção.

Em “Pedro nasceu em Porto Alegre, então ele deve ser gaúcho”, a primeira parte da oração é a evidência (D) que dá suporte a afirmação de que Pedro é gaúcho (C). Nesse exemplo, a garantia ou justificativa está implícita, que seria: “Porto Alegre é uma cidade do Rio Grande do Sul e toda a pessoa nascida nesse estado brasileiro é gaúcha”. A justificativa, ausente no exemplo dado, é parte importante de um processo argumentativo, porém algumas vezes o orador assume que é óbvia demais para ser explicitada. No caso de processos argumentativos mais complexos em ensino-aprendizagem ou debates em que se objetiva a construção de uma conclusão sólida, o orador deve estar seguro da clareza de sua justificativa, a fim de que o ouvinte compreenda o porquê da defesa de tal ponto de vista, sem confusão ou má interpretação.

A Figura 1 mostra a estrutura do padrão proposto por Toulmin (2006), destacando o núcleo da argumentação contendo os três elementos básicos (D, G, C), anteriormente citados, bem como outros elementos que complementam esse núcleo, tornando o argumento mais rico.

Figura 1 – Padrão de argumento, segundo Toulmin (2006)



Fonte: Autoria própria (2021).

O apoio (A), refutação (R) e qualificador (Q) são aditivos que enriquecem o argumento, segundo o padrão de Toulmin. O apoio é um suporte lógico ou conhecimento bem estabelecido adicionado à justificativa, com intuito de melhor convencer a audiência. As refutações têm papel preventivo contra quaisquer contra-argumentos, evidenciando em quais situações a afirmação ou conclusão pode se tornar falsa e assim impondo limites à conclusão. Já os qualificadores modais são palavras ou expressões que qualificam a afirmação final no sentido de reforçá-la ou até mesmo enfraquecê-la. São exemplos de qualificadores: absolutamente, sempre, nunca, às vezes, geralmente, provavelmente.

Essa estrutura propõe um padrão para análise de argumentos a partir de elementos lógicos. A estrutura básica seria: *a partir de um dado D, já que G, então C.*

Assim, o modelo de Toulmin pode ser considerado uma ferramenta para a compreensão da argumentação e suas relações com o pensamento científico, uma vez que uma das características de discursos nas ciências é a estima pela solidez de suas proposições (Capecchi & Carvalho, 2004; Vieira & Nascimento, 2013).

#### 4. Metodologia

Neste trabalho, o caminho metodológico foi predominantemente qualitativo, o que permitiu a descrição do que foi estudado (Ludke & André, 2013). Alguns itens foram analisados de forma quantitativa para evidenciar a magnitude dos fenômenos observados, principalmente para fins comparativos.

#### 4.1. Sujeitos e contexto social da pesquisa

A investigação foi desenvolvida com alunos do ensino médio regular de uma escola pública da rede federal no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 2014 e 2017. O curso de ensino médio dessa escola tem bastante prestígio na comunidade local, por seus resultados no ENEM.

O ingresso no ensino médio da escola ocorre por meio de seleção, que segue o sistema de cotas. Dessa forma, ingressam alunos oriundos do ensino fundamental de escolas públicas e particulares, com boa *bagagem* de conhecimento e com alto nível de motivação para estudar.

#### 4.2. Situação estudada

O estudo foi conduzido em um laboratório de química da escola, com boa estrutura, equipamentos, vidrarias e reagentes. Nesse ambiente, cada atividade experimental foi desenvolvida com uma média de 12 alunos, que se reuniram em grupos menores de 3 ou 4.

As atividades aplicadas foram do tipo *extraclasse* e realizadas em turno inverso ao de aula normal. Os alunos já tinham familiaridade com atividades práticas no laboratório de química, conheciam questões de segurança, tinham experiência no manuseio de vidrarias, equipamentos e condução de práticas básicas, além de noções de tratamento e interpretação de dados de análises experimentais.

#### 4.3. Atividades experimentais do estudo e categorias para análise

Foram trabalhadas 20 atividades experimentais investigativas, sendo que 18 delas foram elaboradas pelos autores e duas delas foram propostas pelos alunos. O estudo completo contemplou experimentos com variados assuntos de química das três séries do ensino médio e teve a participação de uma média entre 43 e 48 alunos por atividade.

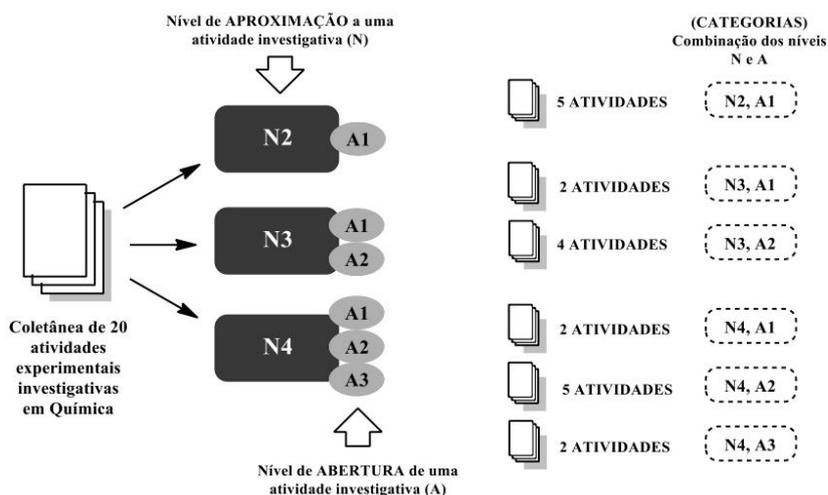
As 20 atividades foram categorizadas em grupos, segundo os seguintes critérios:

▣ nível de aproximação a uma atividade experimental investigativa (Silva, 2011): N1 a N4;

▣ nível de abertura de uma atividade experimental investigativa (Tamir, 1991): A0 a A3.

Após classificação de cada atividade segundo os dois critérios, verificou-se que não havia atividade com grau de abertura A0. Então as atividades foram agrupadas em seis categorias, fruto da associação dos níveis N e A, no formato (Nx, Ay). A Figura 2 ilustra como as atividades foram categorizadas.

**Figura 2** – Esquema da categorização das 20 atividades experimentais investigativas.



Fonte: autoria própria, 2021.

O Quadro 3 mostra a relação de atividades em suas categorias e a numeração, referente a ordem de aplicação em função da sequência de assuntos estudados no ensino médio. Cada atividade proposta tinha uma pergunta no título.

**Quadro 3** – Relação de atividades experimentais investigativas e suas categorias.

Título da Atividade Experimental	Categoria da Atividade
Ativ 01 – É possível montar uma torre de líquidos?	(N4, A2)
Ativ 02 – Como separar tudo isso daqui?	(N4, A2)
Ativ 03 – Como se sabe se houve ou não reação química?	(N3, A1)
Ativ 04 – Por que a água tá fugindo?	(N2, A1)
Ativ 05 – Como que 15 mL + 15 mL não dá 30 mL?	(N3, A2)
Ativ 06 – Que gás é esse? Propriedades Químicas	(N3, A2)
Ativ 07 – Algumas substâncias mudam de cor com o pH?	(N2, A1)
Ativ 08 – Qual o pH desses produtos e alimentos?	(N4, A3)
Ativ 09 – Estou coletando o volume correto?	(N4, A1)
Ativ 10 – Qual a concentração de ácido nessa amostra?	(N4, A1)
Ativ 11 – Qual o teor de acidez desse vinagre?	(N4, A2)
Ativ 12 – Uau! Como isso tá gelando sozinho?	(N3, A1)
Ativ 13 – Quantas calorias tem esse alimento?	(N4, A2)
Ativ 14 – Pilha com limões e batatas? Como assim?	(N4, A2)
Ativ 15 – Dá para acender lâmpadas com essas pilhas de limão?	(N4, A3)

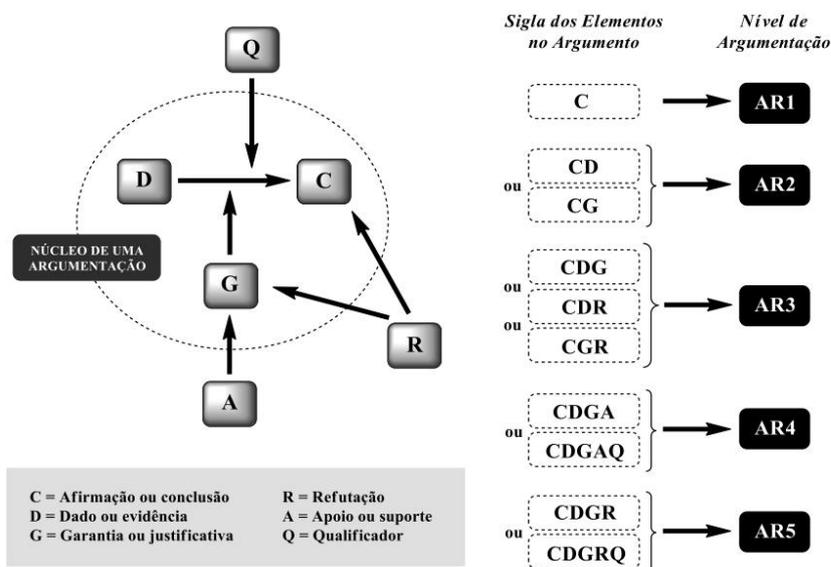
Ativ 16 – É possível decompor a água?	(N2, A1)
Ativ 17 – Cadê a cor que estava aqui?	(N2, A1)
Ativ 18 – Misturam ou não misturam?	(N3, A2)
Ativ 19 – Quanto de álcool tem nessa gasolina?	(N3, A2)
Ativ 20 – Uma reação que produz um espelho?	(N2, A1)

Fonte: Autoria própria (2021).

Na última parte de cada atividade os grupos de alunos foram incentivados a apresentarem suas conclusões e a responderem perguntas do professor e dos colegas de outros grupos. Foi solicitado aos alunos que fizessem exposições orais *da forma mais completa possível*, resgatando conhecimentos prévios do assunto, conhecimentos teóricos de aula, hipóteses iniciais, etc.

Nessa parte da aula foram analisadas as falas dos alunos, sendo que não foi realizada uma análise fina dos discursos, mas a observação atenta para a identificação e registro da ocorrência de argumentos e seus componentes, considerando o padrão de argumento de Toulmin (2006). Para tal análise foi utilizada uma ferramenta baseada nos autores: Erduran et al., 2004; Osborne et al., 2004; Simon & Johnson, 2008. Nessa proposta, os argumentos são classificados em 5 níveis, AR1 a AR5, de acordo com os componentes do padrão de Toulmin presentes (Figura 3).

**Figura 3** – Nivelamento do grau de argumentação, considerando o padrão de Toulmin. Metodologia de: Erduran et al., 2004; Osborne et al., 2004; Simon e Johnson, 2008.



Fonte: Autoria própria (2021).

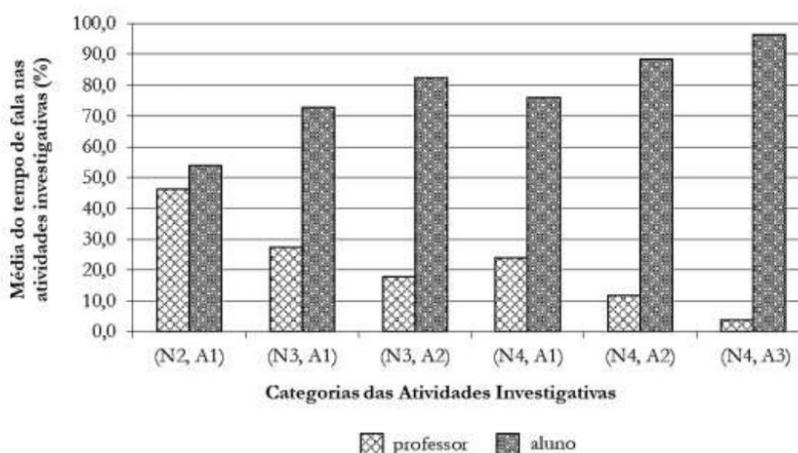
Essa ferramenta de nivelamento de argumentação foi escolhida por se alinhar com o tipo de discurso que surge em aulas experimentais (Erduran et al., 2004; Osborne et al., 2004; Simon & Johnson, 2008.).

## 5. Resultados e Discussão

O estudo desenvolvido foi uma forma de reinventar a experimentação que já era trabalhada no ensino médio da escola foco. A utilização da experimentação investigativa no laboratório de química mostrou-se rica e motivadora, tanto para o docente, como para os alunos. Houve casos de alguns estranharem a falta de roteiros mais tradicionais para certos experimentos, porém o notável engajamento nas atividades propostas foi algo muito positivo, que se refletiu nos diálogos mais presentes durante as aulas, com menor participação do professor.

A Figura 4 evidencia isso, mostrando a média do tempo de fala nas atividades propostas. Percebe-se que em todas as atividades houve predominância de discussões entre os alunos, sejam dentro de um mesmo grupo ou entre os grupos. Mas é notável a relação *inversa* entre o aumento do nível de investigação/abertura com a fala do professor nas atividades. Isso é um indicador positivo, quando se tem por objetivo a busca de uma educação centrada no aluno.

**Figura 4** – Média do tempo de fala do professor e dos alunos nas atividades propostas.



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

O estudo revelou, além da participação mais ativa dos alunos nos experimentos, a presença de argumentos nos cinco níveis propostos na ferramenta de análise. Isso durante as discussões reservadas para o final das atividades.

O Quadro 4 traz um exemplo de argumento para cada nível (AR1 a AR5) proposto pela ferramenta de análise. Foram dados nomes *fictícios* para os alunos nesse quadro.

**Quadro 4** – Exemplos de argumentos, classificados em seus níveis de argumentação, segundo (Erduran et al., 2004; Osborne et al., 2004; Simon & Johnson, 2008.).

<b>AR1</b>	<b>Componente: C</b>
<i>Anne – Ao ir pingando o HCl, a solução passou de azul pra verde, e depois passou pra amarelo. (C)</i>	
<b>AR2</b>	<b>Componentes: CD ou CG</b>
<i>Bento – A fenolftaleína não serve para diferenciar uma amostra neutra de uma ácida (C), porque nos testes só ficou azul com base (D).</i>	
<b>AR3</b>	<b>Componentes: CDG ou CDR ou CGR</b>
<i>Léa – Opa, não é bem assim! (R) A gasolina é uma mistura de substâncias apolares (G), lembra? Por isso se misturam tudo (C).</i>	
<b>AR4</b>	<b>Componentes: CDGA ou CDGAQ</b>
<i>Tom – As tensões superficiais da água e do álcool são certamente (Q) diferentes (C). É só prestar atenção em como a gota de álcool se espalha na hora (D) e da água não (D). Isso ocorre porque na água as ligações de hidrogênio são mais fortes que as do álcool (G). As ligações de hidrogênio se formam entre moléculas fortemente polarizadas, que é o caso da água (A). As moléculas de álcool também fazem ligações de hidrogênio, mas o grupo de carbonos ali na molécula diminui a polaridade dela (A).</i>	
<b>AR5</b>	<b>Componentes: CDGR ou CDGRQ</b>
<i>Liz – Não, Jonas, o pH não é fixo (R). Tem gente que pergunta qual é o pH do ácido clorídrico. Não tem resposta (R). O pH depende da concentração (C). Quando medimos o pH da Sprite® deu 1,96 e acrescentando água o pH ia aumentando, porque a concentração de ácido ia diminuindo (D). A fórmula pro cálculo do pH mostra que tem relação com a concentração (G).</i>	

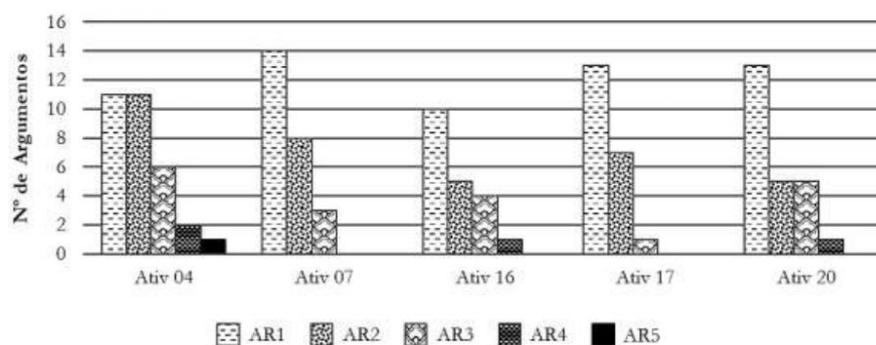
Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

Os níveis AR1 e AR2 são considerados para argumentos pobres, sem a utilização de justificativas, não contemplando os elementos mínimos do núcleo de argumentação do padrão de Toulmin. Por outro lado, um argumento de nível AR3 ou superior é mais completo, ficando ainda mais rico com a presença de refutação e outros elementos, como evidenciado nos exemplos. Esses argumentos de maior nível apresentam uma relação mais lógica entre suas partes, que podem apresentar-se em diferentes posições durante o discurso.

A Figura 5 refere-se aos dados da ocorrência de argumentos para as atividades da categoria (N2, A1), ou seja, a categoria com o menor grau de proximidade de uma atividade investigativa e menor grau de abertura. Percebe-se uma

predominância de argumentos fracos, níveis AR1 e AR2. Nota-se também a baixa presença de argumentos de nível AR4 em três das cinco atividades e ausência do nível AR5 em quatro das cinco atividades.

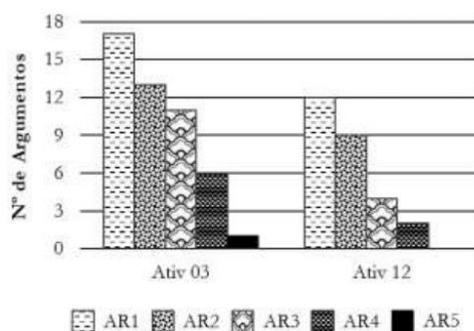
**Figura 5** – Categoria (N2, A1) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (N = 121 argumentos, referentes ao conjunto de 5 atividades)



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

Para a categoria (N3, A1), que apresenta um nível a mais de proximidade de atividade investigativa quando comparada à categoria anterior, ainda há predominância dos argumentos fracos de nível AR1 e nível AR2, porém um aumento nos argumentos AR3. Novamente há ausência de argumentos nível AR5 para uma das atividades.

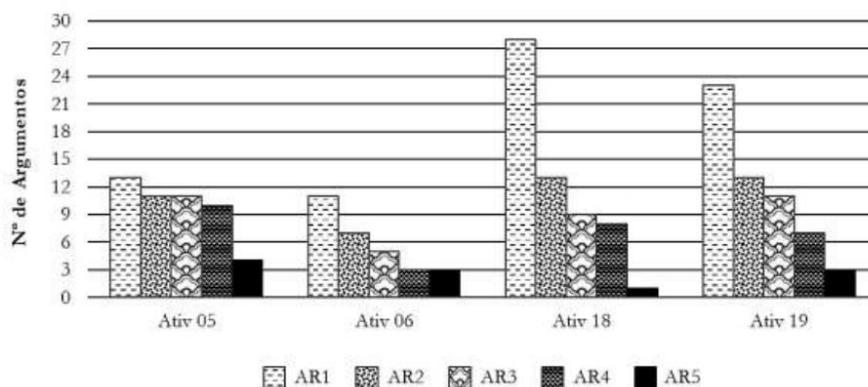
**Figura 6** – Categoria (N3, A1) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (N = 75 argumentos, referentes ao conjunto de 2 atividades)



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

A Figura 7 revela uma distribuição mais próxima para os argumentos dos níveis AR1 a AR4 para duas das quatro atividades. Nas outras duas, o nível AR1 superou os demais. Há aqui uma melhor distribuição de argumentos completos, AR3 ou superior.

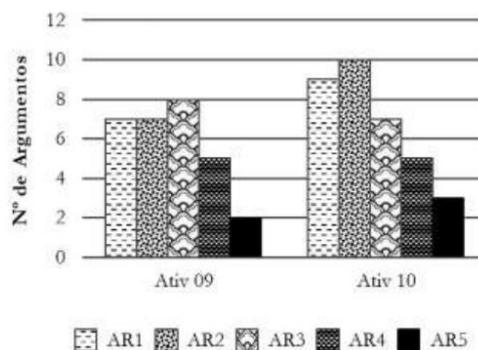
**Figura 7** – Categoria (N3, A2) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (N = 194 argumentos, referentes ao conjunto de 5 atividades)



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

A Figura 8 inicia a apresentação dos resultados para a categoria com o mais alto nível de aproximação à uma atividade investigativa, porém ela é mais fechada por ter deixado a cargo dos alunos somente a apresentação de conclusões, já que problemas e procedimentos foram fornecidos. A ocorrência de argumentos totais foi menor que na categoria anterior.

**Figura 8** – Categoria (N4, A1) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (N = 63 argumentos, referentes ao conjunto de 2 atividades)

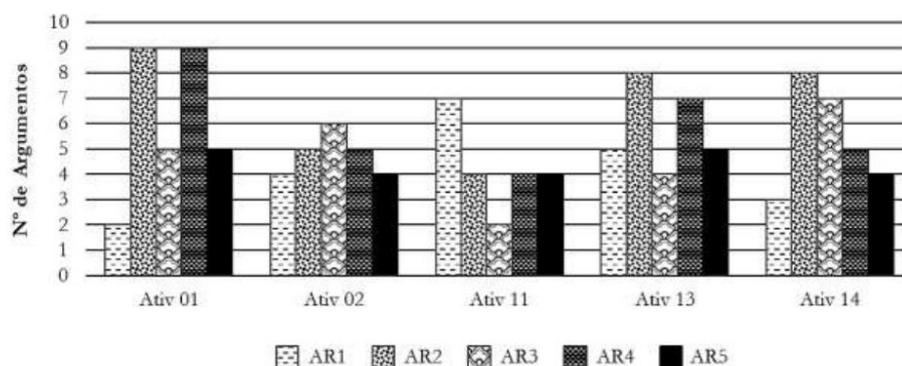


Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

A Figura 9 mostra, para a categoria (N4, A2), uma superação em número de argumentos bons (A3 ou superior), quando comparados aos argumentos de nível AR1 e AR2 dentro de uma mesma atividade. Nessa categoria estão incluídos experimentos que exigiram maior protagonismo dos alunos. Eles tiveram que planejar a investigação, coletar dados, testar hipóteses e buscar conclusões. O resultado disso foi a produção de discursos mais ricos em argumentos consistentes, pois além

de conduzirem a experimentação, os alunos tiveram que defender suas metodologias e conclusões, necessitando para isso um maior embasamento na exposição oral. Assim, apareceram nos discursos um maior número de argumentos com suporte (apoio) às justificativas, além de refutações, que marcam argumentos de ordem superior.

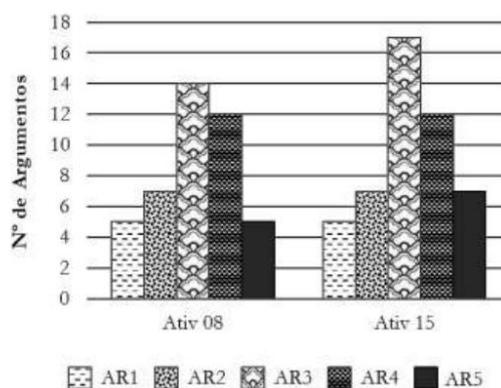
**Figura 9** – Categoria (N4, A2) – Histogramas comparando o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (N = 131 argumentos, referentes ao conjunto de 5 atividades)



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

Por fim, a Figura 10 traz os resultados da categoria com os dois experimentos sugeridos pelos próprios alunos (N4, A3). Essas atividades têm máximo grau de abertura e, assim como na categoria anterior, os alunos tiveram que planejar como conduziram suas investigações e coleta de dados, além de propor conclusões claras e bem embasadas. Pela análise dos histogramas pode-se perceber que os considerados bons argumentos superaram, em número, os argumentos da categoria anterior. Vale ressaltar que nessas atividades os alunos estavam com grau de motivação maior, visto que a problemática a ser investigada tinha partido deles próprios. Isso impactou na intensidade das discussões no laboratório.

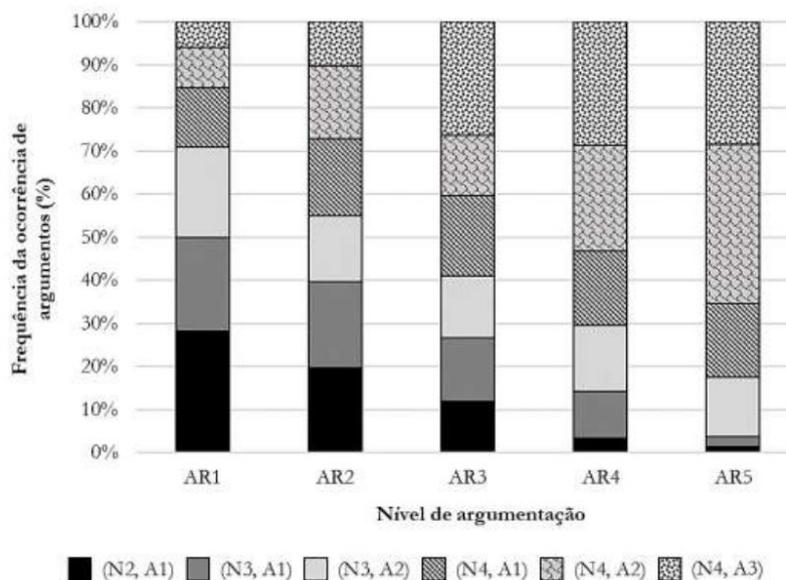
**Figura 10** – Categoria (N4, A3) – Histogramas com o número absoluto de argumentos de diferentes níveis por atividade (N = 91 argumentos, referentes ao conjunto de 2 atividades)



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

A Figura 11 mostra a frequência da ocorrência, agora em porcentagem, de argumentos AR1 a AR5 para as diferentes categorias.

**Figura 11** – Frequência da ocorrência de argumentos, em %, para as diferentes categorias



Fonte: Autoria própria a partir da pesquisa (2021).

Nessa figura, percebe-se que argumentos de menor nível, AR1 e AR2, são mais frequentes para as duas categorias com menores níveis de investigação e abertura. Já no outro extremo, percebe-se que argumentos AR4 e AR5 são mais frequentes para as categorias com maior nível de investigação e abertura.

## 6. Considerações Finais

A partir deste estudo, pôde-se constatar que o trabalho em laboratório de química com uma abordagem experimental investigativa prestou-se como uma boa plataforma para o exercício e desenvolvimento de habilidades argumentativas, que nesse contexto refere-se ao *falar ciência*.

Foi possível testemunhar os alunos motivados e engajados na busca comprometida pela resolução de problemas científicos. O sucesso disso em parte deveu-se a escolha de abordar conceitos simples nas atividades, porém importantes no estudo da química no ensino médio. Nesse sentido, foi comprovado que o simples é capaz de oferecer um caminho rico em aprendizagens, desde que bem conduzido e bem explorado.

O objetivo dessas atividades não era o de revelar cientistas, ou mesmo esperar por grandes descobertas. O importante foi que os alunos tiveram oportunidades de discussão e planejamento de tarefas científicas de forma colaborativa, construindo o próprio conhecimento de forma individual e/ou coletiva. Tiveram oportunidade de explorar técnicas experimentais clássicas e instrumentais no laboratório que, no segundo caso, evidenciaram o caráter moderno e interdisciplinar da química como

ciência. O grau de envolvimento dos alunos com os experimentos, propiciado pelas características da experimentação investigativa, proporcionou a participação de todos no processo e no debate, situações em que foram apoiados ou não por seus argumentos, tudo de forma respeitosa, visando a construção coletiva.

Assim, percebeu-se que esses resultados também têm uma importância social significativa, que vai além das fronteiras da escola, ao impactar a vida dos alunos com o desenvolvimento do pensamento crítico e autonomia. Para futuros estudos, pode-se explorar melhor a metodologia abordada neste trabalho com tópicos interdisciplinares em ciências da natureza, indo ao encontro do que é proposto no novo ensino médio brasileiro com a BNCC.

## Referências

- Azevedo, M. C. P. S. (2004). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M., P. (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Thomson, 19-33.
- Bianchini, T. B.; Zuliani, S. R. Q. A. (2009). *A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica*. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, Florianópolis. Anais. UFSC, 1-12.
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. (2018). *Base nacional comum curricular: educação é a base*. Brasília: MEC/SEB. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>.
- Capecchi, M. C. V. M.; Carvalho, A. M. P. (2004). Argumentação numa Aula de Física. In: Carvalho, A. M. P. (org). *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. Ed. Thomson: São Paulo, SP.
- Duschl, R. A.; Schweingruber, H. A.; Shouse, A. W. (2007). *Taking Science to School: learning and teaching science in Grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Erduran, S.; Simon, S.; Osborne, J. F. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, v. 88, 915-933.
- Ferraz, A. T.; Sasseron, L. H. (2017). Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. *Revista Ensaio*, v. 19, e2658, 1-25.
- Ferreira, L. H.; Hartwig, D. R.; Oliveira, R. C. (2010). Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 32, n. 2, 101-106.
- Gallet, Christian. (1998). Problem solving teaching in the chemistry laboratory: leaving the cooks... *Journal of Chemical Education*, v.75, n.1, 72-77.
- Jiménez-Alexander, M.P.; Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In: Taber, K.S e Akpan, B., *Science Education: an International Course Companion*, 69-80.
- Jiménez-Alexander, M. P.; Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran, M. P. Jiménez-Alexander (Eds.), *Argumentation in science education: Recent developments and future directions*. Dordrecht: Springer.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, ed. Ablex.
- Ludke, M. & André, M. E. D. A. (2013). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: E. P. U.
- Mirza, N. M.; Perret-Clermont, A. N. (Eds). (2009). *Argumentation and education: theoretical foundations and practices*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Moreira, Marco Antônio. (2010) *Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente*. <http://www.ifufrgs.br/~moreira/Abandonoport.pdf>
- Osborne, J. F.; Erduran, S.; Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, v.41, 994-1020.
- Plantin, C. (2016). *Dictionnaire de l'argumentation. Une introduction conceptuelle aux études d'argumentation*. Lyon: ENS Éditions.
- Raghubir, K. P. (1979). Inquiry Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 13-17.
- Silva, D. P. (2011). *Questões propostas no planejamento de atividades experimentais de natureza investigativa no ensino de química: reflexões de um grupo de professores*. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, São Paulo.
- Simon, S.; Johnson, S. (2008). Professional learning portfolios for argumentation in school science. *International Journal of Science Education*, v.30, 669-688.
- Souza, F. L.; Akahoshi, L. H.; Marcondes, M. E. R.; Carmo, M. P. (2013). *Atividades experimentais investigativas no ensino de química*. São Paulo: Centro Paula Souza. [http://www.cpsctec.com.br/cpsctec/arquivos/quimica\\_atividades\\_experimentais.pdf](http://www.cpsctec.com.br/cpsctec/arquivos/quimica_atividades_experimentais.pdf)

Research, Society and Development, v. 10, n. 16, e166101623540, 2021  
(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23540>

---

Tamir, P. (1991). *Practical work at school: An analysis of current practice*. In: Woolnough, B. (ed). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press.

Toulmin, S. (2006). *Os usos do argumento*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

Vieira, R. D.; Nascimento, S. S. (2013). *Argumentação no Ensino de Ciências – Tendências, práticas e metodologia de análise*. 1ª Edição, Curitiba, Ed. Appris.